

Verbundvorhaben TRANSENS: Abschlussbericht

Fünf Jahre transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle
in Deutschland

Impressum

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

TRANSENS war ein Verbundvorhaben, in dem 16 Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiteten. Das Vorhaben wurde 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 2025 gefördert (FKZ 02E11849A-J).

www.transens.de

Autor:innen: Zum vorliegenden Abschlussbericht von TRANSENS haben alle in TRANSENS forschenden Wissenschaftler:innen und die Bürgerbegleitgruppen beigetragen. Die Koordination der Beiträge, den gemeinsamen Teil I (Reflexion) und die Schlussredaktion verantworteten Anne Eckhardt, Pius Krütli, Jonas Müller, Klaus-Jürgen Röhlig, Ulrich Smeddinck und Clemens Walther.

Zitierweise: TRANSENS (2025): Verbundvorhaben TRANSENS: Abschlussbericht. Fünf Jahre transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland. TRANSENS-Bericht 33

ISSN (Online): 2747-4186

DOI: 10.21268/20250227-0 (<https://doi.org/10.21268/20250227-0>)

Titelbild: TRANSENS (eigene Darstellung)

Druck: Papierflieger Verlag GmbH, Telemannstr. 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Gedruckt auf Circle Silk Premium White (FSC Recycled)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert im
Niedersächsischen Vorab der Volkswagenstiftung



Förderkennzeichen: 02E11849A-J

Inhaltsverzeichnis

I. REFLEXION: TRANSDISZIPLINÄRE FORSCHUNG ZUR NUKLEAREN ENTSORGUNG IN DEUTSCHLAND	7
1. Übersicht	8
2. Vorgehensweise	13
3. Planung, Förderung und Projektsteuerung	19
4. Transdisziplinäre Zusammenarbeit	27
5. Wissensgenese und Kompetenzaufbau	35
6. Zentrale Erkenntnisse und Schlussfolgerungen	41
II. THEMENKORRIDORE, TRANSDISZIPLINARITÄTSFORSCHUNG SOWIE AUS- UND WEITERBILDUNG	45
TAP Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (HAFF)	46
TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)	58
TAP Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TRUST)	69
TAP Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance (DIPRO)	82
Formative Transdisziplinaritätsforschung	100
Aus- und Weiterbildung (EDU)	116
III. TRANSENS-FORSCHUNGSERGEBNISSE: VERÖFFENTLICHUNGEN	123
Anhang EDU: Tabellarische Darstellungen	146
Übersicht der Projektpartner	154
Abkürzungsverzeichnis	155

I. REFLEXION: TRANSDISZIPLINÄRE FORSCHUNG ZUR NUKLEAREN ENTSORGUNG IN DEUTSCHLAND

1. Übersicht

Die Frage der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle ist in Deutschland ein hochaktuelles und zugleich geschichtsträchtiges Feld. Zentral ist der Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, um die zugrundeliegende Herausforderung adäquat anzugehen. Ein solcher Austausch fand in der transdisziplinären Forschung im Vorhaben TRANSENS (Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland) statt: Als Verbundvorhaben von verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen in Zusammenarbeit mit Akteuren des Standortauswahlverfahrens und Bürger:innen als Partner:innen im Forschungsprozess konnte hier über fünf Jahre lang anwendungsorientierte Grundlagenforschung durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit bilden die Basis für diesen Abschlussbericht. Dieses Übersichts-kapitel stellt das Verbundvorhaben TRANSENS sowie den Aufbau der Ergebnisdokumentation und des vorliegenden Berichts vor.

Motivation und Zielsetzung für das Vorhaben TRANSENS

Im Verbundvorhaben TRANSENS arbeiteten 16 Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammen (www.transens.de). Das thematische Spektrum dieser Gruppen reichte von Philosophie, Politik-, Rechts- und Wirtschaftswissenschaften bis zur Psychologie und von Bau- und Werkstoff-Ingenieurwissenschaften, Geologie, Radioökologie bis zur Endlagerforschung (siehe „Übersicht der Projektpartner“). TRANSENS wurde im Zeitraum Oktober 2019 – März 2025 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)¹ und im Niedersächsischen Vorab der Volkswagenstiftung durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur gefördert und vom Institut für Endlagerforschung der TU Clausthal koordiniert.

Wichtigstes Alleinstellungsmerkmal des Vorhabens war die erstmalige Durchführung transdisziplinärer Forschung zur nuklearen Entsorgung in Deutschland. Ausgangspunkt und Motivation für die Konzeption des Vorhabens und die Antragstellung war die Empfehlung der Endlagerkommission²:

„Die Ausgangslage erfordert allerdings einen neuen Ansatz. Notwendig ist ein ergänzender transdisziplinärer Forschungsverbund, der auf der Grundlage international anerkannter Kompetenz und eigener Forschungsleistungen unabhängig, neutral und ganzheitlich agiert, um einen konstruktiven gesellschaftlichen Beitrag zu leisten.“³

¹ Zunächst im Rahmen der Projektförderung zur nuklearen Sicherheits- und Entsorgungsforschung durch das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Die Verantwortung ging mit dem Organisationserlass der Bundesregierung vom 8.12.2021 an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) über, https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990040/df69951d83f08c0b7b04cb40210e1221/2_021-12-08-organisationserlass-data.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025). Zur Projektförderung vgl. auch <https://www.ptka.kit.edu/entsorgung-von-hoch-radioaktiven-abfaellen.html> (letzter Zugriff: 30.01.2025).

² Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe: Gemäß dem Standortauswahlgesetz von 2013 gebildete Kommission (2014–2016) zur Bewertung von Grundsatzfragen und zur Überprüfung des Gesetzes. Die Novellierung des Gesetzes im Jahr 2017 beruhte auf den Empfehlungen der Kommission.

³ Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe 2016: ABSCHLUSSBERICHT. Verantwortung für die Zukunft. Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes.

Zur Umsetzung dieses Anspruchs verwies die Kommission auf „Inter- und transdisziplinäre Ansätze in der Zusammenarbeit von technischen und nichttechnischen Disziplinen mit gesellschaftlichen Akteuren“⁴ aufbauend auf den im Vorhaben ENTRIA⁵ erworbenen Erfahrungen in der interdisziplinären Kooperation.

TRANSENS hatte Pionier- und Experimentalcharakter, im Mittelpunkt des Interesses stand die Aufgabe „zu prüfen, ob und, falls ja, welchen Beitrag transdisziplinäre Forschung leisten kann, die soziotechnischen Prozesse in Zusammenhang mit der nuklearen Entsorgung zu begreifen“. Dies sollte mittels der Durchführung transdisziplinärer anwendungsorientierter Grundlagenforschung geschehen. Gleichzeitig sollte „ein Beitrag zur Nachwuchsförderung und zum Kompetenzerhalt durch (disziplinäre, interdisziplinäre und transdisziplinäre) Aus- und Weiterbildung geleistet“ werden, wie es in der Vorhabenbeschreibung festgehalten ist (TRANSENS 2019, 5).

Transdisziplinäre Forschung im Vorhaben TRANSENS

Angesichts sehr unterschiedlicher Lesarten und Verständnisse in der einschlägigen Literatur bestand bereits im Rahmen der Antragstellung die Notwendigkeit, sich ein gemeinsames Verständnis von transdisziplinärer (td) Forschung⁶ zu erarbeiten. Hierzu einigten sich die Antragsteller:innen auf ein „anleitendes Verständnis [...]“:

- Transdisziplinarität ist ein reflexives, integratives und methodengeleitetes wissenschaftliches Prinzip.
- Transdisziplinäre Forschung ist auf die Lösung eines gesellschaftlichen Problems (hier: der Entsorgung insbesondere hochradioaktiver Abfälle) und darauf bezogener wissenschaftlicher Herausforderungen ausgerichtet.
- Transdisziplinarität bedeutet das Einbeziehen von Nicht-Spezialisten und Praxisakteuren in problemorientierte Forschungsprozesse,
 - hinsichtlich der gemeinsamen Weiterentwicklung von Forschungsfragen und einer Berücksichtigung von deren fachlichen Wissensbeständen (im Sinne eines Forschungsprozesses im Co-Design und in Co-Produktion⁷ mit punktuelltem Einbezug außerwissenschaftlicher Akteure),
 - die eine Berücksichtigung von Erwartungen, die an die Wissenschaft von Zivilgesellschaft und Stakeholdern formuliert werden, ermöglicht.
- Grundmerkmale transdisziplinärer Forschung sind,
 - dass es sowohl einen Transfer des Gelernten *zwischen* den beteiligten Gruppen als auch
 - *innerhalb* der beteiligten Gruppen gibt.

Deutscher Bundestag Drucksache 18/9100, <https://dserver.bundestag.de/btd/18/091/1809100.pdf>, 314 (letzter Zugriff: 30.01.2025).

⁴ Ebd., 315

⁵ ENTRIA 2019: Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen. Abschlussbericht. <https://doi.org/10.21268/20190225-1>

⁶ Im Folgenden wird „td“ als Abkürzung für das Adjektiv „transdisziplinär“ verwendet.

⁷ Co-Design: gemeinsame Definition von Forschungsthemen und -agenda als wichtige Basis transdisziplinärer Forschung; Co-Produktion: gemeinsame Erarbeitung von Wissen (*Fussnote von den Autor:innen dieses Abschlussberichts eingefügt*)

- Ziel ist die (gemeinsame) Erarbeitung von lösungsorientiertem und gesellschaftlich robustem Wissen: Wissenschaftler treten in einen Dialog mit außerwissenschaftlichen Akteuren, indem sie ihre [eigenen, Anm. der Red.] Ansätze, Methoden und Ergebnisse vorstellen und zur Diskussion stellen sowie Wissen (Erfahrungs-/Laien- und Spezialisten-Wissen), Erwartungen und Befürchtungen außerwissenschaftlicher Akteure, z. B. bei der Entwicklung wissenschaftlich-technischer Lösungen, im Forschungsprozess aufnehmen und in die Ergebnisproduktion einfließen lassen“ (TRANSENS 2019, 15f.).

Die td Forschung wurde in vier so genannten Themenkorridoren⁸ (siehe „Herausforderungen aus der Förderlogik“) geplant. Für jeden Themenkorridor wurde ein Transdisziplinäres Arbeitspaket (TAP) definiert:

- Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (TAP HAFF),
- Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (TAP SAFE),
- Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TAP TRUST),
- Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance (TAP DIPRO).

Weitere essenzielle Komponenten des Vorhabens waren die

- formative und reflektierende Begleitung der transdisziplinären Entsorgungsforschung (nachfolgend „Transdisziplinaritätsforschung“ genannt) und die
- Aus- und Weiterbildung (EDU).

Das Zusammenwirken im Vorhaben wurde durch eine Integrationsgruppe Transdisziplinarität (I-TD) koordiniert und die Forschung von einem externen Beirat begleitet. Eine wichtige Rolle spielten zwei ständige Begleitgruppen mit Mitgliedern aus der Zivilgesellschaft („Bürgerbegleitgruppen“): die Arbeitsgruppe Bevölkerung AGBe und die DIPRO-Begleitgruppe DBG, vgl. Kapitel „Transdisziplinäre Zusammenarbeit“. Das Zusammenwirken im Vorhaben ist in der folgenden Abbildung I.1 dargestellt.

⁸ „Der Begriff des Themenkorridors wird verwendet, um die Besonderheiten des transdisziplinären Forschungsansatzes zu verdeutlichen. Ein Themenkorridor wird durch eine Forschungsfrage konstituiert und definiert. Der Begriff kennzeichnet die Tatsache, dass Themenwahl und -breite auch während der transdisziplinären Forschung noch Veränderungen unterliegen. Im Korridor ist Raum für Kommunikation, Kooperation und Verständigung, der abhängig vom Fortgang des transdisziplinären Prozesses genutzt und professionell ausgestaltet wird. Das heißt auch, sich mit Nichtspezialisten zu einem fortgeschrittenen oder späteren Zeitpunkt des Vorhabens über einzelne Forschungsfragen, -gegenstände und -herangehensweisen zu verständigen.“ (TRANSENS 2019, 10)

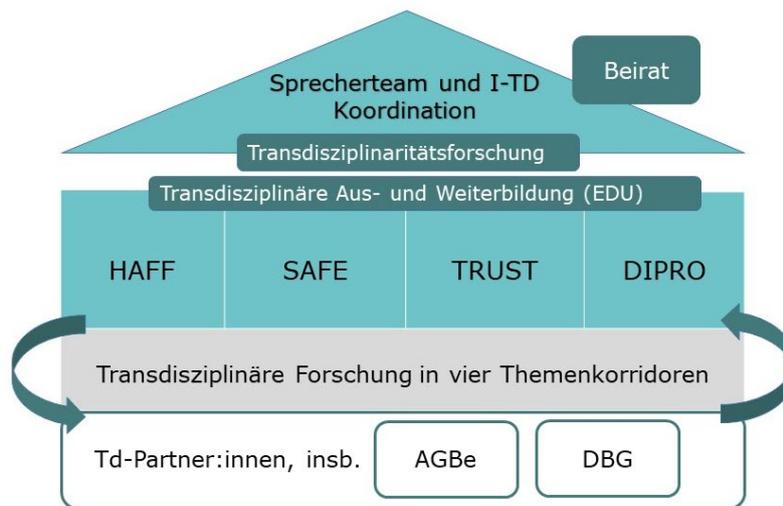


Abbildung I.1: Zusammenwirken im Vorhaben TRANSENS. Die verwendeten Abkürzungen werden im folgenden Text sowie im Abkürzungsverzeichnis eingeführt.

Zur Dokumentation der Forschungsergebnisse

Im hier vorliegenden TRANSENS-Abschlussbericht, insbesondere in Teil **I. REFLEXION: TRANSDISZIPLINÄRE FORSCHUNG**, werden zentrale Fragestellungen der transdisziplinären Forschung zur nuklearen Entsorgung ausgehend von den Erfahrungen im Vorhaben TRANSENS reflektiert. Die Basis hierfür sind die spezifischen Ergebnisse der transdisziplinären, interdisziplinären und disziplinären Forschung. Eine kompakte Darstellung der Schlussfolgerungen bietet auch die Beilage „Kurz & kompakt: Fazit aus fünf Jahren Forschung“.

In Teil **II. THEMENKORRIDORE, TRANSDISZIPLINARITÄTSFORSCHUNG SOWIE AUS- UND WEITERBILDUNG** erfolgt eine zusammenfassende Darstellung von Ergebnissen und Erkenntnissen aus den einzelnen Arbeitspaketen. Die Ergebnisse der vier transdisziplinären Arbeitspakete (TAPs) HAFF, SAFE, TRUST und DIPRO, der Transdisziplinaritätsforschung sowie der Aus- und Weiterbildung (EDU) sind hier in konzentrierter Form dargestellt. Zur Vertiefung wird auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen des Projektes (Teil **III. TRANSENS-FORSCHUNGSERGEBNISSE: VERÖFFENTLICHUNGEN**) verwiesen.

Dieser Teil I. REFLEXION: TRANSDISZIPLINÄRE FORSCHUNG ZUR NUKLEAREN ENTSORGUNG – der Hauptteil dieses Berichts – ist als reflektierende Zusammenfassung zentraler Erkenntnisse zum transdisziplinären Forschungsprozess im Themenfeld der nuklearen Entsorgung gedacht, wie sie aus der Arbeit in TRANSENS gewonnen werden konnten. Es wird zunächst dargelegt, wie den Hauptaufgaben des Vorhabens und den damit verbundenen Zielsetzungen entsprochen wurde. Schwerpunkte der Berichterstattung sind daher die Erfahrungen und Ergebnisse der TRANSENS-Teams hinsichtlich der Methodik, der Möglichkeiten und Grenzen transdisziplinärer Forschung zur

nuklearen Entsorgung und die Schlussfolgerungen, die daraus für weitere Forschung dieses Typs abgeleitet wurden. Erkenntnisse zu Partizipationsprozessen im Verfahren zur Auswahl eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland (Standortauswahlverfahren – StandAV) und anderen Prozessen der nuklearen Entsorgung werden vorgestellt.

Im Folgenden vermittelt das Kapitel „Vorgehensweise“ eine Übersicht über grundlegende Aspekte und Querschnittsthemen im Verbundvorhaben TRANSENS. Unter dem Titel „Planung, Förderung und Projektsteuerung“ werden spezifische Herausforderungen und Lösungsansätze bei der transdisziplinären Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle dargestellt. Anschließend geht das Kapitel „Transdisziplinäre Zusammenarbeit“ auf Erfahrungen aus der Zusammenarbeit zwischen Transdisziplinaritätspartner:innen (nachfolgend: „Td-Partner:innen“)⁹ und Wissenschaftler:innen ein. Das Kapitel „Wissensgenese und Kompetenzaufbau“ enthält Erkenntnisse und Reflexionen zu Wissenstypen, der Gewinnung neuen Wissens bei TRANSENS und Lerneffekten. Im Kapitel „Zentrale Erkenntnisse und Schlussfolgerungen“ sind übergeordnete Beurteilungen und Erkenntnisse für künftige Vorhaben der transdisziplinären Entsorgungsforschung zusammengefasst. Diese finden sich in komprimierter Form zudem auch separat in der vierseitigen Beilage „Kurz & kompakt: Fazit aus fünf Jahren Forschung“¹⁰.

Wie oben ausgeführt, bildet die Vielzahl wissenschaftlicher Ergebnisse mit disziplinärem, interdisziplinärem und transdisziplinärem Bezug die Basis dieses Berichts. In Teil III wird eine Übersicht aller im Rahmen von TRANSENS publizierten Forschungsergebnisse zur Verfügung gestellt. In dieser Übersicht werden die Bandbreite der behandelten Themen und zugleich Publikationsformen und -wege deutlich, die im Austausch mit den jeweiligen Fachdisziplinen gefunden wurden. Teil III fungiert zugleich als Literaturverzeichnis für in diesem Abschlussbericht zitierte eigene Literatur¹¹.

Eine besondere Bedeutung kommt hier der Serie der TRANSENS-Berichte zu: Es handelt sich um Veröffentlichungen zu Einzelthemen, für welche die Autor:innen hinsichtlich der fachlichen Ausrichtung und des Umfangs mehr Freiheiten hatten, als dies bei Publikationen in Fachzeitschriften der Fall gewesen wäre. Die Berichte haben einen TRANSENS-internen Reviewprozess in drei Stufen durchlaufen – zunächst im jeweiligen Team, dann durch ein Mitglied der I-TD (im TRANSENS-Bericht jeweils vermerkt). Schließlich wurde allen TRANSENS-Wissenschaftler:innen die Möglichkeit zur Kommentierung gegeben.

⁹ Der Begriff umfasst alle an der Td-Forschung Beteiligten, die nicht zu den TRANSENS-Teams gehören.

¹⁰ Digital verfügbar unter www.transens.de sowie unter der DOI <https://doi.org/10.21268/20250227-0>

¹¹ Literaturverweise, die außerhalb des Kontextes von TRANSENS entstanden sind, werden ebenso wie Produkte für ein primär nicht-wissenschaftliches Publikum („outreach“) in Fußnoten zitiert.

2. Vorgehensweise

Grundlagen des Herangehens

Transdisziplinär, mit Bürger:innen und Praxisakteuren¹² gemeinsam forschen – das war das besondere Anliegen, das im und mit dem TRANSENS-Verbund verfolgt wurde. Damit richtet sich die Aufmerksamkeit auf die Begegnung, auf Formate des Zusammenwirkens, auf den Wunsch nach gelingender Kommunikation. Spätestens beim Gespräch über wissenschaftliche Inhalte und darauf bezogene Rückfragen zeigte sich, dass transdisziplinäre Forschung sich zum einen aus disziplinären Inhalten speist und die Forschenden sich zum anderen über Disziplinengrenzen hinweg zusammenfinden müssen, um problembezogen und lösungsorientiert eine umfassende interdisziplinäre Wissensbasis anzubieten (Smeddinck 2021a) oder überhaupt erst zu generieren (Smeddinck et al. 2022; vgl. hierzu auch das Kapitel „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“). Auch in den weiteren Phasen der transdisziplinären Zusammenarbeit wie Co-Produktion und Auswertung muss diese Kollaboration belastbar fortgeführt werden.

Transdisziplinarität ist voraussetzungsvoll: In der Projektplanung wurde der zeitliche Aufwand in vielen Fällen unterschätzt. Es existierten unterschiedliche Vorstellungen und Konzepte von Transdisziplinarität: Das Spektrum reichte von eher ‚forschungsorientiert‘ bis zur kollaborativen Intervention und die Arbeit an Lösungen im echten Leben. Die Förderung als ‚angewandte Grundlagenforschung‘ setzte einen Rahmen, der die Distanz zum formellen Verfahren nach dem Standortauswahlgesetz nahelegte. Manche Bürger:innen in den Begleitgruppen und manche Wissenschaftler:innen mochten sich nur schwer damit abfinden, dass ‚geballte‘ Expertise sich von realen Aufgaben im Standortauswahlverfahren fernhalten und nicht direkt zu Lösungen beitragen soll (siehe „Bezug zum Standortauswahlverfahren“).

Insgesamt hatte sich im Vorhaben TRANSENS eine Gemeinschaft der Herausforderung gestellt, transdisziplinär zu forschen, ohne mehrheitlich über Vorerfahrungen mit diesem Typ von Forschung zu verfügen. Für Ermutigung, Beratung, Selbstreflexion und die Wahrung von Standards sorgten im Rahmen der Transdisziplinaritätsforschung die Kolleg:innen vom TdLab der ETH Zürich. Trotz der Bemühungen, ein gemeinsames Grundverständnis von Transdisziplinarität zu etablieren, traten dennoch Konflikte auf und es wurden Skepsis gegenüber dem Mehrwert von Td Forschung geäußert.

Hintergrund dafür war – häufig aus dem eigenen Ausbildungshintergrund und den eigenen Überzeugungen heraus – die starke Identifikation mit einem bestimmten transdisziplinären Ansatz, der nicht notwendigerweise deckungsgleich mit dem im Kapitel „Transdisziplinäre Forschung im Vorhaben TRANSENS“ beschriebenen Transdisziplinaritätsverständnis war. Den einen richtigen Ansatz gibt es nicht. Zu Transdisziplinarität muss, wie weiter unten

¹² Praxisakteure sind Institutionen und Personen (auch Personen, die Institutionen vertreten), die in der nuklearen Entsorgung aktiv bzw. betroffen sind. Praxisakteure können zum öffentlichen, zum Privat-Sektor oder zur Zivilgesellschaft gehören. In den Dokumenten des Forum on Stakeholder Confidence (FSC) der OECD/NEA werden Praxisakteure als ‚Stakeholder‘ bezeichnet: „any actor – institution, group or individual – with an interest or a role to play in a societal decision-making process“ (https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14894/stakeholder-involvement-in-decision-making-a-short-guide-to-issues-approaches-and-resources, letzter Zugriff: 30.01.2025).

dargelegt, Verständigung erfolgen; sie ist ein dynamisches Anwendungs- und Forschungsfeld. Auch im Vorhaben TRANSENS unterlag das Transdisziplinaritätsverständnis einem Entwicklungsprozess.

Vor die Frage gestellt, was die Ergebnisse der eigenen Forschung in TRANSENS sind, wurde mitunter der Fortschritt in der eigenen Disziplin zum Maßstab gemacht und ein Nutzen infrage gestellt. Eine solche Sichtweise blendet das transdisziplinäre Setting als maßgebliche Orientierung aus. Wissen, das von den Td-Partner:innen kommt, ist mehr als ‚nur‘ Input und Impuls. Ziel war ja gerade, ein neues anderes Wissen jenseits entlegener Studierstuben zu generieren. Die Offenheit für neue Formen des Wissens ist ein wesentlicher Entwicklungsschritt hin zu transdisziplinärer Forschung, den nicht jede:r Wissenschaftler:in in TRANSENS mitgegangen ist. Mitunter wurde erst im zweiten Nachdenken klar, dass daneben auch Fortschritte im disziplinären Wissen aus Td-Forschung – bisweilen nach interdisziplinärer Vertiefung – angestoßen wurden (Smeddinck/Sierra/Schwarz 2025).

Angesichts der Größe des TRANSENS-Verbundes und der Vielzahl unterschiedlichster Persönlichkeiten auf Wissenschaftsseite wie auf Seiten der Bürger:innen und Praxisakteure hat aufs Ganze gesehen die Zusammenarbeit erstaunlich gut funktioniert. Dass es zu Problemen und Konflikten kommt, ist Teil des sozialen Geschehens. Wissenschaft lebt gerade von Uneinigkeit. Dennoch fand sich die überwiegende Mehrheit der Teilnehmenden in TRANSENS in eine pragmatisch konstruktive Haltung hinein.

In der Nachschau lässt sich selbstkritisch feststellen, dass die Inhomogenität im Transdisziplinaritätsverständnis von der Mehrheit und Leitung im Laufe des Vorhabens immer weniger thematisiert wurde. Aber es ging ja auch darum, mit Td-Entsorgungsforschung zu experimentieren. Genau diese Spielräume wurden im weiteren Verlauf dann auch genutzt, um Möglichkeiten zu entdecken, auf die man sonst nicht gestoßen wäre. Dass das Transdisziplinaritätsverständnis gegen Ende des Verbundvorhabens doch noch stärker reflektiert wurde, mag damit zu erklären sein, dass zu diesem Zeitpunkt und nach vielfältigen, fordernden und produktiven Arbeiten, jede:r – auch im Zusammenhang mit der Erstellung des vorliegenden Berichts – aufgefordert war, für sich und für TRANSENS Bilanz zu ziehen.

Allerdings sind auch Änderungen und ein Wandel in den Haltungen zu bemerken. Viele sind stolz auf die gelungene transdisziplinäre Forschung. Insgesamt – und das ist eine Lernkurve – hat TRANSENS die Grenzen der anwendungsorientierten Grundlagenforschung zugunsten unterschiedlichster Interaktionen mit dem Standortauswahlverfahren zunehmend freier interpretiert. Das ist nicht nur vom Projektträger und vom Auftraggeber toleriert, sondern von Akteuren des Verfahrens auch nahegelegt worden. Letztlich kam es allen zugute, indem weitere Erfahrungen gemacht, neue Einsichten gewonnen und Wissen eingebracht werden konnte.

Auffällig ist im Nachhinein die ungleiche Verteilung von MINT- einerseits und SGW-Disziplinen andererseits¹³ in den TAPs. Diese ist auf die Arbeitsteilung und Themendefinition bei der Konzeption des Vorhabens aufgrund disziplinärer Wissensbestände und Forschungsinteressen zurückzuführen. Diese teilweise

¹³ Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik bzw. Sozial- und Geisteswissenschaften

Ungleichgewichtung führte mitunter zu einer ‚Beratungsfunktion‘ der disziplinären ‚Minderheit‘, was Lernen zu Transdisziplinarität und Wissensintegration möglicherweise erschwerte.

Bezug zum Standortauswahlverfahren

Ausgangspunkt und Motivation für die Idee und Konzeption des Vorhabens TRANSENS war die in der „Übersicht“ zitierte Empfehlung der Endlagerkommission¹⁴, einen transdisziplinären Forschungsverbund zu schaffen, der „unabhängig, neutral und ganzheitlich agiert“. Diese Empfehlung sollte mit anwendungsorientierter Grundlagenforschung umgesetzt werden. Damit ging es zumindest zu Beginn des Vorhabens vorrangig nicht um Interaktion mit dem Verfahren; die von der Endlagerkommission geforderte ‚Unabhängigkeit‘ war für die Antragsteller:innen und die fördernden Ministerien als Unabhängigkeit vom Standortauswahlverfahren (StandAV) und dessen Akteuren definiert. Wie oben erläutert, wurde diese anfangs strikte Abgrenzung im Verlauf des Verfahrens fortlaufend hinterfragt und auch angepasst.

Unabhängige Forschung

Die Wahrnehmung der Unabhängigkeit des Projektes TRANSENS durch andere Akteure wurde vor allem im TAP TRUST transdisziplinär untersucht (s. u. a. Seidl/Drögemüller 2024a, 34f.). Im Austausch mit den Td-Partner:innen zeigte sich, dass in der Diskussion zur Unabhängigkeit insbesondere Fragen der Finanzierung wesentlich sind. Persönlichkeit und Hintergrund wissenschaftlicher Moderator:innen werden ebenfalls als wichtig angesehen und es z. B. als vorteilhaft betrachtet, wenn diese von Einrichtungen kommen, die offensichtlich keinerlei Eigeninteressen hinsichtlich des jeweiligen Diskussionsgegenstandes haben oder wahrnehmen müssen. Als weitere wichtige Gesichtspunkte wurden etwa ‚Neutralität‘ und die Möglichkeit zur freien Meinungsäußerung im Forschungsverbund und nach außen identifiziert.

Ob die TRANSENS-Forschung von externen Akteuren als ‚unabhängig‘ wahrgenommen wurde und welche Faktoren diese Wahrnehmung bestimmten, lässt sich zum Projektende nicht abschließend feststellen. Am 2. Forum Endlagersuche wurde ein „Antrag zur Fortsetzung unabhängiger transdisziplinärer Forschung“¹⁵ mit expliziter Berufung auf das Vorhaben gestellt: „Ich beantrage die Fortsetzung und dauerhafte Begleitung des Verfahrens durch unabhängige, transdisziplinäre und praxisorientierte Grundlagenforschung wie sie im Projekt TRANSENS begonnen wurde.“ Der Antrag wurde mit deutlicher Mehrheit angenommen.¹⁶ Dies kann als Indiz für Anerkennung der wissenschaftlichen Arbeit im Vorhaben und Wahrnehmung der Forschung als unabhängig gewertet werden.

¹⁴ Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe 2016: ABSCHLUSSBERICHT. Verantwortung für die Zukunft. Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes. Deutscher Bundestag Drucksache 18/9100, <https://dserver.bundestag.de/btd/18/091/1809100.pdf>, 314 (letzter Zugriff: 30.01.2025).

¹⁵ Antrag Nr. 16, November 2023

¹⁶ <https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2024/forum/0126-Ergebnisse-Antragsberatung.pdf>, Nr. 11, Antragsnummer 016 (letzter Zugriff: 30.01.2025).

Intervenierende Forschung

Über die gesamte Laufzeit des Vorhabens waren die Stellung des Vorhabens zum StandAV, also die Möglichkeiten und Grenzen transdisziplinärer Forschung zur nuklearen Entsorgung im Hinblick auf Interventionen ins Verfahren wie auch die Frage der Legitimität solcher Interventionen, Gegenstand des Diskurses im Forschungsverbund und von Anpassungen im Forschungsdesign (vgl. auch Kapitel „Grundlagen des Herangehens“). Zum einen wurde das in der Vorhabenbeschreibung (TRANSENS 2019) dargelegte Verständnis von transdisziplinärer Forschung unterschiedlich interpretiert: Es zeigte sich, dass einige geistes- und sozialwissenschaftlich ausgerichtete Teams durch unterschiedliche ‚Schulen‘ transdisziplinärer Forschung geprägt waren. Der durch die Formulierung, intervenierende transdisziplinäre Forschung „nur in begrenzter Weise“ einzusetzen (TRANSENS 2019, 9), eröffnete Spielraum wurde im Vorhaben TRANSENS unterschiedlich interpretiert. Zudem war die Einstellung jüngerer TRANSENS-Wissenschaftler:innen weniger durch die Diskussionen während der Antragstellung, sondern eher durch den Wunsch bestimmt, zu dem vor ihren Augen ablaufenden Verfahren unmittelbar beizutragen. Ähnliche Wünsche wurden auch durch die Mitglieder der ständigen Begleitgruppen geäußert.

Die Notwendigkeit stetigen Hinterfragens und Nachjustierens ergab sich zudem aus dem Forschungsprozess selbst. Werden z. B. Ergebnisse aus Beobachtungen des Partizipationsprozesses veröffentlicht, so ist dies bereits eine Form der Intervention und wird von Akteuren ggf. auch so wahrgenommen. In einem konkreten Fall entwickelte sich z. B., ausgelöst durch Themann et al. (2021a), ein Austausch mit StandAV-Akteuren, der in Workshops zum Verhältnis von Wissenschaft und Politik an der Freien Universität Berlin mündete. Dadurch wurde das gegenseitige Verständnis gefördert, aber auch die Maßstäbe verdeutlicht. Wissenschaftler:innen des TAP SAFE führten außerplanmäßig einen Workshop zur Endlagersicherheit im Rahmen eines StandAV-Beteiligungsformats, dem 2. Forum Endlagersuche, durch.¹⁷ Die Idee hierzu entstand im SAFE-Team in der Erwartung, insbesondere kritische Stimmen zu hören (vgl. Röhlig et al. 2025 sowie das Kapitel „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“). Sie wurde in Abstimmung mit dem Förderer BMUV¹⁸, der zugleich die politische Verantwortung für das StandAV trägt, umgesetzt (zu den Ergebnissen vgl. Röhlig et al. 2025).

Wirkung und Reichweite von TRANSENS

Ein weiterer zentraler Aspekt der TRANSENS-Forschung in Bezug auf das StandAV ist die Frage nach der Natur der für das Verfahren potenziell nutzbaren Ergebnisse und der Veränderungen, die es ohne das Vorhaben möglicherweise nicht gegeben hätte.

Dies betrifft zum einen Ergebnisse mit disziplinärem oder interdisziplinärem Bezug, hierzu wird auf die Teile II. und III. verwiesen. Des Weiteren schätzen die TRANSENS-Teams ein, dass durch die Arbeit im Vorhaben über die Schaffung von zusätzlichen Dialogangeboten z. B. bei den Konferenzen safeND und dem Forum Endlagersuche (Eckhardt et al. 2023; Röhlig et al. 2025), aber auch durch EDU-Angebote (z. B. Ringvorlesungen, Sommerschulen, siehe „Aus- und Weiterbildung (EDU)“) zusätzliche Reflexionsräume und

¹⁷ Dokumentation unter https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/presentationen/11-24-Arbeitsgruppe-transens.pdf?__blob=publicationFile&v=2

¹⁸ Die Verantwortung für die Förderung ging nach der Regierungsbildung 2021 vom BMWi bzw. BMWK an das BMUV über.

Lernmöglichkeiten geschaffen wurden. Gleiches gilt für die TRANSENS-Abschlusskonferenz (13.-14.09.2024) mit ihrem an Messeformaten orientierten Austausch. Unter reger Beteiligung von über 200 Teilnehmer:innen aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft konnten alle TRANSENS-Teams im Leibnizhaus Hannover zentrale Ergebnisse unter dem Motto „Ein Ding der Unmöglichkeit? – Transdisziplinäre anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur nuklearen Entsorgung“ präsentieren. Der „Wissenschaftstag“ am 13. September stand im Zeichen intensiver Fachgespräche, insbesondere innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Der „Bürger:innentag“ am 14. September ermöglichte der Öffentlichkeit, sich über die Forschungsarbeit zu informieren und an vielen interaktiven Formaten aktiv teilzunehmen.¹⁹

Generell lässt sich sagen: Diese und weitere Reflexionsräume wurden auch durch Verfahrensakteure genutzt, Personen wurden informiert, nahmen Möglichkeiten zum Austausch wahr und wurden zum Engagement im Verfahren motiviert. Schließlich sind im Vorhaben Ergebnisse und Erfahrungen für künftige Forschung, aber auch für Partizipation aus der Art und Weise und Methodik des Vorgehens in den transdisziplinären Forschungsprozessen selbst entstanden:

- Dies betrifft zum einen die Möglichkeiten und Grenzen von in der transdisziplinären Forschung verwendeten und getesteten Formaten und Methoden. Die diesbezüglichen Erfahrungen können in Partizipationsprozessen nutzbar gemacht werden (TRANSENS 2023, 21 f).
- Zum anderen können aus der Arbeit mit den ständigen Begleitgruppen weitergehende Schlussfolgerungen für eine gelingende Partizipation abgeleitet werden (siehe „Transdisziplinäre Zusammenarbeit“).

Eine ‚permanente‘ Installation von Bürgerbegleitgruppen sowie der Einbezug von extended peer communities²⁰ z. B. bei Reviews (Eckhardt/Krütli/Röhlig 2023a, b) werden – unter Nutzung erprobter td Formate – auch für den deutschen Prozess empfohlen, um so zur Wissensvermittlung und Vertrauensbildung beizutragen (siehe auch „Bezug zum Standortauswahlverfahren“ in Kapitel 6). Begleitgruppen könnten z. B. an potenziellen Endlagerstandorten oder in Standortregionen beratend für die Regionalkonferenzen bzw. die Fachkonferenz Rat der Regionen tätig werden. Beispiele einer Stärkung von Diskurs und Legitimität durch erfolgreiche, über Jahre kontinuierliche Zusammenarbeit auch zu komplexen technischen Themen gibt es in Schweden²¹ und der Schweiz²².

Zu klären wären bei einem solchen Vorgehen die Regeln für die Formate bzw. die Rechte solcher Gruppen und ihre Beziehung zu den gesetzlich vorgesehenen

¹⁹ Kurz zuvor war auch eine TRANSENS-eigene Podcastfolge erschienen, welche die transdisziplinäre Arbeit des Gesamtprojektes einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich machte: „Für ein sicheres Endlager: Gemeinsam Forschen mit der Öffentlichkeit“ ist im Podcast „WRINT“. Sie wurde in einer Kurz- und einer Langfassung veröffentlicht und bisher über 22.000 mal aufgerufen (Stand Januar 2025), siehe <https://wrint.de/2024/09/10/transens-transdisziplinaere-forschung-zur-entsorgung-radioaktiver-abfaelle-in-deutschland/> (letzter Zugriff: 30.01.2025). Des Weiteren wurde eine an die interessierte Öffentlichkeit gerichtete Broschüre mit Informationen zu allen Teams veröffentlicht („Project Insights - Magazin zum Abschluss des Projekts“, gedruckt sowie online unter www.transens.de verfügbar).

²⁰ Funtowicz, S. O./Ravetz, J. R. (1993): The emergence of post-normal science Science, politics and morality: Scientific uncertainty and decision making (S. 85-123): Springer.

²¹ Soderblom, A.L. (2013): How Swedish communities organised themselves in reviewing a safety case. The Safety Case for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: 2013 State of the Art. Symposium Proceedings, NEA/RWM/R(2013)9, https://www.oecdnea.org/icms/pl_19432/the-safety-case-for-deep-geological-disposal-of-radioactivewaste-2013-state-of-the-art (letzter Zugriff: 30.01.2025)

²² Technisches Forum Sicherheit, <https://www.ensi.ch/de/technisches-forum-sicherheit/> letzter Zugriff: 30.01.2025)

Beteiligungsformaten. Denkbar wären z. B. die Schaffung wissenschaftlich-technischer Ausschüsse der Regionalkonferenzen nach § 10 Standortauswahlgesetz²³ oder – organisatorisch weniger aufwändig – eines solchen Ausschusses der Fachkonferenz Rat der Regionen nach § 11²⁴. Es bliebe zu entscheiden, inwieweit in derartigen Formaten Merkmale transdisziplinärer Forschung und von Reallaboren, also eine Verschränkung von Forschung und Beteiligung^{25,26}, zum Tragen kommen sollen. In jedem Fall wären eine fallspezifische langfristige Planung und der Einsatz von geschultem Personal erforderlich.

Im Vorhaben TRANSENS bestätigte sich, dass Transdisziplinarität zur Resilienz von Prozessen, Projekten und Organisationen beiträgt, indem es eine hinterfragende Grundhaltung und damit die Fehlerkultur stärkt und Entscheidungen auf eine breitere Grundlage stellt (vgl. auch Teil II., insbesondere „TAP Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (HAFF)“). Im Standortauswahlverfahren kann der transdisziplinäre Ansatz daher auch als wesentliches Element einer (zuverlässigen) Handlungsfähigkeit aller Akteure der Entsorgung verstanden werden (vgl. Sträter 2021).

²³ https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/_10.html (letzter Zugriff: 30.01.2025)

²⁴ https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/_11.html (letzter Zugriff: 30.01.2025)

²⁵ Wagner, F./Grunwald, A. (2015): Reallabore als Forschungs- und Transformationsinstrument. Die Quadratur des hermeneutischen Zirkels. GAIA 24/1, S. 26–31

²⁶ Grunwald, A./Schäfer, M/Bergmann, M. (2020): Neue Formate transdisziplinärer Forschung. Ausdifferenzierte Brücken zwischen Wissenschaft und Praxis. GAIA 29/2 (2020), S. 106-114

3. Planung, Förderung und Projektsteuerung

Herausforderungen aus der Förderlogik

Aus der Ausgangslage, die die Forschungsförderung für TRANSENS bedingte (vgl. Kapitel „Übersicht“), ergaben sich zwei Herausforderungen:

1. Zum einen stellte sich die Frage, welche Akteure im Einzelnen in die Forschung einzubeziehen seien. Die von der Endlagerkommission geforderte Unabhängigkeit wurde bei der Konzeption des Vorhabens insbesondere als Unabhängigkeit vom inzwischen begonnenen Standortauswahlverfahren (StandAV) in Deutschland und dessen Akteuren verstanden, vgl. Kapitel „Unabhängige Forschung“. Dies bedeutete, dass Akteure des Verfahrens allenfalls punktuell einbezogen werden konnten und dass intervenierende transdisziplinäre Forschung²⁷ „in TRANSENS nur in begrenzter Weise eingesetzt“ werden sollte (TRANSENS 2019, 9). Dies war auch mit der Antragstellung im Rahmen des damaligen Förderprogramms des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi, heute BMWK)²⁸ als „anwendungsorientierte Grundlagenforschung“²⁹ kompatibel: Forschungsergebnisse sollten unabhängig von Projekten der nuklearen Entsorgung (wie dem StandAV) erzielt werden, für diese aber nutzbar sein.
2. Das Bestreben nach Co-Design erforderte auch im Projektverlauf eine Öffnung hinsichtlich der Forschungsthemen. Dies ist jedoch mit einer klassischen Förderlogik, in der Vorhabenthemen und -ziele bereits im Rahmen der Antragstellung konkret, verbindlich und möglichst abrechenbar definiert werden sollen, schwer vereinbar. In Abstimmung mit den fördernden Ministerien wurde diesem Umstand durch das Konzept des Themenkorridors Rechnung getragen.

Naturgemäß beschränkten sich die genannten Herausforderungen nicht auf die Antragstellung, sondern wirkten über den gesamten Verlauf des Vorhabens fort. So ergab sich die Notwendigkeit, die Distanz zum Verfahren und seinen Akteuren fortlaufend zu hinterfragen und ggf. neu zu definieren. Auf die entsprechenden Erfahrungen und Schlussfolgerungen wird im Kapitel „Bezug zum Standortauswahlverfahren“ näher eingegangen.

Das Konzept des Themenkorridors entstand im Rahmen der Antragstellung ausgehend von Diskussionen mit den fördernden Ministerien. Mit dem Konzept sollte dem oben genannten Zielkonflikt Rechnung getragen werden: Transdisziplinäre Forschung erfordert zunächst eine Verständigung aller Beteiligten zum Problemverständnis und sich daraus ergebenden möglichen Zielen der Forschung. Diese Verständigung führt dann im Idealfall zu einer gemeinsamen Konzeption und Planung der Forschung (Co-Design), erst dies ermöglicht die Erarbeitung von Ergebnissen (Co-Produktion). Andererseits sind Fördereinrichtungen von Forschungsvorhaben verantwortlich für die verwendeten (in der Regel öffentlichen)

²⁷ Maasen, S. (2010): Transdisziplinarität revisited - Dekonstruktion eines Programms zur Demokratisierung der Wissenschaft. In: Bogner, A./ Kastenhofer, K./ Torgersen, H. (Hg.): Inter- und Transdisziplinarität im Wandel? Neue Perspektiven auf problemorientierte Forschung und Politikberatung. S. 247-267

²⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und Projektträger Karlsruhe – Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE) (2015): Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Förderkonzept des BMWi (2015-2018). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie. https://www.ptka.kit.edu/ptka-alt/downloads/ptka-wte-e/Foerderkonzept_2015-2018.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025)

²⁹ Wissenschaftsrat (2020): Anwendungsorientierung in der Forschung – Positionspapier. Berlin, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf?blob=publicationFile&v=1>, S. 12f. (letzter Zugriff: 30.01.2025)

Mittel und sehen sich daher in einer Rechenschaftspflicht, der am ehesten über die Formulierung nachprüfbarer Ziele und nachfolgend eine Bewertung der Erreichung dieser Ziele entsprochen werden kann.

Das Konzept des Themenkorridors erlaubte nun zwar kein Co-Design vor der Co-Produktion – die Themenkorridore wurden *vorab* von den Antragsteller:innen formuliert.³⁰ Durch die breite Formulierung der Themenkorridore (vgl. die einschlägigen Kapitel in TRANSENS 2019) waren jedoch die Auswahl von Detailfragen und Nachjustierungen möglich. Allerdings muss eingeräumt werden, dass eine Konstruktion wie der Themenkorridor angesichts der besonderen Herausforderungen und Ziele transdisziplinärer Forschung eine Behelfslösung bleiben muss und in der konkreten Arbeit durchaus auch hemmend wirkte. Aus diesem Grund blieb beispielsweise td Forschung, die mehrere Themenkorridore verband und die beiden ständigen Bürgerbegleitgruppen gemeinsam einband, weitgehend aus. In der interdisziplinären Forschung schienen dagegen – auch inspiriert von transdisziplinär erzielten Erkenntnissen – wiederholt unerwartete Neuerungen auf, die sich in fokussierten Beiträgen wie der gemeinsamen Publikation einer Philosophin und eines Werkstoffwissenschaftlers „Challenges in communicating the future of high-level radioactive waste disposal: What future are we talking about?“ (Berg/Hassel 2022) und umfassenden Werken wie dem Sammelband „Entscheidungen in die weite Zukunft: Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“ (Eckhardt et al. (Hg.) 2024) niederschlugen.

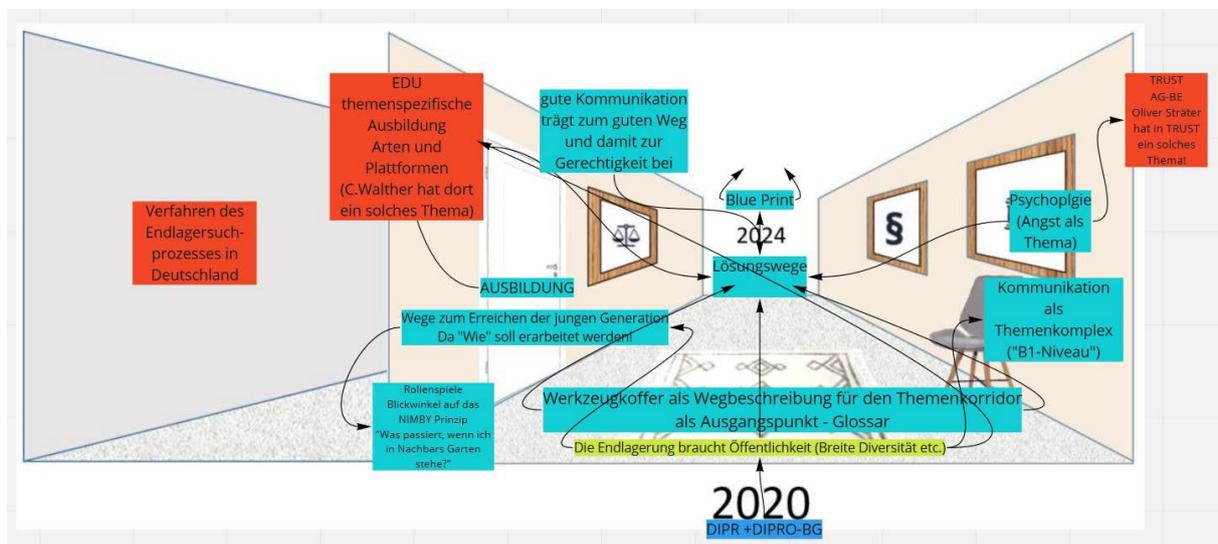


Abbildung I.2: Illustration des Themenkorridors im TAP DIPRO, die zur Kommunikation innerhalb des TAP erstellt wurde. Die Darstellungen an den Wänden des Korridors verweisen auf die ethischen, rechtlichen und politikwissenschaftlichen Aspekte, die bei Forschung zur zentralen Fragestellung des TAP eine Rolle spielen. Die türkis eingefärbten Kästen stellen identifizierte Themen und Werkzeuge dar, die rotbraun gefärbten Kästen Schnittstellen zu Aktivitäten außerhalb des TAP DIPRO (inner- und außerhalb des Vorhabens TRANSENS).

³⁰ Im Rahmen eines Übergangsjahres wurden die Themen der Korridore in einem Workshop mit Wissenschaftlern diskutiert und validiert (Smeddinck, U./Mintzlaff, V./Pönitz, E. (2020): Entsorgungsforschung am Wendepunkt? Transdisziplinarität als Perspektive für die Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle – ein Projekt-Buch, Berlin: BWV, 89 ff.), nachdem bereits ein Workshop zur Themensammlung mit Stakeholdern stattgefunden hat (ebd., 71 ff.).

Die Möglichkeit zu Nachjustierungen wurde in den TAPs vielfach genutzt. Im TAP DIPRO beispielsweise beteiligte sich die DBG daran, Forschungsfragen zu formulieren (siehe Brunnengräber et al 2023a sowie Smeddinck/Berg/Hassel (im Erscheinen)). In der Zusammenarbeit mit den Bürgerbegleitgruppen trugen diese Anpassungsprozesse nicht nur zu einer effektiven Forschung, sondern auch zur Vertrauensbildung und zur Schaffung einer positiven Arbeitsatmosphäre bei (siehe „Transdisziplinäre Zusammenarbeit“). Die Konstruktion des Themenkorridors war nützlich und hilfreich, hinzu kamen Verständnis und Offenheit für den Forschungstypus bei Projektträger und fördernden Institutionen.

Erkenntnisse zum Forschungsprozess

Die inhaltliche Ausrichtung der Arbeit in den TAPs war durch die Vorhabenbeschreibung (TRANSENS 2019) grundlegend vorgegeben. Wichtige Themen- und Schwerpunktsetzungen wurden jedoch erst in der interdisziplinären Verständigung der akademisch Forschenden bzw. im Co-Design mit den Td-Partner:innen entwickelt. Entsprechend ergaben sich vielfältige, teils tiefgreifende Anpassungen der ursprünglichen Projektplanung. Zentrales Element des TAP SAFE war beispielsweise eine Struktur aus mehreren, aufeinander aufbauenden Td-Formaten. Im Projektverlauf wurde diese in der Vorhabenbeschreibung skizzierte Struktur mehrfach erweitert. Grund dafür waren vor allem Erkenntnisse zu den unterschiedlichen Wissenstypen und Rollen von Akteuren, die für den Safety Case relevant sind (vgl. „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“).

In der ersten Projekthälfte erforderte die COVID-19-Pandemie erhebliche Anpassungen. Präsenzveranstaltungen waren nicht oder nur stark eingeschränkt möglich, Personaleinstellungen verzögerten sich. Einerseits war die Notwendigkeit des persönlichen Austauschs ausschließlich über Videokonferenzen zunächst ein Hemmnis für Kommunikation und Interaktion, andererseits ermöglichte die zunehmende Etablierung dieses Werkzeugs aber auch Formate, die in diesem Umfang und in dieser Vielfalt in Präsenz nicht möglich gewesen wären. Die Möglichkeit von Breakout-Sessions und Online-Werkzeugen zur Entwicklung gemeinsamer Ergebnisse wurde rege genutzt; neue Gesprächsformate wie virtuelle Teeküchen entstanden. Da die Pandemie den Aufbau der Zusammenarbeit mit der DBG erschwerte, wurde z. B. im TAP DIPRO ein Steckbrief-Rollenspiel als Eisbrecher zum besseren Kennenlernen und Vertrauensaufbau erfunden und durchgeführt. Diese Entwicklungen wirkten positiv in die Arbeit in der zweiten Projekthälfte hinein (TRANSENS 2023).

Ziele und Nutzen der Transdisziplinaritätsforschung

Eine begleitende Forschung, die Transdisziplinaritätsforschung, war in TRANSENS bei Antragstellung mitgedacht (und -beantragt). Im Antrag wurde dieses ergänzende Forschungsmodul folgendermaßen begründet:

„In dem geplanten Verbundvorhaben sind die beiden Fragen zentral, wie erstens ein transdisziplinärer Forschungsprozess gestaltet werden soll und zweitens welcher ‚Mehrwert‘ gegenüber traditioneller disziplinärer oder interdisziplinärer Forschung (also ohne Beteiligung von Nicht-Spezialisten) geschaffen werden kann. Um nicht nur diesen möglichen Mehrwert zu bestimmen, sondern auch das transdisziplinäre Vorhaben zu

gestalten und entsprechende Erkenntnisse zu gewinnen, findet deshalb eine begleitende Untersuchung statt, die eine „formative“, d. h. auf die Verbesserung des laufenden Vorhabens [TRANSENS, Anm. der Red.] gerichtete [...], und professionelle (Selbst-) Beobachtung durch inter- und transdisziplinäre Spezialisten sowie eine theoretisch-konzeptionelle Selbstreflexion ermöglicht, also „Transdisziplinaritätsforschung“ leistet“ (TRANSENS 2019, 73).

Hinzu kommt, dass es sich bei der nuklearen Entsorgung um ein sogenanntes ‚wicked problem‘³¹, also um ein ‚vertracktes‘ Problem handelt. Diese Art von Problemen zeichnet aus, dass sie aus unterschiedlichen, mitunter gegensätzlichen und widersprüchlichen Teilaspekten bestehen, zu denen es unterschiedliche Sichtweisen gibt. Infolgedessen werden sie als Ganzes nicht wirklich gut verstanden. Dies lässt das Gesamtproblem, hier also die nukleare Entsorgung, als schwer lösbar erscheinen. Oder anders formuliert: Man könnte die nukleare Entsorgung als ein aus technisch-wissenschaftlicher Sicht noch nicht ganz verstandenes und durch die gesellschaftliche Kontroverse überfrachtetes Problemensemble verstehen, zu dem es nicht nur eingeschränktes Wissen und daher Unsicherheiten und Ungewissheiten gibt, sondern auch unterschiedliche Wahrnehmungen, Interessenslagen, (moralische) Positionen und Bereitschaft oder Fähigkeit, ein solches Problem zu lösen (vgl. Brunnengräber 2023).

TRANSENS bildete das nicht nur inhaltlich ab, sondern auch organisatorisch-strukturell mit der Breite der beteiligten Disziplinen, durch die unterschiedlichen ‚Positionen‘ der Forschenden dem Thema gegenüber, mit dem Einbezug von Bürgerbegleitgruppen und Praxisakteuren. Das war Neuland in der nuklearen Entsorgungsforschung. Entsprechend wurden der Begleitforschung zwei Ziele zugeordnet, nämlich (1) die Mit-Gestaltung des transdisziplinären (Forschungs-)Prozesses und (2) die Untersuchung des Mehrwerts des transdisziplinären Ansatzes gegenüber „traditioneller disziplinärer und interdisziplinärer“ Forschung (TRANSENS 2019, 73 f).

Die Transdisziplinaritätsforschung hatte sich dazu drei Aktivitätsfelder gegeben: Gestaltung, Analyse und Reflexion (vgl. Hölzle/Krütli 2024b). Gestaltung spielte insbesondere in der ersten Projekthälfte eine bedeutende Rolle mit Trainings, Methoden-Input, Beratung, Rückmeldungen, wobei Beratung bis zum Projektende geleistet wurde. Die Analyse (Nachbefragungen, Interviews, Reviews, Beobachtungen) erfolgte kontinuierlich, schwergewichtig aber in der zweiten Projekthälfte. Reflexion ist ein wichtiges Merkmal transdisziplinären Arbeitens und kann auch als gestalterisches Element verstanden werden. Reflexion basiert auf Feedback und Analyse, war von der Transdisziplinaritätsforschung initiiert und gefördert, erfolgte aber wesentlich in den TAPs selbst. Analyse war hier also tendenziell instrumentell und diente wesentlich auch der Formung des transdisziplinären Prozesses.

Grundsätzlich hat sich die Transdisziplinaritätsforschung nicht nur bewährt, sondern sie war eine sehr wichtige Komponente für das Gelingen des Projekts, waren doch die meisten TRANSENS-Forschenden mit der Praxis des transdisziplinären Ansatzes zu Beginn nicht

³¹ Vgl. Brunnengräber, A. (2016): Das *wicked Problem* der Endlagerung. Zehn Charakteristika des komplexen Umgangs mit hochradioaktiven Reststoffen, in: Ebd. (Hg.) (2016): Problemfälle Endlager. Gesellschaftliche Herausforderungen im Umgang mit Atommüll, Baden-Baden: edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft, S. 145-166; Rittel, H. W./ Webber, M. M. (1973): Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), S. 155-169

vertraut. Insbesondere die Trainings und der kontinuierliche Support zu Design von Formaten, Methodeneinsatz sowie das laufende Feedback hat den Forschenden das notwendige Wissen vermittelt, Lern- und Erfahrungsräume geboten, aber auch Selbstvertrauen gegeben. Die meisten Forschenden sehen sich nach Projektabschluss in der Lage, eigene transdisziplinäre Forschungsprojekte zu initiieren und durchzuführen. Die eigentliche, eigene Forschung über Transdisziplinarität ist aber dadurch zu kurz gekommen. Es ist daher in künftigen Projekten zu überlegen, die ‚Dienstleistung‘ der Gestaltung von der Metaforschung zu entkoppeln, weil diese Doppelfunktion von Gestaltung und gleichzeitiger Analyse einer Bewertung der (eigenen) Gestaltung gleichkommt. Eine solche Doppelfunktion ist heikel und widerspricht eigentlich wissenschaftlichen Standards. Wir schlagen daher vor, für ähnliche transdisziplinäre Projekte beides aufzunehmen, also eine begleitende Forschung *und* den Support. Letzteres wäre aber eher als Dienstleistung auszuweisen und von der Forschung mindestens partiell, z. B. über personelle Trennung, zu entkoppeln. Dies bedingte, dass sich die Personen oder Teams vorab über ein gemeinsames Verständnis von Transdisziplinarität verständigen.

Projektsteuerung

Die 16 Projektpartner gingen zu einem großen Teil aus ENTRIA³² hervor, einem interdisziplinär orientierten Projekt zur nuklearen Entsorgung; zum Teil wurden seitens der Projektförderer hinsichtlich der Auswahl und dem Umfang der zu beteiligenden Disziplinen auch Vorgaben gemacht. Es gab mehrere Organisationsstufen: zuoberst das Sprecherteam bzw. die Integrationsgruppe Transdisziplinarität (I-TD), die sich faktisch als das Leitungsteam etablierte. In dieser Gruppe waren die vier TAP-Leiter und zwei Teamleiter:innen vertreten. Die TAPs, die eigentlichen Träger der td Forschung, waren aus verschiedenen Teams zusammengesetzt, wobei einige von ihnen in mehreren TAPs engagiert waren. Einige Teammitglieder bildeten die Gruppe der Transdisziplinaritäts-Interessierten (TD-Interessierten).

Diese Struktur wurde zu Projektbeginn von den Teamleiter:innen verabschiedet, und die Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Kommunikation der verschiedenen Ebenen wurden verschriftlicht. Die Teamleiterversammlung (mit in der Regel halbjährlichen Treffen) war das eigentliche Entscheidungsorgan zu wichtigen Aspekten im Gesamtvorhaben. Differenzen in und zwischen den Ebenen sollten im Konsens gelöst werden; ein ‚Durchsetzungsmandat‘ gab es nicht – das ist auch nicht üblich im Forschungsbereich, und hier handelte es sich zudem um einen Forschungsverbund mit 16 – gleichberechtigten – Projektpartnern. Das Sprecherteam bzw. die I-TD hatte in dem Sinne keine Befugnisse, Vorgaben zu machen und diese durchzusetzen. Die Vorhabenbeschreibung war leitend und im Rahmen der Themenkorridore orientierend, aber nicht vollends bindend. Die Steuerbarkeit des Projekts war somit strukturell limitiert.

Die Frage, die sich im Nachhinein auftut, ist: Reicht das für ein Projekt in dieser Größenordnung und Breite und dazu mit einem td Ansatz, der nochmals weitere Akteure von außerhalb der Academia, also außerhalb von Universitäten und Hochschulen, ins Projekt einbezieht? Diese Frage stellt sich vor dem Hintergrund, dass bei einem transdisziplinären Projekt die Forschung dezidiert der Logik der Problemorientierung folgt,

³² ENTRIA (2019): Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen. Abschlussbericht. <https://doi.org/10.21268/20190225-1>

also der ganzheitlichen Befassung mit einem gesellschaftlichen Problem. Dies hält die Forschenden dazu an, ihre Forschung auf das Problem auszurichten bzw. vom Problem auszugehen – anders als bei disziplinärer Forschung, die einer Forschungslückenlogik folgt.

Somit stehen die Wissenschaftslogik und die Problemlogik bis zu einem gewissen Grad quer zueinander. Wenn das Problem an den Anfang gestellt wird – und das geschah in TRANSENS, weil die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle einen vielfältigen Problemkomplex darstellt, der in den vier TAPs als Teilprobleme adressiert wurde –, würde das bedeuten, auch die Teams und Td-Partner:innen funktional daraufhin auszuwählen³³ bzw. auf das Ziel des Projekts oder die Funktion des Einbezugs³⁴ auszurichten. Das ist nicht immer möglich, da die Expertise in den Teams und bei den einzelnen Forschenden nie passgenau zum Problem stehen. Im Fall von TRANSENS kam hinzu, dass die Zusammensetzung des Verbundes mit der Antragstellung feststand. Daher brauchte es zu Beginn einen Verständigungsprozess aller Beteiligten bzw. ein ‚problem-framing‘, um den Rahmen und die groben Forschungsfragen des Projekts zu definieren³⁵. Dies verlangte den Forschenden viel ab, mussten sie doch häufig disziplinäre und methodische Grenzen überwinden und bereit sein, außerhalb der ‚Komfortzone‘ zu arbeiten. Hinzu kommt, dass Disziplinen auch durch ‚Denkstile‘³⁶ und Paradigmen geprägt sind, die einer Überwindung disziplinärer Grenzen im Weg stehen können³⁷.

Was schließen wir daraus? Eine vollständige Einigung hinsichtlich des Problemverständnisses und der erforderlichen Forschungsansätze wird, gerade bei großen Teams, nie gelingen. Dennoch: TRANSENS hat den beteiligten Forschenden – gerade auch den Nachwuchs-Wissenschaftler:innen – durch die Vielfalt der beteiligten Disziplinen und auch die erhebliche Erfahrung der arrivierten Forschenden vielfältige Möglichkeiten geboten, über die Grenzen des eigenen Forschungsgebiets hinaus zu denken, sich auszutauschen und stimulieren zu lassen. Es ist aber gleichwohl denkbar, dass kleinere Verbundprojekte besser aufgestellt wären. Diese sollten ein bewusst klein gehaltenes Kernteam umfassen, das der Td Arbeit voll verpflichtet ist. Punktuell oder anlassbezogen für die Problemlösung notwendige Expertise könnte im Projektverlauf hinzugezogen werden. Diese Expertise kann gleichermaßen bei Wissenschaftler:innen und Praxisakteur:innen oder anderen Td-Partner:innen liegen. Dieser punktuelle Einbezug erfordert Anreize für die Beteiligten, bietet gleichzeitig aber bessere Möglichkeiten, auf sich zeitlich verändernde Projektanforderungen reagieren zu können.

³³ Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 26(1), S. 43-51

³⁴ Fiorino, D. J. (1990): Citizen participation and environmental risk: A survey of institutional mechanisms. *Science, Technology, & Human Values*, 15(2), S. 226-243

³⁵ Lang, D. J. et al. (2012): Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(1), S. 25-43. DOI: 10.1007/s11625-011-0149-x

³⁶ Fleck, L. (2011): Denkstile und Tatsachen. *Gesammelte Schriften und Zeugnisse*, 310-319. Edited by S. Werner et al. Berlin: Suhrkamp

³⁷ Raymond, C. M. et al. (2010): Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of environmental management*, 91(8), S. 1766-1777

Selbstevaluation und Beirat TD

Ab 2021 führten die TRANSENS-Wissenschaftler:innen mit Unterstützung der Bürgerbegleitgruppen eine Selbstevaluation durch. Die Selbstevaluation zielte darauf ab, die Reflexion von Inhalten und Methoden in TRANSENS zu unterstützen und die weitere gemeinsame Arbeit in TRANSENS zu gestalten. Der Fokus lag auf einer kritischen Bewertung der bisherigen Projektergebnisse – insbesondere mit Blick auf die transdisziplinäre Ausrichtung des Projekts – und auf möglichen Anpassungen und Verbesserungen für die restliche Projektlaufzeit. Dieser formative Charakter der Selbstevaluation wurde früh im Selbstevaluationsprozess in den Vordergrund gestellt. Angesichts des Pilotcharakters von TRANSENS mussten und konnten viele Aspekte der Evaluation spezifisch für TRANSENS entwickelt werden (TRANSENS 2023).

Zum Projektende zeigt sich, dass die transdisziplinäre Zusammenarbeit in TRANSENS von der Selbstevaluation profitiert hatte. Durch die Fokussierung der Kerngruppe ‚Selbstevaluation‘ – also der Wissenschaftler:innen, die sich vertieft mit der Selbstevaluation befassten – auf Analyse und Beurteilung des td Forschungsprozesses wurden insbesondere der Kompetenzaufbau gestärkt, aber auch das Wissen über Verknüpfungen und Zusammenhänge im Projekt sowie die Notwendigkeit der Verstärkung interdisziplinärer Verständigung als Basis von td Forschung. Der Aufwand für die Evaluation war größer als zunächst erwartet. Gründe dafür waren das Erfordernis, zunächst eine auf das Pilotprojekt TRANSENS zugeschnittene Methodik zu entwickeln, die Verständigung innerhalb des großen Verbundprojekts zu dieser Methodik und der Ausrichtung der Selbstevaluation, sowie die Komplexität der zu betrachtenden Themen und der Struktur von TRANSENS, in der verschiedene TAPs mit unterschiedlichen Arbeitsmodi ihre Ansätze zusammenbrachten.

Zu den Ergebnissen der Zwischenevaluation – insbesondere in Bezug auf die Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern – gehörte etwa, dass die Herausforderungen interdisziplinären Arbeitens zunächst unterschätzt wurden. Projektpartner, die bisher eher rein disziplinäres Arbeiten gewohnt waren, sollten z. B. durch Beteiligung an TAP-übergreifenden Themen gezielt(er) an die Interdisziplinarität herangeführt werden (z. B. Eckhardt et al. (Hg.) 2024). Zudem hat sich die Arbeit an eng umrissenen Themen durch Tandems aus ‚weit voneinander entfernten‘ Disziplinen besonders bewährt (vgl. z. B. Becker/Berg 2024; Berg/Hassel 2022; Bräuer/Schwarz/Peters 2024, Muxlhanga et al. 2024). Eine Herausforderung ist die Organisation und Koordination interdisziplinärer Austausche angesichts des bestehenden Arbeitsprogramms und begrenzter Ressourcen sowie der Erhalt diesbezüglicher Motivation. Generell sollten Konflikt und Dissens als Chance für anerkennenden, produktiven Austausch begriffen werden. Perspektivisch wurde festgehalten, dass insbesondere auch bestehende Kollaborationen mit den Begleitgruppen zur Identifizierung weiterer möglicher Themen genutzt werden sollten und der weitere Kompetenzerhalt zentral ist (vgl. TRANSENS 2023). Im Ergebnis der Selbstevaluation erfolgte eine Reihe von Anpassungen in den Forschungsdesigns der TAPs.

Impulse für die Gestaltung und Planung der Forschungsprozesse kamen vom Beirat TD, dem drei profilierte Wissenschaftler:innen mit Erfahrung im Bereich der td Forschung angehörten. Der Beirat nahm an den Projekt- und Arbeitstreffen von TRANSENS teil. In regelmäßigen Online-Treffen mit den TRANSENS-Teams wurden ausgewählte

Forschungstätigkeiten, Zwischenergebnisse und Planungen aus den TAPs und der Transdisziplinaritätsforschung vorgestellt und reflektiert. Hinweise des Beirats bezogen sich beispielsweise auf die Gestaltung der Begleitforschung, auf das Verständnis von Transdisziplinarität und das Verhältnis zum Standortauswahlverfahren, auf die Rolle von Interdisziplinarität im td Forschungsprozess und die Aufgabe der TD-Interessierten (vgl. „Formative Transdisziplinaritätsforschung“). Durch einen Impuls des Beirats wurde das Team des TAP SAFE zu einer systematischen Befassung mit Wissenstypen veranlasst (vgl. Abb. II.1 in „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“), die auch zu Anpassungen der td Forschung führte.

4. Transdisziplinäre Zusammenarbeit

An der transdisziplinären Forschungszusammenarbeit in TRANSENS waren unterschiedliche Td-Partner:innen beteiligt, z. B. interessierte Bürger:innen, Betroffene an drei Zwischenlagerstandorten (Brokdorf, Lubmin, Heilbronn) und Personen, die beruflich im Bereich der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle tätig sind. Der überwiegende Teil der Td-Partner:innen nahm an einem oder wenigen transdisziplinären Formaten teil. Die Bürgerbegleitgruppen AGBe und DBG beteiligten sich ab ihrer Einrichtung über die gesamte weitere Laufzeit des Vorhabens an TRANSENS. Auch an der Bürgermessenstelle Remlingen fand ein länger andauernder Austausch mit interessierten Bürger:innen statt.

Bei der Zusammenarbeit ist besonders auf die Bedeutung von Langfristigkeit und Kontinuität hinzuweisen. Diese waren wichtig für den Aufbau eines Vertrauensverhältnisses zwischen den Handelnden, die sich durchgehend mit Respekt und Wertschätzung begegneten. Vor allem erwiesen sich Langfristigkeit und Kontinuität aber als entscheidend im Hinblick auf das der Forschung zugrundeliegende Wissen: Die Wissensbestände der Mitglieder der Begleitgruppen entwickelten sich rasch und stetig weiter. Unvermeidlich ist unter diesen Umständen, dass ein Spannungsfeld zwischen gewünschter Unabhängigkeit oder Unvoreingenommenheit einerseits und sich verändernden Wissensbeständen bis hin zu beidseitiger Identifikation als „Teil von TRANSENS“ aufgrund des Austauschs mit den TRANSENS-Teams andererseits entstand. Die ständigen Begleitgruppen haben sich jedoch durchgehend und bewusst unabhängige Perspektiven bewahrt.

Auswahl von Td-Partner:innen

Der transdisziplinäre Ansatz in den TAPs zeichnete sich durch ein plurales Vorgehen aus: Entsprechend der jeweiligen Fragestellung wurden passende td Formate entwickelt, durchgeführt und ausgewertet und die jeweiligen Td-Partner:innen identifiziert.

In Bezug auf Einbindung einer kontinuierlichen Begleitung bildete sich folgende Abstufung heraus:

Das Forschungsdesign des TAP TRUST basierte wesentlich auf der Zusammenarbeit mit der AGBe und beinhaltete deren Rekrutierung und Leitung (Seidl et al. 2024a). Daher erfolgte auch der stark überwiegende Teil der td Zusammenarbeit in TRUST mit dieser Gruppe (Seidl/Drögemüller 2024a) und nur in Ausnahmefällen wurden externe Partner:innen hinzugezogen. Am anderen Ende der Skala befand sich das TAP HAFF. Hier wurde auf eine feste und kontinuierliche Begleitung durch Td-Partner:innen gänzlich verzichtet. Die TAPs SAFE und DIPRO bewegten sich dazwischen und hatten sowohl punktuelle Beteiligungen als auch Zusammenarbeit mit kontinuierlichen Gruppen: SAFE mit der AGBe und DIPRO mit der DBG. Einige Mitglieder der DBG kamen ebenfalls aus dem Rekrutierungsprozess der AGBe (Smeddinck 2021a, 21 ff.).

Welche Gruppe von Td-Partner:innen zu welchem Zeitpunkt eingebunden werden sollte, ist ein funktional-dynamischer Prozess. In TRANSENS erwiesen sich hier die von Pohl, Krütli und Stauffacher entwickelten „Ten Reflective Steps“³⁸ (im Folgenden auch: 10 steps) als

³⁸ Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, 26(1), S. 43-51

sehr hilfreich. Dabei handelt es sich um einen Ansatz, der Wissenschaftler:innen in Forschungsprojekten mithilfe von zehn fragegeleiteten Schritten mit den Anforderungen transdisziplinären Arbeitens vertraut und Transdisziplinarität praktisch zugänglich macht. Insgesamt wurde dieses Werkzeug ca. zehn Mal von und mit TRANSENS Wissenschaftler:innen in unterschiedlicher Zusammensetzung durchgeführt.

Die Schritte 8 und 9 sollen hier beleuchtet werden, da sie die Frage adressieren, wer wann einzubinden ist:

Step 8 Clarify expectations and interests of the societal actors and disciplines involved. Researchers must substantiate why societal actors and other disciplines need to be involved. This makes the vague notions of involvement and interaction (see steps 5, 6) more explicit and concrete.

Es ist also der Nutzen der einzubindenden Partner:innen für das Projekt zu beachten, aber ebenso deren Erwartungen und Interessen. Bürger:innen sollen ihre Wissensbestände einbringen und Perspektiven erweitern. Dies gilt auch – jenseits der Forschung im Vorhaben TRANSENS – für das Standortauswahlverfahren: Hier könnte sich eine potenzielle Funktion von Bürger:innen bzw. Bürgergruppen als extended peer community im Laufe einer längerfristigen Zusammenarbeit herausbilden.

Im Vorhaben TRANSENS waren die Fragestellungen zum Teil so angelegt, dass sie nur von Praxisakteuren behandelt werden konnten. So waren z. B. im TAP HAFI Fragen mittelfristiger Verfahrensgestaltung Gegenstand der Forschung. In anderen Situationen wurde stärker auf ‚Laien‘ mit besonderer Betroffenheit oder speziellem Interesse, z. B. an der Regional- und Raumentwicklung, abgestellt.

Step 9 Design a plan on why to involve which societal actors and disciplines at different stages of the research project. This step encourages reflections about who to involve/collaborate within one's research project depending on the desired societal impacts. It helps to understand that collaboration is dynamic over time.

Auch der Zeitpunkt der Einbindung sollte gut geplant und bewusst gewählt werden. Explizit wird hier die Dynamik des Prozesses angesprochen. Als Beispiel mag hier das TAP SAFE dienen:

Die td Forschung in SAFE war zunächst dreistufig geplant: Zunächst mit einem Fokusgruppen-Format mit Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“ (also Praxisakteuren), dann mit der AGBe sowie in einer transdisziplinären Fallstudie im Bereich der akademischen Ausbildung, und schließlich als Feedback wieder mit Praxisakteuren. Im Laufe des Projekts wurde dieser Ansatz modifiziert und ergänzt. Aufgrund von Erkenntnissen zu Wissenstypen sowie angesichts von sich eröffnenden Möglichkeiten bei wissenschaftlichen Konferenzen und Partizipationsformaten und aufgrund von Hinweisen aus der Selbstevaluation kamen weitere Formate hinzu, auf die oben genannte Fallstudie wurde auch aus Gründen der Projektorganisation verzichtet (zu Einzelheiten vgl. das SAFE-Kapitel „Formate, Methoden und Beteiligte“).

Dieser stufenweise Ansatz der Vorhabenbeschreibung mit einem Einbezug von Praxispartnern aus der Fachcommunity nur zu Beginn und Ende der Forschungsarbeit

erwies sich im Laufe des Projektes als nicht optimal: Das Verständnis für die Natur transdisziplinärer Forschung und ihrer Ergebnisse könnte durch kontinuierlichen Einbezug dieser Personen in den gesamten Forschungsprozess gefördert werden. Einen weiteren Mehrwert für ein gesteigertes Verständnis dieses Forschungstyps könnte eine weitreichendere (inter-)disziplinäre Aufarbeitung der Td-Ergebnisse darstellen. Eine Herausforderung ist diesbezüglich jedoch der für Td-Forschung erforderliche hohe Zeit- und Ressourcen-Aufwand bei allen Beteiligten (vgl. „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“).

Die Planung der Forschung sollte sich u. a. an den zu erwartenden oder bekannten Wissensbeständen der Td-Partner:innen in Relation zu den jeweils zu betrachtenden Themen und deren Interessenlagen und Rollen ausrichten. Sie erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaftler:innen mit Methodenkompetenz und Erfahrung zu Transdisziplinarität einerseits und mit Spezialwissen zum jeweiligen Forschungsgegenstand andererseits.

Gewinnung von Teilnehmer:innen für Td-Formate

Die Rekrutierung einer Bürgergruppe, die ein Forschungsprojekt dauerhaft begleiten soll, bedarf einer sorgfältigen Planung. Die Gruppe soll zum einen möglichst geschlechterparitätisch zusammengesetzt sein und so viele Bevölkerungsgruppen wie möglich repräsentieren (auch wenn eine echte repräsentative Gruppe nicht möglich ist). Weiterhin sollte aber auch Wert auf Interesse am Forschungsgegenstand und Teamfähigkeit gelegt werden, um ein konstruktives Arbeiten zu ermöglichen. Die Rekrutierung der Teilnehmer:innen für die AGBe (ca. 15 Mitglieder) erfolgte über eine erste web-basierte Umfrage unter 5'000 Beteiligten. Eine umfangreiche mehrstufige Methodenkombination aus einer Umfrage, einem nachfolgend zweitem, psychologisch ausgerichteten Fragebogen und abschließend persönlichen Online-Interviews führte zu einer Auswahl von Kandidat:innen nach zuvor festgelegten Kriterien. Rund 700 Teilnehmende hatten ihr Interesse an einer Mitarbeit in der AGBe zum Ausdruck gebracht. Der zweite Fragebogen wurde von 180 Personen beantwortet. Die Anzahl potenziell geeigneter Kandidat:innen wurde dann multi-methodisch auf 49 reduziert. Hiervon wurden 30 Personen zu persönlichen leitfadengestützten Zoom-Interviews gebeten und letztlich 17 Personen zur Teilnahme an der AGBe eingeladen. Auf der Auftaktveranstaltung in Präsenz wurde eine gemeinsame Arbeitsgrundlage vorgestellt, adaptiert und verabschiedet (Seidl et al. 2024a). Die Rekrutierung der DIPRO-Begleitgruppe wiederum basierte in einem nachgelagerten Prozess auf dem Pool von Kandidat:innen, der für die AGBe identifiziert, jedoch zunächst nicht berücksichtigt worden war.

Für eine punktuelle Einbindung muss der Aufwand jedoch deutlich geringer bleiben. Hier erfolgte die Gewinnung von Td-Partner:innen auf unterschiedlichen Wegen, die sich unterschieden, je nachdem ob Laien oder Akteure „mit Erfahrung zum Thema“ gesucht werden. Während z. B. bei der Rekrutierung der AGBe Eigenschaften wie Teamfähigkeit Gegenstand des systematischen (und aufwändigen) Auswahlprozesses waren (s. o.), lagen der Gewinnung von Praxisakteuren je nach Gegenstand und Ziel des punktuellen Formats entweder Ausschreibungen in der Fachcommunity oder persönliche Einschätzungen und Ansprachen durch die TRANSENS-Teams zugrunde. Im Falle von Ausschreibungen lag dann

die Entscheidung zur Entsendung von Teilnehmer:innen an td Formaten auch bei entsendenden Organisationen der nuklearen Entsorgung.

Fallweise wurden die Td-Partner:innen auf die Chatham House Rules³⁹ verpflichtet und darauf hingewiesen, dass vorrangig fachliche Expertise und persönliche Einschätzungen eingebracht werden sollten. Wie z. B. aus den vertraulichen Beobachtungsprotokollen von Workshops zu erkennen ist, schloss dies jedoch ein taktisches Agieren von Teilnehmer:innen im (wahrgenommenen oder tatsächlichen) Interesse der Institutionen, von denen die Teilnehmer:innen kamen, nicht aus.

Für künftige td Forschung, die Praxisakteure involviert, ergibt sich somit ein Spannungsfeld: Einerseits ist es erstrebenswert, dass unbefangene Sichtweisen jenseits der Interessenlagen von Praxisakteuren in die Forschung eingebracht werden, andererseits gehört es aber auch zum Wesen von td Forschung, dass gerade auch solche Interessenlagen und korrespondierende Sichtweisen in der Forschung berücksichtigt werden.

Die HAFF-Teams machten die Erfahrung, dass es für dialogische wissenschaftliche Formate schwierig ist, sowohl Expert:innen, als auch Stakeholder-Vertreter:innen und Bürger:innen zu rekrutieren. Entsprechend wurde darauf durch gezielte Nachrekrutierungen (z. B. unter Studierenden) reagiert und auch in td Formaten im TAP DIPRO trotz zum Teil aufwändiger Rekrutierungswege mit oder ohne externe Dienstleister letztlich mit kleinen Gruppen gearbeitet (vgl. Smeddinck/Berg 2024). So wurden im Rahmen eines DIPRO-Workshops zum innovativen Instrument der Standortvereinbarung Bürger:innen mit der Thematik befasst und Hinweise erarbeitet. Eine kritische Reflexion zur Rekrutierung und Zusammensetzung der Teilnehmerschaft findet sich in Scharpf et al. (im Erscheinen) (siehe auch Smeddinck/Sierra/Schwarz (Hg.) 2025).

In einigen td Formaten hatten TRANSENS-Teams den Eindruck, dass ein mangelnder Mut von Personen, sich zu beteiligen, als generelles Hemmnis bestand. Insbesondere bei Rekrutierungen für einmalige Formate kann dieser Umstand die Gewinnung von Teilnehmenden behindern. Innerhalb der ständigen Begleitgruppen wurde das „Sich-nicht-trauen“ durch Formate wie stille Diskussion erfolgreich abgefangen. Bürger:innen, die neu für td Formate angesprochen werden, zögern zudem möglicherweise, sich in einem politisch umstrittenen Thema zu exponieren. Diese Erfahrung wurden bei der Abschlussveranstaltung am Stand Ungewissheiten gemacht, wo es explizit derartige Äusserungen gab.

Nach Einschätzung von TRANSENS-Teams gehen die Rekrutierungsprobleme aber vermutlich stärker auf mangelndes Interesse und fehlende Betroffenheit zurück als auf Furcht, sich zu beteiligen. Weitere mögliche Gründe sind mangelnde Erfahrung der Forschenden bzgl. Rekrutierung oder die begrenzten Ressourcen angesichts relativ aufwändiger Rekrutierungsprozesse.

³⁹ <https://www.chathamhouse.org/about-us/chatham-house-rule> (letzter Zugriff: 30.01.2025)

Perspektivenerweiterung durch Bürgerbegleitgruppen

Als Zwischenresümee kann man ziehen: Nach Einschätzung der TRANSENS-Teams haben speziell die Mitglieder der Bürgerbegleitgruppen AGBe und DBG die Forschenden gefordert; sie haben ihnen eine ‚Lernplattform‘ geboten, um ihre Forschung gesellschaftlich relevanter zu machen, ihre Perspektive mannigfaltig zu erweitern; sie gaben ihnen die Möglichkeit, ihre ‚soft skills‘ (Kommunikation, Moderation, Organisation) zu entwickeln. Diese Mitglieder der AGBe und DBG haben sich gleichzeitig weiterentwickelt, inhaltliche Kompetenz aufgebaut, Sprechfähigkeit entwickelt; sie sind befähigt, kritische, zur Reflexion anregende und perspektivenweitende Fragen zu stellen im Sinne einer extended peer community. Die Begleitgruppen entwickelten sich zu einer verbindenden Konstante in TRANSENS. Mitglieder dieser Gruppen könnten im StandAV eine Rolle spielen, als Schnittstelle zwischen Behörden, Wissenschaft und Bevölkerung. Dabei wäre allerdings zu definieren, was ihre Funktion an dieser Schnittstelle wäre.

Dies spiegelt sich auch in der Sicht der AGBe wider. Deren für diesen Abschlussbericht direkt kommuniziertes Fazit lautet: „Durch den von traditioneller Wissenschaft abweichenden td Ansatz unterscheidet sich das Verbundprojekt TRANSENS von bisherigen Projektvorhaben seiner Art und hat damit eine neue Plattform des Austauschs geschaffen, der – wenn auch in einem eingegrenzten Rahmen – die Partizipation von Laien ermöglicht. Neben der Tatsache, dass ein neues Vorgehen mit Einbeziehung von Laien in ein Vorhaben zur nuklearen Entsorgungsforschung auch neue Methoden und Wege bedingt und ermöglicht, schufen zusätzlich Transparenz (wie bereits in der Projektbeschreibung prognostiziert) sowie Wertschätzung die Voraussetzungen für eine erfolgreiche transdisziplinäre Arbeit.“

Aus diesen positiven Erfahrungen lassen sich Empfehlungen ableiten: Eine ‚permanente‘ Installation von Begleitgruppen (z. B. an potenziellen Endlagerstandorten) und von Praxisakteuren als extended peer communities zur Befassung mit Sicherheitsfragen wird – unter Nutzung erprobter td Formate – auch für den deutschen Prozess empfohlen. Dies kann zur Vertrauensbildung beitragen. Zu klären wären bei einem solchen Vorgehen die – auch rechtlichen – Möglichkeiten der Mitgestaltung solcher Gruppen und ihre Beziehung zu den gesetzlich vorgesehenen Beteiligungsformaten. Es bliebe zu entscheiden, in wie weit in derartigen Formaten Merkmale transdisziplinärer Forschung und von Reallaboren, also eine Verschränkung von Forschung und Beteiligung, zum Tragen kommen sollen. Eine diesbezügliche Rollenklärung und deren klare Kommunikation wäre unabdingbar: Es wäre zu entscheiden, in wie weit wissenschaftliche Forschung (ggf. auch im Auftrag von Akteuren) durchgeführt werden soll oder in wie weit es sich um wissenschaftlich begleitete Partizipation von Akteuren im StandAV handelt. In jedem Fall wären eine fallspezifische langfristige Planung und der Einsatz von geschultem Personal erforderlich. Die Übertragbarkeit auf andere gesellschaftlich relevante Problembereiche sollte geprüft werden.

Zusammenarbeit und Kommunikation in den Bürgerbegleitgruppen

Für die Td Forschung in TRANSENS erwies sich die Zusammenarbeit mit den ständigen Bürgerbegleitgruppen als besonders produktiv. Organisatorisch bewährte sich dabei das Modell einer festen Ansprechperson für die Begleitgruppe besser als das Modell einer Gruppe von Ansprechpartner:innen aus dem akademischen Bereich.

Bei der längerfristigen Zusammenarbeit mit der Bürgerbegleitgruppe AGBe zeigte sich, dass das Vertrauen der Td-Partner:innen in die Wissenschaftler:innen über den gesamten Verlauf von TRANSENS groß war, ohne dass das hohe Vertrauensniveau jedoch zu einer unkritischen Reproduktion der vermittelten Inhalte führte (vgl. „TAP Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TRUST)“). Bald spielte sich ein Dialog auf Augenhöhe ein. Diese Zusammenarbeit brachte auch Formate hervor, die die Bürgerbegleitgruppen für die akademisch Forschenden organisierten.

Zur konstruktiven und vertrauensvollen Forschungszusammenarbeit trug die sorgfältige Rekrutierung bei (Seidl/Drögemüller 2024a, 14f). Im Projektverlauf erwiesen sich Transparenz, Offenheit, gegenseitige Wertschätzung und gute Kommunikation als wichtig (Kramer et al. 2024, 90; TRANSENS 2023). Von den Mitgliedern der Bürgerbegleitgruppen wurde auch das Eingehen auf Wünsche aus den Gruppen positiv bewertet. So wurden beispielsweise Workshops und ‚Kamingespräche‘ zu Themen veranstaltet, die von den Gruppen eingebracht worden waren. Was thematische Offenheit anbelangt, zeigte sich allerdings, dass ein Mangel an Vorgaben und Strukturen von Seiten der akademisch Forschenden auf Bürger:innen der Begleitgruppen auch verunsichernd wirken und den Forschungsprozess verzögern kann (TRANSENS 2023, 13).

Die Wissenschaftler:innen realisierten bald, dass eine adressatengerechte Kommunikation nicht *für* die Zielgruppe, sondern nur *mit* der Zielgruppe erreicht werden kann (Seidl/Drögemüller 2024a, 15). Eine solche Kommunikation erfordert ein hohes Maß an Flexibilität und Kreativität von allen Beteiligten. Schon kurze, informative Texte zu schreiben, die frei vom (gerade erlernten) wissenschaftlichen Jargon sind, erwies sich anfangs als Herausforderung für jüngere, aber zum Teil auch für ältere Wissenschaftler:innen (Smeddinck 2021b, 12 f.). Td Forschung erlaubt es akademisch Forschenden, sich mit kommunikativen Mitteln vertraut zu machen, die auch in anderen Kontexten wirksam sind, z. B. beim Dialog zwischen Bürger:innen und Behörden. Sie erfordert es aber auch, spezifische Mittel zu entwickeln, um die vertiefte, interaktive Auseinandersetzung mit spezifischen Entsorgungsthemen zu fördern. Im transdisziplinären Kontext müssen Wissenschaftler:innen daher nicht nur fachlich versiert sein, sondern auch in der Lage, kreative und ggf. unkonventionelle Lösungen zu entwickeln.

Transdisziplinäre Forschung, so zeigte sich, gelingt am besten anhand konkreter Fragestellungen (TRANSENS 2023, 13) und anschaulicher Artefakte wie der im TAP DIPRO erstellten ‚Landkarte der Gerechtigkeit‘ (Schwarz 2024). Interaktive Instrumente, z. B. der im TAP TRUST verwendete Wirtsgestein-Demonstrator oder das im TAP DIPRO erstellte WebGIS (Schwarz et al. 2023), fanden aufgrund der Möglichkeit, sichtbar Wirkung zu erzielen, eine gute Resonanz bei den Bürger:innen der Begleitgruppen.

Zur Vermittlung von Wissen an die Bürgerbegleitgruppen hat sich die Bereitstellung in der Tiefe der Information abgestufter Materialien als besonders geeignet herausgestellt. Das

galt insbesondere bei Forschungsgegenständen in den TAPs TRUST und SAFE, die naturwissenschaftlich-technische Grundkenntnisse erforderten. Die Empfehlung, gestuft zu kommunizieren, um unterschiedliche Zielgruppen zu erreichen, war auch Ergebnis transdisziplinärer Formate bei TRANSENS, z. B. zum digitalen Safety Case (Röhlig et al. 2025).

Die Art und Weise, wie von Seiten der Forschenden über ein Thema berichtet wird, kann die Wahrnehmung der Td-Partner:innen entscheidend beeinflussen. Im TAP TRUST trug die Einführung des Begriffs ‚Sicherheitsverzehr‘ in einem Workshop dazu bei, dass die AGBe von einer grundlegend positiven zu einer differenziert-kritischen Beurteilung des Monitorings eines Endlagers gelangte (TRANSENS 2023, 30). Im Vorhaben TRANSENS wurde daher diskutiert, inwiefern akademisch Forschende Einfluss auf den Forschungsprozess nehmen sollen oder dürfen. Transdisziplinäre Forschung ist immer Einflüssen aus dem Umfeld ausgesetzt. Nehmen sich die akademisch Forschenden inhaltlich zurück, gewinnen andere Einflüsse, z. B. aus der Medienberichterstattung, an Bedeutung. Das zeigte sich unter anderem in einem Workshop mit Mitgliedern der Bürgerbegleitgruppen AGBe und DBG zur Raumplanung unter Tage, bei dem die Informationsgrundlagen aus der Wissenschaft bewusst begrenzt wurden (Eckhardt 2024a). Einflussnahme durch die Forschenden lässt sich daher als integraler Teil transdisziplinärer Forschung verstehen – der allerdings im Forschungsprozess kontinuierlich thematisiert und reflektiert werden muss.

Mit zunehmendem Vertrauen in die Wissenschaftler:innen und zunehmender Vertrautheit mit Entsorgungsthemen wächst also die Gefahr, dass Unabhängigkeit und Außenperspektive der Bürger:innen der Begleitgruppen allmählich verloren gehen. Auch einer solchen Entwicklung beugt ein offener, wertschätzender Umgang miteinander vor, der alle Beteiligten zu reflektierenden Äußerungen ermutigt. Durch eine dialogische Herangehensweise, die unterschiedliche Perspektiven anerkennt (vgl. „TAP Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (HAFF)“), und den offenen Umgang mit Ungewissheiten ließ sich das Verständnis der Bürgerbegleitgruppen für Expertendissens und Ungewissheiten als normale Bestandteile wissenschaftlichen Arbeitens stärken (vgl. Drögemüller/Seidl 2024a, 60f; Smeddinck/Berg 2024, 48).

Dass sich die AGBe unerwartet schnell mit neuen Inhalten vertraut machte, ermöglichte eine Forschungszusammenarbeit auf hohem Niveau, beispielsweise zum Monitoring eines Endlagers (Seidl/Drögemüller 2024a) oder zur Rolle von Indikatoren bei der Beurteilung der Endlagersicherheit (Röhlig et al. 2025). AGBe und DBG sahen neu gewonnenes Wissen auch als Chance, vermittelnd zwischen Wissenschaft und interessierter Öffentlichkeit tätig zu werden. Eine solche Rolle war in TRANSENS für die Bürgerbegleitgruppen nicht angelegt, verweist aber auf Möglichkeiten bei der Partizipation im Standortauswahlverfahren (vgl. Kapitel „Bezug zum Standortauswahlverfahren“).

Die intensive Auseinandersetzung mit Themen der Entsorgung setzt auf Seiten der nicht-akademischen Td-Partner:innen sowohl Motivation als auch Systemwissen voraus. Motivation war ein zentrales Kriterium bei der Rekrutierung der Bürger:innen für die Begleitgruppen. Anschliessend dürfte die gute Kommunikation im Projekt (vgl. oben) wesentlich dazu beigetragen haben, dass die Motivation über den gesamten Verlauf des Projektes erhalten blieb. Die Bürger:innen der Begleitgruppen hoben die Bereitschaft der akademisch Forschenden, sich Zeit für die Informationsvermittlung zu nehmen und dafür

auch spezielle Instrumente zu entwickeln, als motivierend hervor (Kramer et al. 2024, 81). Grundlegend sind die Bereitschaft, anderen Menschen Wertschätzung entgegenzubringen, und Offenheit für neue Erfahrungen und andere Perspektiven wesentlich, damit der Dialog aller Beteiligten in der transdisziplinären Forschung gelingt (ebd.; TRANSENS 2023, 12, 30).

5. Wissensgenese und Kompetenzaufbau

Integration unterschiedlicher Wissensarten

In einem disziplinären Projekt wird neues Wissen generiert, indem der aktuelle Wissensbestand einer Fach-Community reviewt, eine Wissenslücke identifiziert, diese gefüllt (durch Nachdenken, Experimentieren, Analysieren etc.) und das neue Wissen mit einer Fachpublikation nach entsprechender Prüfung in die Fach-Community ‚integriert‘ wird. Auch interdisziplinäre Wissensgenese erfolgt methodisch. Der Unterschied zu ersterem ist, dass hier verschiedene ‚Disziplinen‘ oder Fach-Communities mit ihren ggf. unterschiedlichen Wissenschaftsverständnissen zusammenarbeiten, also unterschiedliches Fachwissen zusammengebracht (integriert) wird. Bei beiden spielt es dabei keine Rolle, ob das Wissen an einer Hochschule/Universität, in einer privatwirtschaftlichen oder anderen Forschungsinstitution erzeugt wird; die Mechanismen der Wissenserzeugung sind gleich, die Finanzierung und die Ziele, die verfolgt werden, mögen anders sein. Die Schwierigkeit bei interdisziplinärer Arbeit ist, dass die nicht zwingend verwandten ‚Disziplinen‘ sich einem gemeinsam festgelegten Ziel unterstellen, was ein ‚Überschreiten‘ von Fachgrenzen nötig macht. Bei interdisziplinärem Arbeiten wird das disziplinäre Wissen der verschiedenen Disziplinen fusioniert; es entsteht eine neue Qualität von interdisziplinärem Wissen, welches in einem disziplinären oder multidisziplinären Setting nicht geschaffen werden kann⁴⁰.

Hinzu kommt, dass zwischen Wissenschaftler:innen verschiedener Disziplinen die Kommunikation mitunter schwierig bis unmöglich ist, weil diese unterschiedlichen ‚Denkstilen‘⁴¹ angehören, unterschiedlichen Forschungs-Paradigmen verpflichtet sind, unterschiedliche Referenzsysteme und Jargon bzw. Codes benutzen, verschieden sozialisiert wurden und die Wissensproduktion auch stark von individuellen Perspektiven und Ideologien beeinflusst ist⁴². Dennoch: Im Vorhaben TRANSENS wurde nicht nur disziplinäres Wissen, z. B. im Rahmen von Dissertationen, sondern auch interdisziplinäres Wissen erzeugt, das heißt, es wurden disziplinäre Grenzen überwunden. Das zeigt sich sehr schön z. B. beim Querschnittsthema Ungewissheiten (vgl. Eckhardt et al. (Hg) 2024). Interdisziplinäre Arbeiten erfolgten aber auch innerhalb der TAPs. Meist erfolgten solche Initiativen bottom-up, das heißt, die Bereitschaft, sich auf neue Themen einzulassen und disziplinäre Grenzen zu überwinden, war vielfältig vorhanden.

Bei transdisziplinärer Forschung werden zusätzlich zum Überschreiten der disziplinären Grenzen auch die Grenzen des Wissenschaftssystems überschritten, indem Beteiligte von außerhalb dieses Systems in die (akademische) Wissensproduktion einbezogen werden. Dabei wird Wissen erzeugt, das aus dem Zusammenbringen und Integrieren von akademischem Wissen und Wissensbeständen von außerhalb der Academia gespeist wird, also potenziell aus allen Bereichen des öffentlichen und Privat-Sektors und der Zivilgesellschaft. Wichtig ist auch hier, dass die Wissensproduktion einem übergeordneten

⁴⁰ vgl. z. B. Tress, G./Tress, B./Fry, G. (2005): Clarifying integrative research concepts in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 20(4), S. 479-493.

⁴¹ Fleck, L. (2011): Denkstile und Tatsachen. *Gesammelte Schriften und Zeugnisse*, S. 310-319. Edited by S. Werner et al. Berlin: Suhrkamp.

⁴² Raymond, C. M. (2010): Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of environmental management*, 91(8), S. 1766-1777.

Ziel folgt, welches von allen Parteien gemeinsam definiert wird. Letzteres erfolgte z. B. in den TAPs bei der Ausgestaltung der Themenkorridore.

Nun entsteht aber das Problem, wie den unterschiedlichen Wissensarten bzw. Epistemiken (Unterschiede gibt es auch zwischen den Disziplinen, wie oben erwähnt) bei der Integration Rechnung getragen werden kann. Dazu müssen nicht nur disziplinäre, sondern auch akademische Grenzen überschritten werden. Die Wissenschaftler:innen akzeptieren dabei, dass es zur Lösung eines bestimmten gesellschaftlichen Problems nicht nur akademisches Wissen braucht, sondern auch z. B. Erfahrungs-/Praxiswissen („tacit knowledge“⁴³) oder Expertenwissen (also Wissen zu einem bestimmten Thema; das kann dabei verschriftlicht sein oder implizites Erfahrungswissen bedeuten) und dieses Wissen dem akademischen Wissen gleichgestellt wird.

Gleichgestellt meint hier nicht, dass es ‚gleichartiges‘ Wissen ist wie das akademische, sondern, dass dieses von der Bedeutung her für die Problemlösung gleichwertig ist. Dabei ist zu beachten, dass auch in disziplinärer Forschung ‚Erfahrungswissen‘ der Forschenden dazu kommt, was die erwähnte Unterscheidung etwas unscharf macht. Dennoch hilft diese vereinfachte Kategorisierung, um das unterschiedliche Wissen in Beziehung zu setzen und ein Bewusstsein zu erzielen und die Verständigung der beteiligten Wissensträger darüber zu ermöglichen, was als Wissen bzw. Evidenz gilt und wie dieses unterschiedliche Wissen zusammengebracht werden soll⁴⁴.

Dies stellt für Wissenschaftler:innen eine große Herausforderung dar, und das hat sich im Vorhaben TRANSENS auch gezeigt. Zum Beispiel hat TAP SAFE das Wissen von Experten im Nuklearbereich, aber auch das der AGBe oder von fachfremden (bezogen auf das Nuklearthema) angehenden Akademikern einbezogen. Das bedingte entsprechend vielfältige und angepasste Formate der Zusammenarbeit. Auffällig war andererseits, dass in der Zusammenarbeit mit den Bürgerbegleitgruppen von den Wissenschaftler:innen meist von Input, Rückmeldungen oder Perspektiven gesprochen wurde und nicht von Wissen, das hier abgegriffen wurde (vgl. Heiermann et al. (Hg.) 2024). Dem Problem, was ‚lokales‘ oder ‚Erfahrungswissen‘ ist⁴⁵ und wie die unterschiedlichen Wissensarten zueinanderstehen, welche Evidenz diesen zugestanden wird, ist in TRANSENS etwas zu wenig Rechnung getragen worden, wie nachfolgendes Zitat zeigt: „[Es wäre notwendig gewesen] die benötigten Wissenstypen im Vorfeld besser zu analysieren und abzugrenzen“ (Ebeling et al. 2024; in Heiermann et al. (Hg.) 2024). Auf dieser Erkenntnis können künftige transdisziplinäre Projekte aufbauen.

⁴³ vgl. z. B. Polanyi, M. (2009): The tacit dimension. In: Prusak, L. (Ed.) 2009: Knowledge in organisations. Routledge. S. 135-146.

⁴⁴ vgl. Raymond, C. M. (2010): Integrating local and scientific knowledge for environmental management. Journal of environmental management, 91(8), S. 1766-1777.

⁴⁵ Eine Übersicht zu Wissenstypen findet sich in Raymond 2010 (siehe vorangehende Fußnote).

Lerneffekte und Kompetenzentwicklung

Im Forschungs-Kontext nuklearer Entsorgung hat TRANSENS mit dem transdisziplinären Ansatz Neuland betreten. Ein wesentliches Element war dabei der Erwerb von transdisziplinären Kompetenzen wie dem Gestalten von td Prozessen, der Integration von wissenschaftlichem Wissen und implizitem Wissen sowie der Fähigkeit, komplexe Sachverhalte verständlich zu kommunizieren. Darüber hinaus erlernten die Forschenden, funktionale Beziehungen mit unterschiedlichen Forschungspartner:innen zu schaffen. Besonders hervorzuheben ist der Erwerb disziplinübergreifenden Wissens, insbesondere durch die Erweiterung sozialwissenschaftlicher Methodenkenntnisse bei MINT-Wissenschaftler:innen⁴⁶. Auch Soft Skills wie Kommunikation, Moderation und andere soziale Kompetenzen wurden wesentlich ausgebaut, siehe „Aus- und Weiterbildung (EDU)“.

In den transdisziplinären Teams wurden vielfältige Lerneffekte beobachtet. Diese umfassten teamorientiertes, kollaboratives, gegenseitiges und transformatives Lernen⁴⁷. Eine zentrale Rolle spielten dabei die Bürgerbegleitgruppen (s.u.), die als Lernplattform fungierten und die gesellschaftliche Relevanz der Forschungsarbeit stärkten. Sie halfen den Forschenden, ihre Perspektiven zu erweitern und ihre Soft Skills zu entwickeln. Die Bürgerbegleitgruppen wurden zunehmend befähigt, kritische und reflektierende Fragen im Sinne einer extended peer community zu stellen.⁴⁸

Lernen bzgl. der Gestaltung und Durchführung von td Prozessen

Trainings zu td Ansätzen und Methoden (vor allem die 10 steps) und Beratung zur td Anwendung, z. B. in Workshops, waren unabdingbar für die Forschenden, da bei den Meisten kaum Erfahrung zum transdisziplinären Ansatz vorhanden war. Nebst der Erzeugung von disziplinärem Wissen wurden vielfältige Kompetenzen aufgebaut, z. B. wie man einen td Prozess gestaltet, wie die Integration von wissenschaftlichem und ‚tacit-knowledge‘ gelingen kann, wie komplexe Sachverhalte alltagsverständlich kommuniziert werden können, wie die Beziehung der unterschiedlichen Forschungsbeteiligten funktional gestaltet werden kann usw. Dies wäre ohne Begleitung durch die Transdisziplinaritätsforschung kaum in dieser Fülle erreicht worden. Befragungen der verschiedenen Forschungsbeteiligten zeigen, dass der begleitenden Transdisziplinaritätsforschung (insbesondere dem ‚Support‘; vgl. Hölzle/Krütli 2024b) einige Bedeutung zugemessen wurde.

Es gibt ein weites Spektrum von ‚learnings‘ in transdisziplinären Kollaborationen (Team-, kollaboratives-, wechselseitiges-, transformatives Lernen)⁴⁹. Nebst disziplinär-methodischem Kompetenzaufbau haben viele Wissenschaftler:innen ihre td ‚learnings‘ gehabt und diesbezügliche Skills vielfältig erweitert. Dies wird durch eine Befragung der

⁴⁶ Vgl. Misra, S./ Stokols, D./ Cheng, L. (2015): The Transdisciplinary Orientation Scale: Factor Structure and Relation to the Integrative Quality and Scope of Scientific Publications. *J Transl Med Epidemiol* 3(2)

⁴⁷ Vgl. Klein, J.T. (2015): Chapter 2. Learning in Transdisciplinary Collaborations: A Conceptual Vocabulary, In: Fam, D./ Neuhauser, L./ Gibbs, P. (Hg.): *Transdisciplinary Theory, Practice and Education*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-93743-4_2

⁴⁸ Vgl. Funtowicz, S. O./ Ravetz, J. R. (1993): *The emergence of post-normal science Science, politics and morality: Scientific uncertainty and decision making*, S. 85-123: Springer.

⁴⁹ Vgl. Klein, J.T. (2015): Chapter 2. Learning in Transdisciplinary Collaborations: A Conceptual Vocabulary, In: Fam, D./ Neuhauser, L./ Gibbs, P. (Hg.): *Transdisciplinary Theory, Practice and Education*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-93743-4_2

Forschenden gestützt: Die große Mehrheit sieht sich nach TRANSENS in der Lage, td Projekte selbständig zu initiieren/durchzuführen.

Lerneffekte der Begleitgruppen

Begleitgruppen waren ein besonderes Merkmal von TRANSENS. (Seidl et al. 2024; Seidl/Drögemüller 2024a; Seidl 2024a). Neben den bereits erwähnten „soft skills“ auf Seiten der Forschenden zeigte etwa die AGBe auch auf einer inhaltlichen Ebene eine steile Lernkurve; die AGBe stellte das bei sich selbst, aber auch bei den Wissenschaftlerinnen fest. Die Sicht der AGBe selbst ist an dieser Stelle recht interessant: „Wieso sollten sich Expertinnen und Experten vor Menschen, die von einem Thema keine Ahnung haben, rechtfertigen und welchen Mehrwert sollten diese Personen überhaupt zu der eigenen Forschung beitragen? Doch wie auch der Lehrer von seinen Schülerinnen und Schülern mit der Zeit lernen kann und seine Erfahrungen in der Kommunikation und Darstellung ausbaut, trifft dies auch auf die Wissenschaft zu. Die Wissenschaft sollte durch eine transdisziplinäre Ausrichtung, gerade in einem brisanten und bevölkerungsrelevanten Thema wie der Endlagerung radioaktiver Abfälle nicht ausschließlich an altbewährten Mustern festhalten, sondern offen für neue Impulse sein, um anpassungsfähig zu bleiben. Auch wenn das gesamte Forschungsprojekt auf einer transdisziplinären Basis aufbaut, sieht die AGBe die Anwendung von Transdisziplinarität nicht in jeder Forschungsaufgabe als sinnvoll, effizient oder auch zielführend an.“ (Kramer et al. 2024)

Der Faktor Zeit spielt hier ebenfalls eine große Rolle (Heiermann et al. 2024; Bechthold/Enderle 2025). Die Anpassung der Forschungsplanung mit Blick auf unterschiedliche Wissenstypen und das höhere Gewicht des Co-Designs (s. o., insbesondere Abschnitt „Erkenntnisse zum Forschungsprozess“) sind Beispiele dafür, dass in über längere Zeiträume angelegten transdisziplinären Forschungsprozessen dem Lernen der beteiligten Wissenschaftler:innen und daraus folgenden Anpassungen Raum gegeben werden muss. Einige TRANSENS-Forschende haben moniert, dass bei der Zusammenarbeit mit den Begleitgruppen kein oder wenig (disziplinäres) Wissen durch die transdisziplinäre Zusammenarbeit erzeugt wurde. Das mag dem Umstand geschuldet sein, dass sich das Verständnis für unterschiedliche aus td Forschung entstehende Wissenstypen bei in dieser Forschung wenig erfahrenen Wissenschaftler:innen noch entwickeln muss (vgl. „Formative Transdisziplinaritätsforschung“). Eine wichtige Schlussfolgerung aus dem TAP SAFE heraus ist, dass Praxispartner:innen aus der Fachcommunity kontinuierlich in die auf disziplinäres Wissen gerichtete td Forschung einbezogen werden sollten (vgl. „Zur transdisziplinären Forschung“ im TAP SAFE).

Ergebnisse des TAP-übergreifenden Moduls EDU

Im Rahmen des Moduls Aus- und Weiterbildung (EDU) wurde in TRANSENS eine Reihe von inter- und transdisziplinär angelegten Formaten durchgeführt. Ein Schwerpunkt lag hierbei auf der (interdisziplinären) Co-Produktion von Wissen durch junge Wissenschaftler:innen verschiedener Disziplinen, sowie auf dem (transdisziplinären) Einbezug von Bevölkerung und Stakeholdern in den Prozess der Wissensproduktion.

In TRANSENS wurden 13 Promotionsvorhaben verfolgt und mehr als 20 Master-/Bachelor- und Studienarbeiten abgeschlossen. Diese jungen Menschen haben neben ihren jeweiligen

disziplinären Arbeiten im TRANSENS-Umfeld Inter- und Transdisziplinarität kennengelernt und teils aktiv mitgestaltet. Es ist aber zu konstatieren, dass die Arbeiten in der großen Mehrzahl der Fälle an jeweils nur einer Fakultät angebunden und rein disziplinär ausgerichtet waren. Das deutsche Hochschulsystem erschwert eine übergreifende Ausrichtung massiv.

Im Rahmen von Bearbeiter:innentreffen wurde in erster Linie der interdisziplinäre Austausch der Bearbeiter:innen gefördert. So konnten durch die gegenseitige Vorstellung der Promotionsvorhaben in der Anfangszeit des Projektes erste Kontakte für interdisziplinären Austausch geknüpft und ein Überblick über die bearbeiteten Themen gewonnen werden.

Es wurde ein Konzept für eine interdisziplinäre Ringvorlesung mit allen Projektbeteiligten erarbeitet und während der Projektlaufzeit insgesamt vier Mal (Wintersemester 2021-Sommersemester 2024, sowie Wintersemester 2024-laufend) umgesetzt. Disziplinär spannte die Ringvorlesung den Bogen von den technischen Grundlagen zu den ethischen, sozio-ökologischen, ökonomischen, juristischen und politischen Implikationen der nuklearen Entsorgung, insbesondere der Suche nach einem geeigneten Standort für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Die ursprünglich analoge Lehr-Veranstaltung wurde dabei – zunächst für die leichte Zugänglichkeit durch alle Projektpartner und als Umgang mit der Covid-19-Pandemie – auf ein hybrides- (online und Präsenz) Format umgestellt (vgl. „Aus- und Weiterbildung (EDU)“).

Es wurden zwei Sommerschulen organisiert und im Physikzentrum Bad Honnef durchgeführt. Die erste Sommerschule vom 19.08.-22.08.2022 fand unter dem Titel „Transdisciplinary research for nuclear waste disposal – Science meets society“ statt.⁵⁰ Die zweite Sommerschule mit dem Titel „Going Beyond – Requirements for long-term strategies“ wurde vom 13.08.-20.08.2023 durchgeführt.⁵¹ Diese Sommerschule wurde durch die thematische Ausrichtung und unter Einbezug von BGE, BASE und BGZ als konsultierende Partner stark transdisziplinär ausgerichtet und stellt in dieser Form eine Innovation dar (vgl. „Aus- und Weiterbildung (EDU)“).

Die Sommerschulen richteten sich primär, aber nicht ausschließlich, an internationale Studierende, sowohl aus dem Projekt TRANSENS, als auch aus dem Ausland. Die Sommerschulen wurden darüber hinaus für eine Teilnahme von Akteuren außerhalb von TRANSENS und insbesondere auch für interessierte Bürger:Innen geöffnet.

Die interne Weiterbildung zur Transdisziplinarität wurde – mit allen TAPs – durch die Durchführung von insgesamt fünf Workshop Trainings der 10 steps à ca. 6 Stunden durchgeführt.

Fazit

Auf individueller Ebene fühlte sich die Mehrheit der Forschenden nach dem Projekt in der Lage, transdisziplinäre Projekte eigenständig zu initiieren und durchzuführen. Allerdings stellte die ungleiche Verteilung der MINT- und SGW-Disziplinen eine Herausforderung dar, da Wissenschaftler:innen der disziplinären Minderheit häufig eine beratende Rolle

⁵⁰ <https://www.transens.de>

⁵¹ ebd.

einnahmen (vgl. Abschnitt „Grundlagen des Herangehens“), was den individuellen Lernprozess beeinflusste.⁵²

Trotz dieser Erfolge gab es Einschränkungen. Die Vorgaben der Projektförderer schränkten den Austausch mit Praxisakteuren erheblich ein (vgl. Abschnitt „Bezug zum Standortauswahlverfahren“), was das Potenzial der Co-Produktion sowie die Lernmöglichkeiten begrenzte. Die Ermöglichung der Wissensintegration und die systematische Reflexion intra-personaler Faktoren sollten in künftigen Projekten verstärkt adressiert werden, um transdisziplinäre Ansätze besser zu verankern⁵³ (vgl. Krütli 2024).

Das Thema nukleare Entsorgung beschäftigt uns weiter und noch lange. Insgesamt hat TRANSENS wesentlich zum Kompetenzaufbau beigetragen und eine wertvolle Lernumgebung geschaffen, trotz der bestehenden Herausforderungen. Es wurden hier neue und vielfältige Kompetenzen aufgebaut (trotz erwähnter Einschränkungen), an der Schnittstelle Wissenschaft – Gesellschaft zu arbeiten. Dieses Potential sollte genutzt und weiterentwickelt werden – zum Nutzen der Problemlösung (vgl. Hölzle/Krütli 2024b).

⁵² vgl. Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. *GAIA*, 26(1), 43-51. doi: 10.14512/gaia.26.1.10.

⁵³ vgl. Nowotny, H./Scott, P.B./Gibbons, M.T. (2001): *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. Wiley

6.Zentrale Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

Ergebnisse und Wirkung transdisziplinärer Forschung im Vorhaben TRANSENS

TRANSENS hat gezeigt, dass transdisziplinäre Forschung – also Forschung unter Einbezug von Partner:innen von außerhalb des Wissenschaftssystems – einen Beitrag dazu leisten kann, die soziotechnischen Prozesse in Zusammenhang mit der nuklearen Entsorgung (besser) zu verstehen. Im Rahmen transdisziplinärer anwendungsorientierter Grundlagenforschung wurden wichtige Ergebnisse zur weiteren Gestaltung des Entsorgungspfades in Deutschland erzielt (siehe Teil II und Teil III), auch wenn angesichts des stark experimentellen Charakters Reibungsflächen und vereinzelt Sackgassen im Vorhaben unvermeidlich waren.

Innerhalb des Wissenschaftssystems ist transdisziplinäre Forschung nur möglich, indem disziplinäre Grenzen überschritten und neue Forschungsparadigmen angewendet werden. Die Ergebnisse von TRANSENS lassen sich daher nur zu einem Teil in klassischen wissenschaftlichen Produkten wie Publikationen in Fachzeitschriften, die ein Peer-Review-Verfahren durchlaufen haben, messen. Mit den TRANSENS-Berichten wurde darüber hinaus eine den Spezifika des Vorhabens angemessene Reihe von Veröffentlichungen geschaffen, deren Autor:innen hinsichtlich der fachlichen Ausrichtung und des Umfangs mehr Freiheiten und damit auch mehr Möglichkeiten hatten, als dies bei Publikationen in Fachzeitschriften der Fall gewesen wäre. Jeder dieser Berichte hat einen dreistufigen inter- und in Teilen transdisziplinären Reviewprozess durchlaufen (zum breiten Spektrum der Veröffentlichungen vgl. Teil III).

Im Vorhaben wurde mittels disziplinärer, interdisziplinärer und transdisziplinärer Aus- und Weiterbildung ein Beitrag zu Nachwuchsförderung und Kompetenzerhalt geleistet (siehe „Wissensgenese und Kompetenzaufbau“ sowie „Aus- und Weiterbildung (EDU)“). Über die disziplinäre und interdisziplinäre Ausbildung hinaus bauten Nachwuchswissenschaftler:innen nicht nur Wissen zur Kommunikation mit Praxisakteuren und interessierter Öffentlichkeit sowie zur Gestaltung und Durchführung von partizipativen und transdisziplinären Formaten auf, sondern stärkten auch wesentlich ihre interdisziplinäre Kompetenz und die für eine qualitativ hochwertige und resiliente Forschung erforderliche Selbstreflexion.

Durch Einbezug von Partner:innen, die sich normalerweise außerhalb des Wissenschaftssystems bewegen, durch die Beteiligung an wissenschaftlichen Konferenzen und Partizipationsformaten und durch Angebote wie die interdisziplinäre Ringvorlesung und die Sommerschulen hat TRANSENS zur Verbreitung und Vertiefung von Wissen zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle beigetragen und Wirkung erzielt. Diese und weitere Reflexionsräume (z. B. Workshops) wurden auch durch Verfahrensakteure genutzt, Personen wurden informiert, nahmen Möglichkeiten zum Austausch wahr und wurden zum Engagement im Verfahren motiviert.

Im Vorhaben wurden eine Vielzahl von Methoden und Inhalten sowie die Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Td-Partner:innen systematisch erprobt und die Eignung der Ansätze für den jeweiligen Zweck evaluiert. Eine große Vielfalt von Erkenntnissen wurde gewonnen

dazu, wie td Entsorgungsforschung ausgestaltet werden kann, welche Ergebnisse aus dieser Forschung zu erwarten sind und wie sie in das StandAV hineinwirken kann. Auch wenn die Übertragbarkeit einzelner Ergebnisse auf das StandAV ggf. noch zu untersuchen bzw. zu belegen ist und entsprechende Transferleistungen erforderlich sein werden, lassen sich über die in Teil „II. THEMENKORRIDORE, TRANSDISZIPLINARITÄTSFORSCHUNG SOWIE AUS- UND WEITERBILDUNG“ zusammengefassten Ergebnisse hinaus die nachfolgend dargelegten zentrale Erkenntnisse ableiten.

Schlussfolgerungen zur Gestaltung und Förderung transdisziplinärer Entsorgungsforschung

Bei künftiger td Entsorgungsforschung sollten – über eine Verständigung im Rahmen der Antragstellung hinaus – die zugrunde gelegten Transdisziplinaritätsansätze auch weiterhin in der Anfangsphase reflektiert, insbesondere mit Nachwuchswissenschaftler:innen diskutiert und so ein gemeinsames Verständnis sichergestellt werden, um Reibungsverluste und Fehlorientierungen zu vermeiden.

Wissensintegration insbesondere im inter- und transdisziplinären Kontext ist nicht trivial. Es müssen disziplinäre Paradigmen, aber auch individuelle Perspektiven und Denkmuster überwunden oder überbrückt werden. Daher ist eine frühzeitige und systematische Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Wissensarten (z. B. Spezialistenwissen, Systemwissen, Transformationswissen, Zielwissen) notwendig, um deren Bedeutung und den Beitrag zur Lösung des anvisierten Problems zu verstehen. Für interdisziplinäre Verständigung als essenzieller Grundlage transdisziplinärer Forschung sind angesichts von Unterschieden in disziplinären Wissenschaftskulturen und Epistemiken genügend Raum, Zeit und Ressourcen einzuplanen.

Die formative Begleitung durch die Transdisziplinaritätsforschung und Anpassungen aufgrund der Ergebnisse der Selbstevaluation waren wichtige Erfolgsfaktoren. Begleitende Forschung zum transdisziplinären Forschungsprozess ist vor allem bei größeren und diversen Vorhaben unabdingbar. Diese sollte nicht nur eine analytische Komponente beinhalten, sondern auch gestalterisch wirken. Um Rollenkonflikte zu vermeiden, ist eine klare Trennung zwischen Analyse und Gestaltung erforderlich.

Wesentlich für eine erfolgreiche Forschung ist eine sorgfältige Auswahl der Td-Partner:innen, wobei die Motivation an der Forschung mitzuwirken eine zentrale Rolle spielt. Ein Fokus auf längerfristiger Zusammenarbeit und weniger auf der spezifischen Rekrutierung von Bürger:innen für einzelne Formate ist erfolgversprechender in Bezug auf die Gewinnung von Partner:innen und von Vorteil, wenn Themen der Entsorgung vertieft bearbeitet werden sollen.

Zentrale Anforderungen an akademisch Forschende im Bereich TD sind die Bereitschaft, anderen Menschen Wertschätzung entgegenzubringen, eine Offenheit für neue Erfahrungen und andere Perspektiven sowie die Fähigkeit und die Bereitschaft, flexibel und kreativ Lösungen zu entwickeln.

TRANSENS war ein außergewöhnlich großes Verbundvorhaben mit vielfältiger Expertise. Eine Vielfalt von Disziplinen erscheint angemessen, um der Komplexität des Problems gerecht zu werden. Größe und Vielfalt haben u. a. zur Sichtbarkeit des Vorhabens und auch

zur Wahrnehmung als unabhängiger Forschungsverbund wesentlich beigetragen. Im Vorhaben wurden neue Räume für Diskurse geschaffen und wichtige Beiträge zur Aus- und Weiterbildung geleistet. TRANSENS hat – insbesondere mit den Sommerschulen und der Abschlusskonferenz – eine beachtliche Wirkung über die Grenzen des Vorhabens hinaus erzielt. Beides wäre in kleineren Vorhaben nicht in gleicher Weise möglich gewesen. In kleinen Clustern sind jedoch Begegnung, Diskussionen und Einvernehmen z. B. zum TD-Verständnis und –Konzept leichter zu erreichen als in einem großen Verbund. Für größere Projekte empfiehlt es sich, mit einem kleineren Kernteam zu operieren, das aber im Projektverlauf punktuell zusätzlich notwendige Expertise beizieht; dafür müssten die notwendigen Projektmittel eingeplant werden.

Die TRANSENS zugrunde liegende Förderlogik erlaubte kein eigentliches Co-Design. Das Konzept des Themenkorridors hat jedoch – auch dank des Verständnisses und der Offenheit für den Forschungstypus bei Projektträger und fördernden Institutionen – im Wesentlichen funktioniert. Es ergaben sich aber auch Spannungsfelder zwischen Förderlogik einerseits und den Besonderheiten von td Ansätzen (Notwendigkeit von Co-Design und laufenden Anpassungen von Forschungsdesign und Themen) andererseits. Der Umgang mit dieser Problematik ist auf der Basis guter Verständigung mit den Projektförderern und mittels Ansätzen wie dem des Themenkorridors insgesamt gelungen. Die Forschung unter Pandemievorsetzungen erwies sich als Herausforderung, hat sich aber auch als Chance erwiesen, mit neuen Methoden und Werkzeugen transdisziplinär zu experimentieren.

Für eine wirksame Förderung künftiger transdisziplinärer Forschung wäre eine Anpassung der Fördermechanismen aus einer Reihe von Gründen hilfreich: So wurde von involvierten Praxisakteuren mehr Praxisnähe der Forschung angemahnt, während andererseits das zugrundeliegende Förderprogramm einen Abstand vom StandAV erforderte. In künftiger td Forschung sollten außerdem weitere Schritte zum Einbezug von Praxispartner:innen, insbesondere StandAV-Akteuren, auch bereits beim Erarbeiten der Forschungsagenda (Co-Design) unternommen werden. Laufende Anpassungen von Forschungsdesign und Themen sind notwendig und waren in Zusammenarbeit mit den Bürgerbegleitgruppen auch ein Vertrauensfaktor. Die Förderinstrumente sollten daher Co-Design ermöglichen und mehr Flexibilität erlauben, als dies bei disziplinären und interdisziplinären Projekten erforderlich ist. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach anderen Mechanismen und nach anderen Logiken für eine Rechenschaftspflicht.

Letztlich bietet eine langfristig und kontinuierlich geförderte Forschung vermutlich den geeigneteren Rahmen für td Ansätze als eine eng befristete Projektförderung. Dies gilt auch, wenn eine Annäherung von transdisziplinärer Forschung und Partizipation, etwa in Reallaboren^{54,55}, erreicht werden soll (s. u.).

⁵⁴ Wagner, F./ Grunwald, A. (2015): Reallabore als Forschungs- und Transformationsinstrument. Die Quadratur des hermeneutischen Zirkels. GAIA 24/, S. 26–31

⁵⁵ Grunwald, A./ Schäfer, M./ Bergmann, M. (2020): Neue Formate transdisziplinärer Forschung. Ausdifferenzierte Brücken zwischen Wissenschaft und Praxis. GAIA 29/2 (2020), S. 106-114

Bezug zum Standortauswahlverfahren, zum Entsorgungspfad und darüber hinaus

Die Möglichkeit einer Annäherung von transdisziplinärer Forschung und Partizipation im StandAV, etwa in Reallaboren, sollte in Betracht gezogen werden. Die Bildung langfristiger Partnerschaften ist im Sinne eines stetigen kontinuierlichen Austauschs und Wissenszuwachses von Vorteil – dies gilt sowohl für td Forschung (erkennbar am Beispiel der Bürgerbegleitgruppen⁵⁶) als auch für Partizipation, wie Beispiele aus der Schweiz und aus Schweden zeigen. Der Einbezug von extended peer communities z. B. in Reviewprozesse kann Perspektiven weiten und ändern und so zur Steigerung der Qualität von Prozessen und Ergebnissen beitragen.

Dazu wäre zunächst zu prüfen, welche Möglichkeiten das StandAV eröffnet und wo die rechtlichen Grenzen solcher Beteiligungsformen liegen. Zu klären wären insbesondere die Beziehung zu den gesetzlich vorgesehenen Beteiligungsformaten. Denkbar wären z. B. die Schaffung wissenschaftlich-technischer Ausschüsse der Regionalkonferenzen nach § 10 Standortauswahlgesetz oder – organisatorisch weniger aufwändig – eines solchen Ausschusses der Fachkonferenz Rat der Regionen nach § 11. Die Rechte solcher Gruppen und die Regeln für solche Formate wären dann noch zu formulieren, und es wäre zu klären, ob und ggf. inwieweit in derartigen Formaten eine Verschränkung von Forschung und Beteiligung zum Tragen kommen sollen. Eine diesbezügliche Rollenklärung und deren klare Kommunikation wäre unabdingbar: Es wäre zu entscheiden, in wie weit wissenschaftliche Forschung (ggf. auch im Auftrag von Akteuren) durchgeführt werden soll oder in wie weit es sich um wissenschaftlich begleitete Partizipation von Akteuren im StandAV handelt. Zu berücksichtigen ist auch, dass td Forschung mit einer größeren Nähe zum Verfahren oder eine Verknüpfung von Forschung und Partizipation dazu führen würde, dass diese nicht mehr in gleichem Maße als unabhängig wahrgenommen würde, wie es für TRANSENS der Fall war.

Td Arbeit regt eine Selbstreflexion aller Beteiligten an (TRANSENS 2023, 14 und 19f.), kann Qualität, Legitimität und Anerkennung von Entscheidungen verbessern und leistet damit einen Beitrag zur Erzielung von robusten und resilienten Entscheidungen. Daher ist der Einbezug von td Formaten, die auch extended peer communities einbinden, auf dem Entsorgungsweg generell empfehlenswert.

Die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus TRANSENS auf andere gesellschaftlich relevante Problembereiche sollte geprüft werden.

⁵⁶ In diesem Zusammenhang ist allerdings einzuräumen, dass die für den Erfolg der Bürgerbegleitgruppen wichtige systematische mehrstufige kriteriengestützte Rekrutierung unter den Bedingungen von Reallaboren kaum möglich wäre.

II. THEMENKORRIDORE, TRANSDISZIPLINARITÄTS- FORSCHUNG SOWIE AUS- UND WEITERBILDUNG

TAP Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (HAFF)

Prozessqualität im Verfahren der nuklearen Entsorgung

Ausgangspunkt für das transdisziplinäre Arbeitspaket HAFF waren die Arbeiten der Endlagerkommission und das Standortauswahlgesetz (StandAG), die lineare Entwicklungsvorstellungen zurückstellten und stattdessen ein Verfahren forderten, das reversibel anhand von Qualitätskriterien wie Wissenschaftsbasiertheit und dem lernenden Verfahren reflektiert und ausgestaltet wird. Dies bedeutet, dass Entscheidungsprozesse systematisch von Flexibilität und Sicherstellung robuster Handlungsfähigkeit bestimmt sein müssen. HAFF hat sich innerhalb dieses Themenkorridors vertieft mit Zukunftspfaden der nuklearen Entsorgung, raumsensiblen Governance-Strukturen sowie Infrastruktur-Merkmalen auseinandergesetzt.

Im Gesamtprozess des Verfahrens nach StandAG sind – so die Interpretation des HAFF-Autor:innen-Teams – mehrere Integrationsleistungen sicherzustellen. Neben den sicherheitstechnischen Festlegungen der Standortauswahl müssen die Prozessqualität und die Ausgestaltung des jeweils nächsten Verfahrensschrittes regelmäßig beraten und überprüft werden. Dies bietet mehrere Vorteile: Zum einen, weil ein *lernendes Verfahren* das Einarbeiten neuer Wissensstände als kontinuierlichen Vorgang vorsieht. Zum anderen wird gewährleistet, dass so die festgelegten Qualitätskriterien des Verfahrens eingehalten und bei Bedarf Anpassungen oder sogar alternative Vorgehensweisen entwickelt und mitgedacht werden. Im TAP HAFF wurden dazu verschiedene Schwerpunkte gesetzt: (a) die Identifikation von *Zukunftspfaden* mit grundsätzlichen Handlungsoptionen für die nukleare Entsorgung, (b) die Entwicklung von Formen des *Lernens* und der *kollaborativen Zusammenarbeit*, (c) Konzepte von *Haltepunkten* und *Long-term-Governance*, (d) die Bedeutung von *Raumwirkungen* und *raumsensibler Governance*, (e) *Zwischenlagerung* als Teil der nuklearen Entsorgungskette, (f) eine einzuhaltende *Fehlerkultur* unter Berücksichtigung psychologischer Hemmnisse, (g) der Bedarf einer frühzeitigen *Endlagerbehälterentwicklung* und (h) Lebensdauermanagement von Infrastrukturanlagen.

Im Zusammenhang mit der in HAFF durchgeführten Forschung wurde deutlich, dass das gesamte Verfahren betrachtet werden muss – von der aktuellen Situation mit absehbar verlängerter Zwischenlagerung über die Standortauswahl bis hin zur Einlagerung und zum Verschluss. Um das Risiko unnötiger Pfadabhängigkeiten und irreversibler Folgen möglichst gering zu halten, ist es wichtig, dass Entscheidungen kontinuierlich gut begründet werden und dass auf erkannte Fehlentwicklungen im Sinne der Reversibilität nach StandAG angemessen reagiert werden kann. Um das Ziel der sicheren Entsorgung zu erreichen, ist weiterhin über den gesamten Verlauf des Verfahrens die Handlungsfähigkeit der zentralen Akteure sicherzustellen. Handlungsfähigkeit bedeutet, dass die zentralen Akteure des Standortauswahlverfahrens flexibel auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse, technische Entwicklungen und unvorhergesehene Ereignisse reagieren können. Handlungsfähigkeit wird über einen Prozess erreicht, in welchem Problemlösungsansätze dialogisch entwickelt und im Rahmen einer gemeinsam erarbeiteten Sicherheits- und Fehlerkultur beraten werden. Für eine hohe Prozessqualität ist es entscheidend, die im StandAG festgelegten

Standards angemessen umzusetzen und entsprechende Kontrollmechanismen und Formate der gemeinsamen Beratung zu etablieren. Dies umfasst auch ein System von 'checks and balances', das sowohl Expert:innen als auch die interessierte Öffentlichkeit und Stakeholder integriert. Um dies über den gesamten Zeitraum der nuklearen Entsorgung zu gewährleisten, ist eine kontinuierliche Überprüfung und Reflexion des Vorgehens sowie des soziotechnischen Prozesses als Ganzes entscheidend.

Methodisches Vorgehen des TAP HAFF

Die Forschung im TAP HAFF zielte darauf ab, soziotechnische Fragestellungen innerhalb des Themenkorridors zu identifizieren und diese problemorientiert und systematisch zu bearbeiten. Neben der Identifikation der präzisen wissenschaftlichen Fragestellung⁵⁷ wurden vorhandene Wissensbestände disziplinär und interdisziplinär aufgearbeitet. Transdisziplinär wurden einzelne Themen in Hinblick auf Problemwahrnehmung und mögliche Lösungen zusammen mit verschiedenen Td-Partner:innen vertieft.

Nach einer umfassenden internen interdisziplinären Verständigung wurden Schlüsselbegriffe identifiziert und grundlegende gemeinsame Forschungsfragen und -themen herausgearbeitet, die die Verfahrensgestaltung der nuklearen Entsorgung maßgeblich beeinflussen⁵⁸. Das Transdisziplinaritätsverständnis im TAP HAFF basiert auf der Erwartung, dass die Integration unterschiedlicher Perspektiven auf die Verfahrensgestaltung zu produktiven Diskussionen zwischen den Praxisakteuren führt. Insgesamt zeichnet sich das transdisziplinäre Vorgehen im TAP HAFF durch ein plurales Vorgehen aus: Entsprechend der jeweiligen Unterfragestellung wurden passende td-Formate entwickelt, durchgeführt und ausgewertet. Das gesamte Vorgehen wurde im Forschungsverlauf dynamisch angepasst, wobei auf ein einheitliches Vorgehen sowie eine feste und kontinuierliche Begleitung durch Td-Partner:innen verzichtet wurde. Zum Teil waren die Fragestellungen so angelegt, dass sie nur von Praxisakteuren, also Akteursgruppen, die mit dem Verfahren zur Standortauswahl unmittelbar befasst sind, durchgeführt werden konnten. Fragen mittelfristiger Verfahrensgestaltung sind dafür ein Beispiel. In anderen Situationen wurde stärker auf Laien mit besonderer Betroffenheit oder speziellem Interesse z. B. an der Regional- und Raumentwicklung abgestellt. Gleichzeitig machten die HAFF-Teams die Erfahrung, dass es für dialogische wissenschaftliche Formate zunehmend schwieriger wird, sowohl Expert:innen, Stakeholder-Vertreter:innen und Bürger:innen zu rekrutieren. Entsprechend wurde darauf durch gezielte Nachrekrutierungen (z. B. unter Studierenden) reagiert.

Im Modul 1, das sich mit „Handlungsfähigkeit im Standortauswahlverfahren und Betriebsphase“ befasst, wurden verschiedene thematische Schwerpunkte (Verwaltungshandeln (Kirchhof/Koshelev 2023), Entsorgungspfade (Scheer et al. 2024), Lernendes Verfahren⁵⁹, Kollaborative Problembearbeitung (Bechthold/Enderle 2024) jeweils mit angepassten empirischen Methoden untersucht. Dazu zählen Interviews und Workshops mit Expert:innen und Td-Partner:innen aus Praxis und Zivilgesellschaft. Im

⁵⁷ Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017). Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. *GAiA*, 26(1), 43–51. <https://doi.org/10.14512/gaia.26.1.10>

⁵⁸ Ausführlich zum transdisziplinären Vorgehen sowie zur interdisziplinären Verständigung des TAP HAFF siehe Hocke et al. 2021.

⁵⁹ Dies war etwa das Thema des folgenden Workshops: Smeddinck, U.; Hocke, P.; Bechthold, E. (2023): Das lernende Verfahren: Eine Aufgabe für alle. Workshop AG 5 beim 2. Forum Endlagersuche, Halle, 18.11.2023.

Modul 2 zu „Raumwirkungen und Governance“ wurde eine mehrteilige Workshop-Reihe mit aufeinander aufbauenden Themen und unterschiedlichen Methoden durchgeführt (Ortsbezogenheit in Regionen, Wahrnehmungen von Oberflächenanlagen, Zukunftsbild Endlagerstandort – siehe Mbah/Kuppler 2021, 2024). Hierbei wurden unterschiedliche Praxisakteure beteiligt: Bürger:innen und Stakeholder aus drei ausgewählten Regionen Deutschlands, Studierende der Universität Kassel, Mitglieder der Bürgerbegleitgruppen und deutsche Beteiligte und Stakeholder des Schweizer Sachplanverfahrens Geologische Tiefenlager. Die Teilprojekte aus Modul 3 „Konzeptionelle Grundlagen und Basisinformationen“ wurden durch Aufbereitung des Forschungsstandes bearbeitet, während die Inhalte von Modul 1 und 2 transdisziplinär bearbeitet wurden.

Zentrale Ergebnisse des TAP HAFF

Im TAP HAFF wurde eine breite Palette von Themen bearbeitet. Die folgende Darstellung in Form von zentralen Erkenntnissen fasst diese zunächst jeweils kurz und prägnant zusammen (a.). Anschließend wird der Bezug zur übergeordneten Thematik des TAP HAFF „Handlungsfähigkeit und Flexibilität im Verfahren“ dargestellt (b.) sowie Schlussfolgerungen und weiterführende Fragen (c.) formuliert, die sich aus der Forschung ergeben.

1. Durch Zukunftspfade Handlungsoptionen aufzeigen

- a. Die Identifikation und Analyse von Zukunftspfaden liefern plausible Lösungswege für denkbare und erwartbare Herausforderungen bei der nuklearen Entsorgung. Dabei wurden folgende Fragestellungen untersucht: Welche unterschiedlichen Entsorgungspfade für hochradioaktive Abfälle lassen sich im deutschen Kontext identifizieren? Und lassen sich aus einer pfadvergleichenden Analyse übergreifende Strategien der Ungewissheitsbewältigung bei diesen Entsorgungspfaden erkennen? Entscheidend ist, das gesamte Entsorgungssystem zu betrachten, um Pfadabhängigkeiten und Handlungsnotwendigkeiten frühzeitig zu erkennen und in die Wege zu leiten (Scheer et al. 2024). Ein integratives Konzept, das Phasen sowohl vor als auch nach der Standortentscheidung ausweist und berücksichtigt, ist daher zentral.
- b. Es besteht die Gefahr einer Verengung. Die Fixierung auf ein rein legalistisches Vorgehen schränkt Beratungs- und Handlungsräume ein, da Optionen ausgeschlossen werden, die im bestehenden rechtlichen Rahmen nicht vorgesehen sind.
- c. Es ist notwendig, den Betrachtungsraum der nuklearen Entsorgung über das Standortauswahlverfahren hinaus zu erweitern. Dies umfasst die Zwischenlagerung und das Behältermanagement ebenso wie die Betriebsphase mit Monitoring.

2. „Lernen“ als Verfahrensmerkmal noch sehr unbestimmt

- a. Bisher besteht kein gemeinsames Verständnis unter den zentralen Akteuren darüber, was das *Lernende Verfahren* auf interorganisationaler Ebene beinhaltet. Die konkrete Ausgestaltung ist erst sehr schwach erkennbar. Die Grundidee von Lernen beinhaltet, dass die Erkenntnisse eines gemeinsamen Lernprozesses genutzt werden, um das Verfahren reflektiert zu verändern oder zu optimieren (Smeddinck

et al. (Hg.) 2022). Der Anspruch, ein *Lernendes Verfahren* umzusetzen, zielt auf die Entwicklung von dialogischen und entscheidungsvorbereitenden Kompetenzen bei den unterschiedlichen Akteuren. Akteure werden herausgefordert, ihre strategischen Ziele und die Begründungen für ihr Vorgehen dialogisch zu beraten und weiterzuentwickeln. Dies gibt Öffentlichkeit und Zivilgesellschaft die Möglichkeit der Kommentierung oder des Widerspruchs, indem sie sich auf diesen Anspruch beziehen können, um letztlich die Qualitätsanforderungen an den Prozess umzusetzen.⁶⁰

- b. Lern- und Reflexionsräume sind eine Gelingensbedingung für kollektive Handlungsfähigkeit im Standortauswahlverfahren. Durch die Möglichkeit des Modifizierens über einen ergebnisoffenen Lernprozess wird die Verfahrensqualität erhalten. Entscheidend dafür ist es, dass Argumente, Schwierigkeiten, Spannungsfelder, Fehler und Pannen offen diskutiert und beraten werden.
- c. Weiterführend sollte eine Fehler- und Sicherheitskultur konzeptualisiert werden: sowohl auf inter- also auch auf intraorganisationaler Ebene. In die Entwicklung eines solchen Konzepts sollten mit Blick auf das partizipative Verfahren die Zivilgesellschaft und die Öffentlichkeit dialogisch einbezogen werden.

3. Kollaborative Formen der Zusammenarbeit entwickeln

- a. Das komplexe und anspruchsvolle Projekt des Standortauswahlverfahrens erfordert eine produktive Zusammenarbeit der Beteiligten, um aktuellen und zukünftigen Herausforderungen zu begegnen. Für eine gemeinsame Problemwahrnehmung und Lösungsfindung ist eine kollaborative Zusammenarbeit der zentralen (Praxis-)Akteure erforderlich, die gestärkt wird durch eine regelmäßige Verständigung über die übergeordnete Zielsetzung (Enderle/Bechthold 2023). Um den anspruchsvollen Attributen des StandAG partizipativ, wissenschaftsbasiert, transparent, selbsthinterfragend und lernend gerecht zu werden, bedarf es angepasster Formen der Zusammenarbeit sowie Räume der deliberativen Beratung, der Entscheidungsvorbereitung sowie des Austauschs über bisherige Erfahrungen. Ausgehend von den jeweiligen Perspektiven der Beteiligten kann eine gemeinsame Problemwahrnehmung und darauf aufbauend ein gemeinsamer Lösungsansatz entwickelt werden.
- b. Durch die Erfahrung von erfolgreicher Problembearbeitung wird die Handlungsfähigkeit der Akteure eines soziotechnischen Vorhabens wie der Endlagersuche erhöht. Indem eine dialogische Herangehensweise eingeübt wird und die verschiedenen Perspektiven anerkannt werden, wird das gegenseitige Vertrauen gestärkt und der Umgang mit Dissens und Meinungsverschiedenheiten erleichtert.
- c. Mit transdisziplinären Ansätzen ist vertieft zu untersuchen, inwiefern und unter welchen Voraussetzungen dialogische Beratungsprozesse für die Akteure zur Lösungsfindung von vertrackten Problemen und Themen mit besonderer Ungewissheit geeignet sind.

⁶⁰ Dies war etwa Thema des folgenden Workshops: Smeddinck, U./Hocke, P./Bechthold, E. (2023): Das lernende Verfahren: Eine Aufgabe für alle. Workshop im Rahmen des 2. Forum Endlagersuche, Halle, 17./18.11.2023.

4. Haltepunkte im Verfahren etablieren

- a. Haltepunkte bieten für langfristige Prozesse wie die nukleare Entsorgung eine Struktur, innerhalb derer der Fortgang regelmäßig gründlich überdacht wird sowie neue Herausforderungen und Problemstellungen identifiziert werden, für die es angepasste Lösungsstrategien zu entwickeln gilt. Durch die im Zuge des angekündigten größeren Zeitbedarfs entstandenen Diskussionen im Kreis der zentralen Akteure des StandAV und darüber hinaus wurde der Bedarf an Reflexionsräumen und Evaluierungsmöglichkeiten deutlich. Deswegen sollte ein Haltepunkt-Konzept vereinbart werden, bei dem sowohl verabredete Zeitpunkte festgelegt als auch ein Rahmen definiert wird, um in kritischen Situationen Haltepunkte einberufen zu können. Periodische und aus aktuellem Anlass einberufene Haltepunkte dienen der Problemwahrnehmung, der Lösungsfindung sowie der Vorausschau. Sie inhaltlich sowie durch den Kreis der beteiligten Akteure zu definieren, ist bislang eine Leerstelle im Prozess der nuklearen Entsorgung. Sie könnten mindestens an formale Anforderungen wie beispielsweise Genehmigungen (z. B. der Zwischenlager nach 40 Jahren), Periodische Sicherheitsüberprüfungen alle 10 Jahre oder den Abschluss der einzelnen Phasen im Standortauswahlprozess anschließen (Hocke et al. 2021). Indem auf diese Weise das Gesamtsystem Entsorgung reflektiert wird, geht ein solches Konzept über die Funktion bereits derzeit rechtlich vorgeschriebener Haltepunkte hinaus.
- b. Durch strukturierte Reflexionsräume und Evaluierungsmöglichkeiten eines Haltepunkt-Konzepts wird die Widerstandsfähigkeit gegenüber negativen Entwicklungen ausgebaut sowie vorausschauendes Handeln eingeübt, sodass negative Auswirkungen künftiger Ereignisse begrenzt werden können. Ein solches Konzept trägt zur Resilienz des Verfahrens bei und fördert die Fähigkeit der zentralen Akteure, auf unerwartete Situationen flexibel zu reagieren.
- c. Für einen Gesamtprozess mit Haltepunkten braucht es ein Governance-Konzept, welches gesellschaftliche Mitsprachemöglichkeiten mit einbezieht. Die bisherigen Erfahrungen aus dem Standortauswahlverfahren zeigen, dass eine Umsetzung und Realisierung der darin formulierten Attribute partizipativ, wissenschaftsbasiert, transparent, selbsthinterfragend und lernend immer wieder neu verhandelt, untereinander in Beziehung gesetzt und eingefordert werden. Offen ist, wie ein Haltepunkt-Konzept für den gesamten Entsorgungsprozess ausgestaltet werden kann.

5. Raumwirkungen einbeziehen in robuste Governance-Strukturen

- a. Infrastrukturen wie ein Endlager für hochradioaktive Abfälle verändern die Landschaft, deren Wahrnehmung und damit verbundene sozioökonomische Praktiken langfristig. Diese Transformationen durch Infrastrukturen finden in einem spezifischen Setting statt, das auf lokaler und regionaler Ebene durch räumliche Identitäten, sog. Ortsidentitäten oder im Englischen ‚place attachments‘, geprägt sind. Place attachment bezieht sich auf den individuellen oder kollektiven Wert, der einem Ort oder einer Region zugeschrieben wird. Bei besonders ausgeprägter Verbundenheit zu einer Region oder einem Ort fallen Reaktionen auf Veränderungen stärker aus – sowohl positiv unterstützend als auch negativ-ablehnend. Die mit

einem Endlager einhergehenden räumlichen Veränderungen sind langfristig und in Deutschland – aufgrund der kontroversen Historie um die Kernenergienutzung und Entsorgung radioaktiver Abfälle – negativ besetzt und eng mit potenziellen Risiken verknüpft. Raumwirkungen verändern sich über die Zeit (im Standortauswahlverfahren, in der Bauphase, während des Betriebs und bei bzw. nach Verschluss und Stilllegung).

- b. Diese Wirkungsbeziehungen und ihre Dynamik können über Aspekte des place attachments auf lokaler und regionaler Ebene erfasst werden und sollten in den einzelnen Phasen kontinuierlich in eine raumsensible Long-term Governance einbezogen werden. Dies trägt zur Prozessqualität und damit zur Handlungsfähigkeit in den jeweiligen Phasen bei (Mbah/Kuppler 2024). In jeder Phase des Entsorgungssystems braucht es eine intensive Befassung mit dem jeweiligen Kontext (Akteure, Institutionen, Rahmenbedingungen, Wirtschaft, Gesellschaft, Verbundenheit und daraus entstehende Bedarfe, etc.), um Orientierungen für Entscheidungshandeln zu geben. Diese intensive Befassung mit dem Kontext erfordert partizipative Elemente einer Long-term Governance, um nicht nur informierte, sondern auf Mitgestaltung beruhende passfähige, auch auf zukünftig erwünschte Entwicklungen und Bedarfe gerichtete Entscheidungen treffen zu können. Um langfristig Handlungsfähigkeit für eine sichere Endlagerung herzustellen, sollten somit bereits in heutigen Governance-Strukturen zukünftige Prozesse und mögliche Ereignisse mitgedacht und vorbereitet sowie die dafür die erforderlichen Ressourcen (z. B. Institutionen, Personal, Finanzen) früh bereitgestellt werden.
- c. Die Relevanz von Ausprägungen von place attachment für die Wahrnehmung sowie den Wunsch nach Mitgestaltung und Partizipation ist hoch und in jeweiligen Regionen erwartbar unterschiedlich⁶¹. Für die Ausgestaltung einer raumsensiblen Long-term Governance sind u.a. folgende Fragen zu stellen: Welche Institutionen braucht es in welcher Konstellation? Welche Ansatzpunkte für Lernen und Reflexion sind vorzubereiten und welche Akteure sind zu welchen Zeitpunkten wie einzubeziehen?

6. Soziotechnische Konflikte analysieren und Konfliktbearbeitung befördern

- a. Eine Analyse von Konflikten der Endlagerung ist hilfreich für eine adäquate Konfliktbearbeitung und um Blockaden im Verfahren zu vermeiden. Im partizipativen und wissenschaftsbasierten Ansatz des Standortauswahlverfahrens sollen vielfältige Perspektiven und Interessen integriert werden, um offene Fragen diskursiv zu klären und letztlich zu verbindlichen Entscheidungen zu gelangen. Die zentralen Entsorgungs-Akteure gestalten die konkrete Umsetzung der Vorgaben des StandAG aus. Aus der Geschichte der Endlagerung kann gelernt werden, dass mit dem energiepolitischen Großprojekt der nuklearen Entsorgung hartnäckige und heftige Konflikte einhergehen. Aus diesem Grund sollten potenzielle, aber auch sich heute bereits abzeichnende Konflikte ernst genommen werden. Gleichzeitig ist festzustellen, dass viele Konflikttypen im Verfahren nicht offen bearbeitet werden.

⁶¹ Mbah, M./Kuppler, S. (2024): Place-sensitive long-term governance of nuclear waste. Vortrag auf der EASST/4S Konferenz, Amsterdam, 19.07.2024.

Dies gilt insbesondere für Wertkonflikte, aber z. B. auch für Konflikte um Wissen und Anerkennung. Ein erster Schritt für eine Bearbeitung von Konflikten, welche die Handlungsfähigkeit der beteiligten Akteure nicht dauerhaft einschränkt, ist eine systematische Analyse der vorhandenen Konflikte u.a. mit ihren Konflikttypen und -kontexten, d.h. welche Werte, welches Wissen, welche Anliegen und Interessen ausgedrückt werden (Kuppler/Bechthold 2022).

- b. Konflikte zeigen Probleme und Widersprüche auf und sind insofern eine Ressource für sinnvolle Anpassungen und Veränderungen. Wenn Konflikte jedoch unbearbeitet bleiben oder nicht adäquat bearbeitet werden, können sie blockieren und lähmen. Um zu vermeiden, dass das anspruchsvolle Verfahren der nuklearen Entsorgung ins Stocken gerät, sollten konfliktvolle Themen systematisch identifiziert und in ihrem jeweiligen Kontext analysiert werden. Adäquate Formen der Konfliktbearbeitung zu etablieren ebenso wie geeignete Konfliktbearbeitungsmöglichkeiten aufzuzeigen und zu erweitern, befördert die Handlungsfähigkeit der zentralen Akteure.
- c. Für den weiteren Verlauf der nuklearen Entsorgung ist es wichtig, einen konstruktiven Umgang mit Konflikten zu befördern und auszubauen. Eine Voraussetzung dafür ist die Bereitschaft der an der nuklearen Entsorgung beteiligten Institutionen, Akteure und Personen, offen und vertrauensvoll über konfliktvolle Themen zu sprechen. Wie jedoch konkrete Formate und Räume der Konfliktbearbeitung zu gestalten sind und ob neben dem NBG (Nationales Begleitgremium) und dem Partizipationsbeauftragten weitere Institutionen benötigt werden, um dialogische Konfliktbearbeitung zu ermöglichen, gehört zu den offenen Fragen einer gelingenden nuklearen Entsorgung.

7. Verzahnung von Zwischen- und Endlagerung berücksichtigen

- a. Der Zeitbedarf für die derzeitige Zwischenlagerung, das Standortauswahlverfahren und die nachfolgenden Schritte bis zur Einlagerung der letzten zwischengelagerten hochradioaktiven Abfälle kann bis zum Ende dieses Jahrhunderts oder länger sein. Zwischen- und Endlagerung sind als zwei miteinander verzahnte Teile auf dem Entsorgungspfad hochradioaktiver Abfälle zu behandeln, d.h. bei Entscheidungen im StandAV müssen die Folgen für die zwischengelagerten Abfälle stärker als bisher bedacht werden. Die zeitliche Dimension und die Verzahnungen der Teilpfade sind wechselseitig verknüpft (Scheer et al. 2024).
- b. Zeit ist ein sicherheitsrelevanter Einflussfaktor. Im Unterschied zu einem geologischen Endlager, in dem mit der Zeit die Isolationseigenschaften des Wirtsgesteins den Einschluss der Radionuklide übernehmen, werden bei der Zwischenlagerung die Sicherheitsfunktionen der Gebäude, der Behälter und der Abfallmatrizes mit fortschreitender Zeit alterungsbedingt geschwächt. Die Handlungsfähigkeit und Flexibilität am Übergang von der Zwischen- und Endlagerung könnten verengt werden, wenn die Zwischenlagerung um viele Jahrzehnte hinausgezögert wird und keine technischen Maßnahmen zur Konditionierung schadhafter Abfallprodukte vorbereitet werden.
- c. Sowohl für technische Herausforderungen der Zwischenlagerung, als auch für die Belange der Bevölkerung, des Wissensmanagements und der mit der Zwischenlagerung beschäftigten Institutionen ist entscheidend, dass die Zwischenlagerung als ‚Jahrhundertaufgabe‘ wahrgenommen wird.

8. Bedarf einer frühzeitigen Endlagerbehälterentwicklung

- a. Die Anforderungen an die Transport- und Lagerbehälter (TLB) in den Zwischenlagern (ZL) sind völlig andere als die, welche an die Endlagerbehälter (ELB) gestellt werden müssen, da z. B. die Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit im Endlager (EL) gegenüber der Naturzugkühlung im ZL gänzlich anders und der Inventarinhalt in Bezug auf die tolerierbare Wärmeentwicklung oder Kritikalität ebenfalls nicht anforderungsgerecht ist. Der derzeitige Status des Standortauswahlverfahrens ermöglicht es noch nicht, ein konkretes ELB-Konzept umzusetzen, da es noch keine wirtsgesteinspezifische Festlegung im Verfahren gibt, sodass der Eindruck entsteht die ELB-Entwicklung kann erst nachfolgend umgesetzt werden. Die Zwischenzeit, insbesondere mit Blick auf die Verfahrensverlängerung und die damit verbundene notwendige Verlängerung der ZL, sollte systematisch genutzt werden, um die erfüllbaren Entwicklungspunkte für die ELB umzusetzen. Damit kann eine entsprechende Beschleunigung der Umsetzung der Endlagerung nach der Standortentscheidung erreicht werden.
- b. Es wurde ein Konzept entwickelt und vorgestellt, welches die ELB-Entwicklung in wirtsgesteinsabhängige und wirtsgesteinsunabhängige Abschnitte teilt, sodass es möglich ist, konstruktiv mit der ELB-Entwicklung schon vor der Standortentscheidung beginnen zu können (Hassel 2023). Dabei wird vorgeschlagen, diese verzwickte Problematik durch die Trennung von Anforderungen an den ELB zu lösen. Hierfür wird der konstruktive Blick (von den Anforderungen und Randbedingungen in den Behälter einzulagernden nuklearen Abfalls) einerseits vom Inneren des ELB nach außen geführt, womit erreicht werden kann, dass die ELB-Entwicklung in Teilen wirtsgesteinsunabhängig erfolgen kann. Hierbei kann den Randbedingungen, wie z. B. Abschirmung, Wärmeleistung oder Kritikalitätskriterien schon ohne Wirtsgesteinsentscheidung Rechnung getragen werden. Der Blick von außen nach innen, also ausgehend vom Wirtsgestein ausgehend (z. B. die Frage der Korrosionsfestigkeit oder der mechanischen Belastbarkeit), kann dabei als sekundär erfüllbar und zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Insgesamt sind damit Potenziale in Bezug auf die ELB-Entwicklung offengelegt worden, welche eine Möglichkeit bieten, trotz der Verlängerung des Standortauswahlprozesses, viele Punkte der Schaffung von technischen Voraussetzungen nun parallel zum Verfahrensprozess durchzuführen und damit nicht zeitlich kumulativ und damit prozessverlängernd zu wirken.
- c. In Bezug auf die Belange der notwendigen ELB-Entwicklung konnte eine grundlegende Transparenz zum einen der Zusammenhänge zur Notwendigkeit einer ELB-Entwicklung und zum anderen ein Verständnis der Randbedingungen des Entsorgungspfades von der verlängerten ZL bis hin zur Endlagerung erreicht werden.

9. Zusammenhang von Transdisziplinarität, Fehlerkultur, Resilienz und Handlungsfähigkeit

- a. Aus Sicht der menschlichen Zuverlässigkeit und Fehlerkultur ist der transdisziplinäre Ansatz als wesentliches Element einer (zuverlässigen) Handlungsfähigkeit zu verstehen, denn er fördert eine hohe Sicherheits- und Fehlerkultur.

- b. Das Konzept von Woods zum „drift-into-failure“ (vgl. Sträter 2021) weist das Reflektieren und Einbringen neuer Sichtweisen in den Entscheidungsprozess als wesentliches Element zur Verhinderung von durchschlagenden Fehlentscheidungen und damit zur Herstellung von Resilienz eines Systems auf. Der transdisziplinäre Ansatz mit Elementen wie Co-Design, Beteiligung aller Akteure und reflektierende Vorgehensweise zeigt hierbei wesentliche Parallelen zu den von Woods vorgeschlagenen Maßnahmen zur Vermeidung des drift-into-failure (ebd.).
- c. Es wäre wünschenswert, die durch das Projekt TRANSENS herausgearbeiteten Parallelen zwischen transdisziplinärem Ansatz, Fehlerkultur und Resilienz systematischer herauszuarbeiten, um den Zuverlässigkeitsbeitrag transdisziplinärer Ansätze besser einschätzen zu können.

10. Platzierung von Oberflächeninfrastrukturanlagen – Mitwirkung im Schweizer Sachplanverfahren geologische Tiefenlager

- a. Bereits im Rahmen des Standortauswahlverfahrens der Schweiz (Sachplanverfahren geologische Tiefenlager) wurden die Planungen hinsichtlich des Flächenbedarfs und der Ausgestaltung der erforderlichen Anlagen der Oberflächeninfrastruktur (OFI) konkretisiert (Neles 2022). Grund dafür waren die Mitwirkungsmöglichkeiten der Regionalkonferenzen hinsichtlich der Platzierung der Oberflächenanlagen. Die Anordnung der Konditionierungsanlage BEVA am Standort des zentralen Zwischenlagers statt am Standort des Tiefenlagers geht z. B. auf diesen Beteiligungsprozess zurück. Die Art der OFI für das Schweizer Tiefenlager ist vergleichbar zu denen, die für das deutsche Endlager erforderlich sein werden. In Deutschland soll allerdings zusätzlich ein Eingangslager errichtet werden, das nach und nach die Transport- und Lagerbehälter aus den Zwischenlagern aufnimmt.
- b. Die Platzierung der Oberflächenanlagen wurde ab Phase 2 in den Regionalkonferenzen diskutiert. In der Phase 3 präferierte jede Regionalkonferenz schließlich einen Standort für die Oberflächenanlagen im Rahmen ausgearbeiteter Stellungnahmen. Vorangegangen waren umfangreiche Diskussionen: Pro Standort wurden bis zu 10 Vorschläge für die OFI betrachtet. In einer Regionalkonferenz erfolgte in Phase 3 ein Rücksprung, der zu einem anderen, neu in das Verfahren aufgenommenen Standort führte. Die Stellungnahme wurde lediglich 2 Monate später als bei den anderen Standorten abgeschlossen und schränkte damit das Verfahren nicht ein.
- c. Das Sachplanverfahren endet mit der Erteilung der Rahmenbewilligung für die geologischen Tiefenlager, dem ersten von drei Genehmigungsschritten. Die konkrete Planung der Oberflächeninfrastruktur durch den Betreiber wird erst für den nächsten Genehmigungsschritt, die Baubewilligung rund 15 Jahre nach der Standortauswahl, erforderlich. Wie dann eine Öffentlichkeitsbeteiligung aussehen soll und welche Rolle die Ergebnisse der Regionalkonferenzen dann spielen werden, ist aus heutiger Sicht nicht vorhersehbar.

11. Ein adaptives Lebensdauermanagement aufbauen

- a. Sowohl für die Zwischenlagerung als auch an der Oberfläche des Endlagerstandortes sind Gebäude aus Stahlbeton wichtiger Bestandteil der

baulichen Schutzmaßnahmen zum sicheren Einschluss der radioaktiven Stoffe (Mbah et al. 2023). Alterungsprozesse können zur Degradation von Stahlbeton führen und den baulichen Schutz beeinträchtigen. Ein adaptives Lebensdauermanagement ist in der Lage, den Zustand der Bauwerke kontinuierlich zu erfassen und bietet die Möglichkeit, Instandsetzungsmaßnahmen oder auch den Abriss und Neubau rechtzeitig zu planen und die Kosten dafür zu optimieren.

- b. Zwischen- und Endlagerung sind miteinander verzahnte Prozesse auf dem Entsorgungspfad hochradioaktiver Abfälle und generationenübergreifende Aufgaben. Ein adaptives Lebensdauermanagement ermöglicht eine kontinuierliche Beurteilung des Zustandes von Bauwerken an Zwischenlagerstandorten und am Endlagerstandort. Es liefert durch Zustandsprognosen Informationen zur zeitlichen, wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Optimierung von Instandsetzungs- und Neubaumaßnahmen und ist somit ein wertvolles Instrument für die Flexibilität und die Handlungsfähigkeit auf dem Endlagerpfad.
- c. Für das adaptive Lebensdauermanagement (vgl. Scheer et al. 2024) stehen eine Vielzahl von Sensortechniken zur Zustandserfassung und Schädigungsmodellen zur Lebensdauerprognose zur Verfügung. Eine wichtige Forschungsfrage ist, welche Sensortechniken und welche Schädigungsmodelle in welcher Form kombiniert werden können, um eine zuverlässige adaptive Lebensdauerprognose zu ermöglichen.

12. Ungewissheiten kommunizieren und Narrative gestalten

- a. Narrative sind kompakte Aussagen, die einerseits ein Thema erzählen und rahmen, andererseits aber auch Komplexität reduzieren. Narrative können die Bewertung von Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle beeinflussen. In der komplexen Situation nuklearer Entsorgung in Endlagern wird gerne auf glaubhafte Narrative zurückgegriffen (Becker/Berg 2024). Dies gilt insbesondere, wenn es sich um die Zukunft handelt, da es nur Vorstellungen, aber kein Wissen über mögliche Zukünfte gibt (Grunwald 2024). Auskünfte über Zukünfte der Entsorgung sind daher als spekulativ zu betrachten, sie hängen ab von den Erwartungen der jeweiligen Akteure.
- b. Narrative bewegen sich auf der emotionalen Ebene und werden verstärkt herangezogen bei Themen mit großer Ungewissheit. Sie sind u.a. Ausdruck von (Zukunfts-)Sorgen und -ängsten und müssen daher ernst genommen werden. Deshalb ist eine verständliche Kommunikation über die Unsicherheiten und die Risiken eines Endlagers mit klaren Botschaften notwendig. Unterschiedliche Narrative zum Thema Endlagerung sollten im Dialog mit der Öffentlichkeit reflektiert und gestaltet werden. Sie können dazu beitragen, die Kommunikation zwischen den Verfahrensbeteiligten zu strukturieren, und somit die Handlungsfähigkeit im Verfahren zu unterstützen.
- c. Offen bleibt die Frage wie gut verständliche Kommunikation über die Ungewissheiten und Risiken eines Endlagers mit klaren Botschaften erreicht werden kann. Da Medien bei der Vermittlung der entsprechenden Botschaften eine wichtige Rolle spielen, sollte dort eine gezielte Darstellung der Endlagerfrage nicht vernachlässigt werden. Als Schlagzeile wird in Medien gerne auf aktuelle und vergangene Pannen, Fehler und Konflikte sowie Katastrophen verwiesen.

Hinsichtlich Radioaktivität und der Endlagerproblematik allgemein wird gerne der Ausdruck „Verstrahlung“ stellvertretend für damit verbundene Narrative verwendet, so dass eine Grundskepsis sich immer wieder erneuert. Es besteht also Forschungsbedarf, wie man negativen Schlagzeilen in den Medien am besten begegnet, so dass die Handlungsfähigkeit für den Weg zu „Das letzte Kapitel schreiben wir gemeinsam“ (BASE zit. n. Becker/Berg 2024) erhalten bleibt.

Ausblick

Transdisziplinäre Forschungsansätze eröffnen einen ‚Möglichkeitsraum‘ problemorientierten Forschens, der sowohl für die nukleare Entsorgungsforschung in Deutschland als auch für das Standortauswahlverfahren selbst erheblichen Mehrwert für Reflexion und Entscheidungsvorbereitung verspricht, indem eine Übersetzungsleistung zwischen Praxis und Wissenschaft stattfindet. Das gilt sowohl für Fragen der Verfahrensgestaltung des Endlagerprozesses als auch bei konkreten Problemstellungen, die durch den Einbezug verschiedener Perspektiven von Bürger:innen über Praxisakteure bis hin zu wissenschaftlicher Expertise bereichert werden.

Durch den Themenkorridor des TAP HAFF und die darin vorgenommenen Themensetzungen wurden Spannungsfelder ausgeleuchtet, innerhalb derer das Standortauswahlverfahren aufgespannt ist: zwischen flexibel und robust, Sicherheit und Zeit, wissenschaftsbasiert und partizipativ. Dabei wurde deutlich, dass ein auf derart lange Zeiträume ausgelegtes Verfahren, wie die Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, sich immer in Spannungsfeldern bewegen und deshalb nie konfliktfrei sein wird, es gleichzeitig kontinuierlich Reflexion und ggf. Anpassung der beschrittenen Wege braucht, um fortlaufend Handlungsfähigkeit zu gewährleisten und mit diesen Spannungsfeldern produktiv umzugehen. Folgende Optionen sind bei der zukünftigen Weiterentwicklung des Standortauswahlverfahrens denkbar:

- ‚Neu-Neustart‘: Grundlegende Kursänderung der nuklearen Entsorgung mit Anpassungen in der Schlussphase der Phase 1 und einem novellierten StandAG (bspw. eine Neuformulierung oder Neuausrichtung der zentralen Ansprüche des Verfahrens)
- ‚Flexibles Vorgehen‘: Dialogische Weiterentwicklung des StandAG mit strukturierten, transparenten und zielgerichteten Aushandlungsprozessen über Zielkonflikte zwischen Sicherheit, zeitlichem Bedarf und Öffentlichkeitsbeteiligung
- ‚Weiter wie bisher‘: Status-quo-Orientierung mit Abarbeiten der einzelnen Verfahrensschritte unter enger Auslegung des StandAG, ohne dass Impulse aus dem Kreis der zentralen Akteure oder des weiteren Umfelds flexibel einbezogen werden

Mit Blick auf die zentralen Ergebnisse des TAP HAFF sollte inter- und transdisziplinäre Forschung in diesen Bereichen vertieft werden:

- Möglichkeiten und Herausforderungen in der praktischen Umsetzung des Lernenden Verfahrens und kollaborativer Problembearbeitung (gemeinsam mit Praxisakteuren)
- Betrachtung des gesamten Entsorgungsprozesses in Hinblick auf Verzahnungen von Zwischen- und Endlagerung, Behälterkonzepten und reversibler Verfahrensgestaltung mit geeigneten Haltepunkten und Entscheidungskriterien

- Entwicklung eines Longterm-Governance-Konzepts mit dem Ziel, langfristig Handlungsfähigkeit herzustellen, inklusive Ausstattung mit finanziellen und institutionellen Ressourcen

Das Standortauswahlverfahren bietet Möglichkeiten zu seiner Ausgestaltung, Veränderung und Weiterentwicklung. Diesen Möglichkeitsraum gilt es in Hinblick auf die Handlungsfähigkeit der verfahrensbeteiligten Akteure kontinuierlich zu reflektieren und zu gestalten.

TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)

Themenkorridor des TAP SAFE

Das deutsche Standortauswahlverfahren folgt nach § 1 des Standortauswahlgesetzes⁶² dem Primat der Sicherheit: „Mit dem Standortauswahlverfahren soll [...] ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung [...] ermittelt werden.“ Die im Verfahren durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen wie auch die für Genehmigungen und die nachfolgenden periodischen Sicherheitsüberprüfungen vorzulegenden Sicherheitsberichte sollen der Methodik des ‚Safety Case‘⁶³ folgen⁶⁴.

Ursprünglich sah das Safety-Case-Konzept die Bewertung der Sicherheit von Endlagern (‚Langzeitsicherheit‘) erst nach dem Verschluss des Endlagers vor. Mit der fortschreitenden Entwicklung von Endlagerprojekten wird es jedoch immer wichtiger, Aspekte der technischen Machbarkeit und der sicheren Errichtung, des Betriebs und Verschlusses von Endlagern gemeinsam mit der Langzeitsicherheit ganzheitlich und konsistent zu betrachten⁶⁵.

Besonders die Frage der Langzeitsicherheit wurde und wird jedoch immer wieder kontrovers und kritisch diskutiert⁶⁶. Diese Kritik betrifft neben der Methodik auch Paradigmen wie das Konzept der passiven Sicherheit⁶⁷, die Idee des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)⁶⁸ oder die Festlegung des Betrachtungszeitraums von einer Million Jahren⁶⁹. Die Möglichkeit, Sicherheit für eine Million Jahre zu gewährleisten und zu zeigen, wird häufig angezweifelt. In diesem Zusammenhang, aber auch aus anderen Gründen, wird dem Konzept der passiven Sicherheit gelegentlich der Wunsch nach langfristiger aktiver Überwachung gegenübergestellt⁷⁰.

⁶² https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017 (letzter Zugriff: 30.01.2025)

⁶³ Integration Group for the Safety Case (IGSC). Verfügbar unter: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_29043/integration-group-for-the-safety-case-igsc (letzter Zugriff: 30.01.2025). Siehe auch: The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste (IAEA, ed.) (Specific Safety Guide 23). Vienna. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1553_web.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025)

⁶⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2020): Verordnung über Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. EndlSiAnfV. In Drs-BT 19/19291. Verfügbar unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/192/1919291.pdf> (letzter Zugriff: 30.01.2025)

⁶⁵ vgl. z. B. Andra (2016a): Safety Options Report - Operating Part (DOS-Expl). Verfügbar unter: https://international.andra.fr/sites/international/files/2019-03/Safety%20Options%20Report%20-%20Operations_2.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025) und Andra (2016b): Safety Options Report - Post-Closure Part (DOS-AF). Verfügbar unter: https://international.andra.fr/sites/international/files/2019-03/Safety%20Options%20Report%20-%20Post-Closure_1.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025)

⁶⁶ vgl. etwa Appel, D. (2000): Modellrechnungen zum Nachweis der Standorteignung Gorleben. In: Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. (Hg.), Zur Sache Nr. 9. Fachtagung. Endlager Gorleben. Argumente für das Ende des Projekts, S. 43–50. Lüchow-Dannenberg.

⁶⁷ Schröder, J./Rossignol, N./van Oudheusden, M. (2016): Safety in long term radioactive waste management: Insight and oversight. *Safety Science*, 85, S. 258–265.

⁶⁸ Mehnert, M. (2016): Kriterien aus der hohlen Hand. Eine kritische Würdigung der Arbeit der Endlagerkommission und der von ihr beschlossenen Such-Kriterien. In AG Schacht Konrad, ausgestrahlt e. V./BI Lüchow-Dannenberg (Hg.), Atommüll-Kommission am Ende – Konflikte ungelöst. Ein Reader zum Abschlussbericht der „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“, S. 39–47. Salzgitter, Lüchow-Dannenberg.

⁶⁹ <https://www.bundjugend.de/endlagerung/> (letzter Zugriff: 09.07.2024)

⁷⁰ <http://www.ccnr.org/#roll> (letzter Zugriff: 09.07.2024)

Es bestehen also Diskrepanzen: Die mit Endlagersicherheit befassten Spezialist:innen setzen die Methoden erfolgreich ein, während sie von einigen anderen Akteure kritisch gesehen werden^{71,72}. Grundidee des TAP SAFE ist es, das „Konzept des Safety Case (SC) für Endlager [...] mit seinen Stärken, Grenzen und Schnittstellen zu analysieren und mittels transdisziplinärer Forschung auf Möglichkeiten der Weiterentwicklung zu untersuchen. Der Themenkorridor wird dabei durch die Frage definiert, ob und wie das SC-Konzept unter Einbezug von Sichtweisen von Nicht-Spezialist:innen in Bezug auf den in Deutschland einzuschlagenden Entsorgungsweg anzupassen oder weiterzuentwickeln ist und damit die Diskurs- und Beratungsfähigkeit verbessert werden kann“ (TRANSENS 2019). Im Mittelpunkt standen die Fragen:

- 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?
- Kann das Konzept des Safety Case entsprechend weiterentwickelt und damit die Diskurs- und Beratungsfähigkeit verbessert werden?

Die Forschung im TAP SAFE erfolgte disziplinär, interdisziplinär sowie transdisziplinär (td). Disziplinäre und interdisziplinäre Arbeiten waren essenzielle Voraussetzungen für die transdisziplinäre Forschung. Gegenstände disziplinärer Forschung der beteiligten Institute waren Modelle zum Systemverhalten, Radioökologie-Modelle sowie Sicherheits- und Verhaltensindikatoren und ihre Darstellung. Indikatoren waren auch Gegenstand einer interdisziplinären Verständigung, die wiederum die Basis für eine transdisziplinäre Befassung war. Weitere interdisziplinäre Arbeiten waren den Themen ‚Sicherheitskultur‘, ‚Menschlicher Faktor bei der numerischen Modellierung‘, ‚Ungewissheiten‘ sowie ‚extended peer communities/extended peer reviews‘ gewidmet. Transdisziplinäre Forschung erfolgte zu den Themenbereichen

- Methodik und Dokumentation des Safety Case,
- FEP (features, events, processes) und Szenarien,
- Indikatoren und ihre Kommunikation/Visualisierung,
- Digitalisierung des Safety Case,
- extended peer communities/extended peer reviews und
- Sicherheit des Endlagers im Raum unter Tage.

Formate, Methoden und Beteiligte

Die transdisziplinäre Forschung war zunächst dreistufig geplant:

1. Zu Beginn sollten in einem Fokusgruppen-Format mit Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“ (also Praxisakteuren) grundsätzliche Fragen geklärt und Themen für die nachfolgende Forschung mit anderen Partnern im Schritt 2 identifiziert werden.

⁷¹ Röhlig, K.-J./Eckhardt, A. (2017): Primat der Sicherheit: Ja, aber welche Sicherheit ist gemeint? GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 26(2), S. 103–105. <https://doi.org/10.14512/gaia.26.2.10>

⁷² Röhlig, K.-J./ Hocke, P./ Eckhardt, A. (2022): Safety Case and Transdisciplinary Research. Assessing Safety by Numbers, Multiple Lines of Evidence and Collective Actors, in: NEA (Hg.), IGSC Safety Case Symposium 2018: Current Understanding and Future Direction for the Geological Disposal of Radioactive Waste (S. 145–152). Paris: OECD Publishing, www.oecd-nea.org/jcms/pl_75947

2. Diese und ggf. andere Themen sollten dann in Kooperation mit der TRANSENS-Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe, vgl. „TAP Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TRUST)“) sowie in einer transdisziplinären Fallstudie im Bereich der akademischen Ausbildung behandelt werden.
3. Die Ergebnisse sollten in einem Abschlussworkshop wiederum Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“ vorgestellt, mit diesen diskutiert und auf ihre Praxistauglichkeit hin bewertet werden.

Diese Planung wurde, u.a. aufgrund der Ergebnisse der Selbstevaluation (TRANSENS 2023; TRANSENS-SAFE 2023), mehrfach angepasst und erweitert, insbesondere im Hinblick auf die bei den jeweiligen Td-Partner:innen vertretenen Wissenstypen. In II.1 wird – stark vereinfachend – zwischen Spezialistenwissen (also disziplinärem Wissen etwa zu Geologie, Materialverhalten, Genehmigungsverfahren oder sozialen Prozessen) und Systemwissen (zum Funktionieren eines Endlagers als Ganzem oder zum Gesamtsystem nukleare Entsorgung) unterschieden. Die in den Gruppen der Td-Partner:innen vertretenen Wissenstypen sind vereinfachend – und ohne die Lernprozesse während der transdisziplinären Forschung zu berücksichtigen – in der Abbildung dargestellt. Im Einzelnen wurden folgende Anpassungen an der Forschungsplanung vorgenommen:

- Bereits im Fokusgruppen-Format mit Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“ wurde herausgearbeitet, dass Akteure mit hohem Wissen aus für die Entsorgung relevanten Disziplinen, aber relativ geringem Systemwissen, eine im Diskurs wichtige Gruppe darstellen. Daher und aufgrund von Anpassungen der Planung im Paket EDU (Fallstudie als Bestandteil der Sommerschule) wurde beschlossen, anstatt der transdisziplinären Fallstudie td Forschung mit Teilnehmer:innen der Graduiertenakademie der TU Clausthal mit ingenieurwissenschaftlichem Hintergrund durchzuführen, um so dem genannten Wissenstyp gerecht zu werden.
- Bei Auswertung der Forschungsergebnisse wurde deutlich, dass sich im transdisziplinären Austausch kaum ‚Fundamentalkritik‘ an der SC-Methodik im Sinne der oben beschriebenen Beobachtungen ergab. In der Erwartung, insbesondere kritische Stimmen zu hören, wurde ein Format zum Thema ‚Safety Case‘ beim Forum Endlagersuche 2023⁷³ gestaltet⁷⁴.
- Mit dem Forschungssymposium safeND 2023⁷⁵ ergab sich die Gelegenheit, einen transdisziplinären Workshop zur Endlagersicherheit mit Akteuren mit Spezialwissen zu gestalten (Eckhardt et al. 2023). Aufgrund der Tatsache, dass in den oben erwähnten Formaten mit Praxisakteuren, AGBe und Teilnehmer:innen der Graduiertenakademie immer wieder Vorschläge in Zusammenhang mit digitalen Werkzeugen gemacht wurden, wurde ‚Digitalisierung des Safety Case‘ auch für den safeND-Workshop von den ausrichtenden Wissenschaftler:innen als ein mögliches Arbeitsthema explizit

⁷³ <https://www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Beteiligung/Buergerbeteiligung/konzeption/fachforum/fachforum.html> (letzter Zugriff: 09.07.2024)

⁷⁴ https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/presentationen/11-24-Arbeitsgruppe-transens.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 09.07.2024)

⁷⁵ <https://www.base.bund.de/DE/themen/fa/veranstaltungen/safend/safend-2023.html> (letzter Zugriff: 09.07.2024)

vorgeschlagen, die weiteren vorgeschlagenen Themen waren ‚FEP⁷⁶‘, ‚extended peer communities‘ und ‚Indikatoren‘.

- Aufgrund hohen Interesses bei den AGBe-Mitgliedern wurden zusätzliche Workshops mit der AGBe zu den Themen ‚Indikatoren‘ und ‚Endlager im Raum unter Tage‘ durchgeführt. Die td Forschung zum Thema ‚Indikatoren‘ basierte auf einer interdisziplinären Verständigung der am TAP SAFE beteiligten TRANSENS-Teams, die aufgrund von Hinweisen aus der Selbstevaluation (TRANSENS 2023) initiiert worden war.

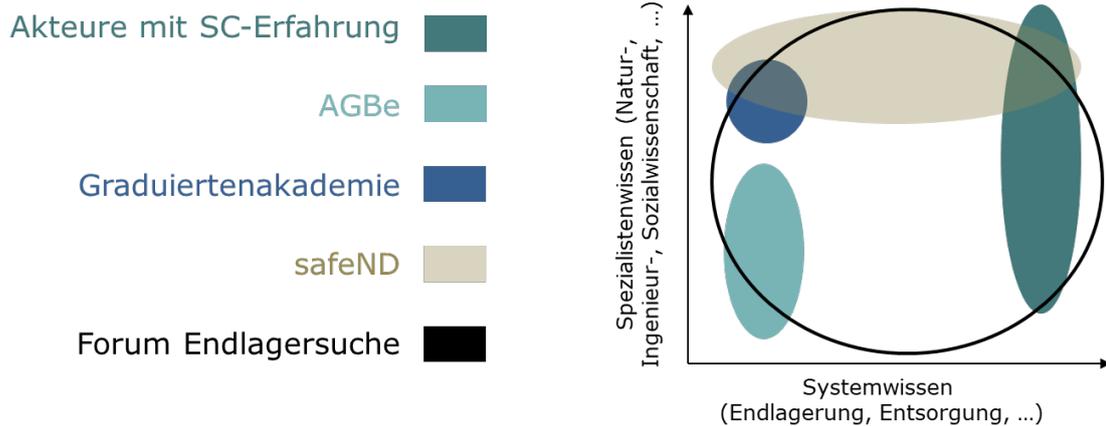


Abbildung II.1: Wissenstypen und Td-Partner:innen. Die farbigen Flächen deuten an, über welches Maß an Spezialisten- und Systemwissen die Td-Partner:innen verfügen.

Die Tabelle vermittelt einen Überblick über die genannten td Forschungsformate.

Tabelle II.1: Td-Formate und inhaltliche Bezüge im Bericht.

	Format	Datum/Zeitraum	Themen
1	Fokusgruppe mit Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“ (2 Veranstaltungen)	2. Halbjahr 2020	Methodik und Dokumentation
2	AGBe-Workshops	Herbst 2021 – Frühjahr 2022	Methodik und Dokumentation FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien Digitalisierung
3	Graduiertenakademie	4. Quartal 2022	Methodik und Dokumentation FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien Indikatoren und ihre Kommunikation/Visualisierung Digitalisierung

⁷⁶ FEP: features, events and processes, Eigenschaften, Ereignisse und Vorgänge, die verwendet werden, um Szenarien von künftigen Entwicklungen des Endlagersystems zu entwickeln und zu modellieren

	Format	Datum/Zeitraum	Themen
4	AGBe-Zusatzworkshop „Modellierung und Indikatoren“	Juni 2023	Indikatoren und ihre Kommunikation
5	Workshop an der safeND 2023	September 2023	FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien Indikatoren und ihre Kommunikation Digitalisierung Extended Peer Communities/Extended Peer Reviews
6	Td Format am 2. Forum Endlagersuche	November 2023	Methodik und Dokumentation FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien Modellierung zum Systemverhalten Radioökologiemodellierung
7	AGBe-Zusatzworkshop „Sicherheit des Endlagers im Raum unter Tage“	April 2024	Sicherheit des Endlagers im Raum unter Tage
8	Abschlussworkshop mit Akteuren „mit Erfahrung zum Tool Safety Case“	Mai 2024	FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien Indikatoren und ihre Kommunikation Digitalisierung Extended Peer Communities/Extended Peer Reviews
9	AGBe-Umfrage „Indikatoren und ihre Kommunikation“	Mai 2024	Indikatoren und ihre Kommunikation

Ergebnisse und Folgerungen

Zur Forschungsfrage des TAP SAFE

Die zentrale Forschungsfrage des TAP SAFE war die nach den Möglichkeiten einer Optimierung des Safety Case durch transdisziplinäre Forschung. Nachfolgend wird auf die drei in der Vorhabenbeschreibung (TRANSENS 2019) formulierten Forschungsfragen eingegangen:

- Welche Paradigmen, Gegenstände und Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen werden von Stakeholdern und interessierten Laien als relevant angesehen?

In den td Formaten mit Praxisakteuren wurde beobachtet, dass bei Mitgliedern der (deutschen) Fachcommunity durchaus unterschiedliche Auffassungen zu Rolle und Umfang des Safety Case bestehen („reine“ Genehmigungsunterlage oder integraler Bestandteil eines gesellschaftlichen Prozesses). Nach Auffassung der SAFE-Wissenschaftler:innen sollte auf ein diesbezüglich weitgehend einheitliches Verständnis unter den zentralen

Akteuren des deutschen Verfahrens hingewirkt werden. Für Praxisakteure, die den SC als integralen Bestandteil eines gesellschaftlichen Prozesses sehen, ist eine zielgruppengerechte Kommunikation der Inhalte und Ergebnisse ein zentrales Thema, für das Optimierungsbedarf ausgemacht wurde.

Vertreter:innen der interessierten Öffentlichkeit sahen Sicherheit als zentralen Verfahrensaspekt und stellten in Diskussionen die Einordnung in den gesellschaftlichen Prozess niemals in Frage. Auch Paradigmen, wie z. B. die Entscheidung für eine Lagerung in tiefen geologischen Formationen oder die Idee der passiven Sicherheit, wurden nicht hinterfragt. Hauptinteressen dieser Td-Partner:innen lagen in den Bereichen FEP und Szenarien, Behältertechnik sowie Modellierung und Indikatoren.⁷⁷ Auch die Darstellung und Kommunikation von Inhalten und Ergebnissen wurde vielfach diskutiert. Im Zuge der Auseinandersetzung mit diesen Themen spielten die Aspekte Digitalisierung, Wissensmanagement sowie extended peer communities besondere Rollen.

- Führt ein transdisziplinärer Ansatz zu Änderungen oder Ergänzungen bezüglich der Gestaltung des Safety Case?

In der Wahrnehmung der Forscher:innen des TAP SAFE wurden in der transdisziplinären Forschung substantielle Ideen und Impulse für eine Optimierung bzw. Weiterentwicklung des Safety Case erarbeitet. Vieles davon betraf den Bereich der Digitalisierung bzw. könnte mittels digitaler Werkzeuge umgesetzt werden – dass die TAP-Forschung zeitlich mit dem Suchen nach einer „Vision des digitalen Safety Case“ innerhalb der Fachcommunity zusammentraf, hat dies ebenso begünstigt wie die Kenntnisse einiger Td-Partner:innen im IT-Bereich.

Von Mitgliedern der Fachcommunity wurde die Nutzbarkeit der fachlichen Ergebnisse der transdisziplinären Forschung differenziert bewertet: Im Austausch zu konkreten Themen (z. B. Digitalisierung, FEP-Processing) wurden die in der Td-Forschung erarbeiteten Impulse aufgenommen und als substantiell und wertvoll eingeschätzt. Im SAFE-Abschlussworkshop wurde jedoch auch eine Konkretisierung der Ergebnisse vermisst und angemahnt. Von allen Praxispartner:innen wurde der Wert dieses Forschungstyps im Kontext der Kommunikation und Partizipation, insbesondere in Bezug auf Vertrauensbildung im Prozess, anerkannt. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Bergmans et al.⁷⁸ im Zusammenhang mit Monitoring im EU-Projekt MoDeRn 2020. Bergmans beobachtete „... general support for the instrumental imperative which states that public participation can be used to increase trust and acceptance. When it came to the substantive imperative, which claims that public participation could help to improve the overall quality of the project, the opinions were more mixed.“ Nach Einschätzung der SAFE-Wissenschaftler:innen kann transdisziplinäre Forschung jedoch auch wesentlich zur Förderung einer hinterfragenden Grundhaltung bei allen Akteuren der Entsorgung beitragen.

⁷⁷ Ein weiteres Thema von großem Interesse, das im TAP TRUST bearbeitet wurde, war das Verhältnis von Monitoring, Sicherheit und Partizipation.

⁷⁸ Bergmans, A. et al. (2019): Repository Monitoring in the Context of Repository Governance. Modern 2020 Deliverable no. 5.3, <https://orbi.uliege.be/handle/2268/252038>

- Wie sollten diese Änderungen oder Ergänzungen ausgestaltet werden?

Viele der erarbeiteten Ideen und Impulse bedürfen einer Prüfung und Konkretisierung in disziplinärer und interdisziplinärer Forschung und Entwicklung. Dies gilt insbesondere für die Digitalisierung des Safety Case, für die in der Fachcommunity ohnehin die Notwendigkeit einer gemeinsamen Vision erkannt wurde⁷⁹, und im Zusammenhang damit für Fragen des Wissensmanagements. Ebenso sollten Potentiale, Grenzen, Chancen und Risiken in Zusammenhang mit der Erweiterung von peer communities weiter untersucht werden.

Zum Themenkorridor

Zu einzelnen Ergebnissen wird auf den Abschlussbericht des TAP SAFE (Röhlig et al. 2025) verwiesen, nachfolgend werden nur die Forschungsthemen sowie übergreifende Schlussfolgerungen aufgeführt. Aufgrund der Forschungsfrage waren der Themenkorridor im TAP SAFE und entsprechende Spielräume für das Co-Design durch die Td-Partner:innen durch die thematische Vielfalt des Safety Case selbst gegeben. Thematische Schwerpunkte für die *transdisziplinäre* Forschung waren

- Methodik und Dokumentation des Safety Case,
- FEP (Features, Events, Processes) und Szenarien,
- Indikatoren und ihre Kommunikation und
- Sicherheit des Endlagers im Raum unter Tage.

Darüber hinaus wurden, oft in Verbindung mit der Befassung mit einem oder mehreren der vier oben genannten Themen, Ergebnisse zu den ‚Querschnittsthemen‘

- Digitalisierung des Safety Case,
- Extended Peer Communities/Extended Peer Reviews und
- Ungewissheiten

erarbeitet.

Im Projektverlauf, insbesondere im Zuge der Selbstevaluation (TRANSENS 2023), wurde deutlich, dass die Herausforderungen interdisziplinärer Kommunikation und Forschung im Vorhaben anfangs unterschätzt wurden. Angesichts dieser Erkenntnis erfolgte im Rahmen von Projektanpassungen insbesondere eine *interdisziplinäre* Befassung mit dem Thema

- Indikatoren,

die letztlich zur oben erwähnten transdisziplinären Forschung zum selben Thema führte. Weitere interdisziplinäre Forschung wurde zu den Themen

- Sicherheitsmanagement und –kultur,
- Modellierung und menschlicher Faktor und
- Ungewissheiten

durchgeführt, wobei das Thema ‚Ungewissheiten‘ gemeinsam mit Vertreter:innen anderer TAP bearbeitet und dies u. a. in einem Sammelband (Eckhardt et al. (Hg.) 2024)

⁷⁹ Alonso de Villapadierna, T./Martinez Gonzalez, J. (2022). NEA IDKM/EGSSC Workshop on Digital Safety Case Methods and Development, Berlin, https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2022-06/dsc-ws-concept_paper.pdf (letzter Zugriff: 30.01.2025)

dokumentiert wurde. Da das Thema auch in der transdisziplinären Bearbeitung immer wieder einer Rolle spielte, wurde ein Beitrag der AGBe im Sammelband zu diesem Thema möglich.

Disziplinäre Forschung – u. a. als Basis der oben aufgeführten Forschungsarbeiten – wurde zu den Themen

- Modellierung zum Systemverhalten und
- Radioökologiemodellierung

durchgeführt.

Für die Weiterentwicklung der Methodik des Safety Case bzw. der Sicherheitsuntersuchungen in Deutschland ergeben sich nach Einschätzung der SAFE-Wissenschaftler:innen folgende übergreifende Schlussfolgerungen:

1. In keinem der durchgeführten td Formate wurden grundlegende Kritik oder Zweifel an Paradigmen wie z. B. dem der passiven Sicherheit oder der Methodik des Safety Case geäußert. Verschiedentlich wurde jedoch der Wunsch nach einer verstärkten Befassung auch mit der „nahen Zukunft“ (diese und unmittelbar nachfolgende Generationen) sowie nach einer besseren Einordnung und Kommunikation des Themas „Nachweis über eine Million Jahre“ geäußert.
2. Unter den Praxisakteuren in Deutschland sollte auf ein einheitlicheres Verständnis hinsichtlich von Ziel und Rolle des Safety Case hingearbeitet werden. Dies kann mit einer systematischeren Durchdringung des Komplexes „Entscheiden unter Ungewissheiten“ verbunden werden.
3. Forschung und Entwicklung zur Digitalisierung des Safety Case sollten vorangetrieben und die im TAP SAFE dazu erarbeiteten Ideen und Impulse dabei aufgenommen, überprüft und ggf. konkretisiert werden. Das Thema ‚extended peer communities‘ bedarf einer weiteren inter- und transdisziplinären Untersuchung hinsichtlich der Bereiche, in denen die Arbeit mit solchen communities sinnvoll ist sowie ggf. hinsichtlich der Rechte und Pflichten solcher communities.

Zur transdisziplinären Forschung

Natur und Wert der Ergebnisse zum Themenkorridor

Wie oben ausgeführt, wurden die Ergebnisse der td Forschung durch SAFE-Wissenschaftler:innen einerseits und Praxisakteure andererseits z. T. unterschiedlich bewertet. Nach Einschätzung der SAFE-Wissenschaftler:innen rührt dies – zumindest in Teilen – daher, dass die Praxisakteure den Forschungsprozess nicht durchgängig begleitet hatten und daher andere Erwartungen hinsichtlich von Natur und Konkretisierungsgrad der Ergebnisse hatten. Dies führt auf zwei Schlussfolgerungen für künftige td Forschung in diesen oder ähnlichen Bereichen:

4. Der stufenweise Ansatz der Vorhabenbeschreibung mit einem nur punktuellen Einbezug von Praxispartner:innen aus der Fachcommunity nur zu Beginn und Ende der Forschungsarbeit sollte modifiziert werden: Das Verständnis für die Natur dieses Typs Forschung und der Forschungsergebnisse könnte durch kontinuierlichen Einbezug dieser Personen in den gesamten Forschungsprozess gefördert werden. Eine Herausforderung ist diesbezüglich jedoch der für td Forschung erforderliche hohe Zeit- und Ressourcen-Aufwand bei allen Beteiligten: Das Verständnis hierfür ist bei potenziellen Td-Partner:innen nicht zwangsläufig gegeben.
5. Impulse und Ideen aus der td Forschung sollten in disziplinärer und interdisziplinärer Arbeit überprüft, weiter ausgearbeitet, detailliert und konkretisiert werden. Dies erfordert jedoch Flexibilität in der Projektplanung und –Antragstellung: Typ und Inhalt der Impulse aus der td Forschung sind nicht vorhersagbar, entsprechend kann eine konkrete Planung auch der disziplinären oder interdisziplinären „Folge-Arbeiten“ erst im Laufe des Vorhabens erfolgen. Langfristig und kontinuierlich geförderte Forschung bietet für derartige Ansätze möglicherweise einen geeigneteren Rahmen als Projektförderung.

Ergebnisse dieses Typs Forschung sind naturgemäß nicht in gleicher Weise reproduzierbar wie Laborexperimente. Die Evidenz ist jedoch stärker, wenn in unterschiedlichen Formaten mit verschiedenen Partner:innen ähnliche Ergebnisse erzielt werden (Methodentriangulation nach Flick 2008⁸⁰). Nicht beantwortet werden kann jedoch die Frage, inwieweit der Input durch Forscher:innen hier einen systematischen Bias erzeugt.

„Die Aspekte einer Optimierung des Safety Case [...], die von den Td-Partnern angesprochen wurde, wären möglicherweise auch im Rahmen von „desk research“ oder beim interdisziplinären Austausch zwischen Forschenden aus einem akademischen Umfeld als diskussionswürdig identifiziert worden – eine dezidierte Forschungs- und Entwicklungsaktivität mit einer entsprechenden Allokation von Ressourcen vorausgesetzt. Der Mehrwert der td Formate liegt vor allem auch darin, die spezifischen Sichtweisen der Td-Partner:innen auf den Safety Case besser zu verstehen und die Perspektiven der beteiligten Wissenschaftlerinnen zu erweitern. [...] Der Einbezug von Td-Partnern trägt potenziell auch zur Legitimität des Safety Case bei.“ (TRANSENS-SAFE 2023, 17)

Zur Planung und Durchführung der td Forschung

Die vielfältige und breite Ausrichtung der Arbeit im TAP SAFE war nur zum Teil durch die in der Vorhabenbeschreibung (TRANSENS 2019) dokumentierte Planung vorgegeben. Wichtige Themen- und Schwerpunktsetzungen wurden erst in der interdisziplinären Verständigung der Forscher:innen und/oder im Co-Design mit den Td-Partner:innen erarbeitet und verabredet. Entsprechend ergaben sich auch tiefgreifende Anpassungen der ursprünglichen Projektplanung.

⁸⁰ Uwe Flick (2008): Triangulation: Eine Einführung. 2. Aufl., VS Verlag, Wiesbaden, ISBN 978-3-531-15666-8.

Die Forschung im TAP SAFE erforderte also ein hohes Maß an Anpassung und Flexibilität: Themenfindung und -setzung im Co-Design ist naturgemäß weitgehend ergebnisoffen, entsprechende Flexibilität ist folglich auch hinsichtlich der Planung der Td-Formate erforderlich. Die Konstruktion des Themenkorridors war diesbezüglich nützlich und hilfreich. Verständnis und Offenheit für den Forschungstypus bei Projektträger und fördernden Institutionen waren ebenfalls gegeben.

Die fachliche und didaktische Vorbereitung, die Durchführung und Auswertung waren aufwändig und erforderten intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit. Diese interdisziplinäre Kooperation war eine wichtige Voraussetzung für Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Td-Formate: Td-Methodenkompetenz und Erfahrung von Sozialwissenschaftler:innen waren ebenso wichtig wie der fachliche Hintergrund der SC-Spezialist:innen. Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis von Td-Forschung ist skeptischen Außenstehenden (z. B. auf Konferenzen) nicht immer einfach zu vermitteln. Aufgrund des Feedbacks bei Konferenzen und Workshops kann jedoch eingeschätzt werden, dass es i. d. R. gelungen ist, den entstandenen Mehrwert zu kommunizieren.

6. Bei künftiger Projektförderung sind die Anforderungen von Td-Forschung hinsichtlich thematischer und planerischer Offenheit (Ermöglichung von ‚Co-Design‘) und hinsichtlich des Aufwands zu berücksichtigen. Eine Flexibilisierung von Antrags- und Fördermechanismen wäre wünschenswert; auch diesbezüglich kann längerfristig geförderte Forschung unabhängig von den Akteuren des Standortauswahlverfahrens Vorteile bieten.
7. Die Planung der Forschung sollte sich u. a. an den zu erwartenden oder bekannten Wissensbeständen der Td-Partner:innen in Relation zu den jeweils zu betrachtenden Themen ausrichten. Sie erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaftler:innen mit Methodenkompetenz und Erfahrung zu Td-Forschung einerseits und mit Spezialwissen zum jeweiligen Forschungsgegenstand andererseits.
8. Zielgerichtete und rechtzeitig geplante formative Zwischenevaluationen sollten dann sichern, dass die Forschung ergebnisoffen, aber auch auf konkrete Ergebnisse zu den jeweiligen Forschungsfragen orientiert und zweckmäßig durchgeführt wird. Es bestünde auch die Möglichkeit, diese Zwischenevaluationen selbst transdisziplinär zu gestalten, um so Feedback hinsichtlich der Praxisrelevanz der Ergebnisse zu erzielen.

Nutzung der Erkenntnisse zur transdisziplinären Forschung für die Öffentlichkeitsbeteiligung

Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit mit der AGBe waren vor allem ein vertrauens- und respektvoller wertschätzender Umgang, ein hinreichendes Zeitbudget bei allen Beteiligten sowie die Kontinuität der Zusammenarbeit über Jahre hinweg.

Diese Faktoren sind voraussichtlich auch entscheidend für die weiteren Phasen der Öffentlichkeitsbeteiligung – insbesondere, wenn diese in konkreten Regionen oder an

konkreten Standorten geschieht. Beispiele einer Stärkung von Diskurs und Legitimität durch erfolgreiche, über Jahre kontinuierliche Zusammenarbeit auch zu komplexen technischen Themen gibt es in Schweden⁸¹ und der Schweiz⁸².

9. Ähnliche Formate, also eine 'permanente' Installation von Bürgerbegleitgruppen (z. B. an potenziellen Endlagerstandorten) und von Praxisakteuren als extended peer communities zur Befassung mit Sicherheitsfragen, werden – unter Nutzung erprobter Formate – auch für den deutschen Prozess empfohlen, um so zur Vertrauensbildung bei den Akteuren beizutragen. Zu klären wären bei einem solchen Vorgehen die Rechte solcher Gruppen und ihre Beziehung zu den gesetzlich vorgesehenen Beteiligungsformaten. Es bliebe zu entscheiden, in wie weit in derartigen Formaten Merkmale transdisziplinärer Forschung und von Reallaboren, also eine Verschränkung von Forschung und Beteiligung, zum Tragen kommen sollen. In jedem Fall wären eine fallspezifische langfristige Planung und der Einsatz von geschultem Personal erforderlich. Die Übertragbarkeit auf andere gesellschaftlich relevante Problembereiche sollte geprüft werden.

⁸¹ Soderblom, A.-L. (2014): How Swedish communities organised themselves in reviewing a safety case, in: NEA (Hg.): The Safety Case for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: 2013 State of the Art. Symposium Proceedings, 7-9 October 2013, Paris, France (Radioactive Waste Management, NEA/RWM/R(2013)9, S. 371)

⁸² Alpiger, C. (2019): Partizipative Entsorgungspolitik in der Schweiz (Politik und Demokratie in den kleineren Ländern Europas, Band 17, 1. Auflage). Dissertation. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. <https://doi.org/10.5771/9783748904731>

TAP Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TRUST)

Themenkorridor des TAP TRUST

Der Themenkorridor TRUST widmete sich dem Aufbau und Erhalt von Vertrauen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle, genauer der Frage: Wie kann frühzeitig ein Vertrauensverhältnis zwischen Akteuren und Bevölkerung aufgebaut und langfristig erhalten werden, das als Grundlage für den gesamten weiteren Prozess dienen kann?

Die sich ergebenden Leitfragen von TRUST waren zum einen sozialwissenschaftlicher, zum anderen technisch-naturwissenschaftlicher Art, und beide Bereiche wurden zu großen Teilen gemeinsam mit Bürger:innen untersucht.

- Wie spielen technologie- und zeitbedingte Unsicherheiten und Ungewissheiten sowie Vertrauen in der nuklearen Entsorgung zusammen (und welche Implikationen ergeben sich für die damit verbundenen Entscheidungsprozesse)?
- Eine wichtige sozialwissenschaftliche Frage war die nach der Rolle des Vertrauens von Bürger:innen in Akteure und Aufsichtsbehörden.
- Im Anwendungsfall der nuklearen Entsorgung gewinnt die Thematik durch die mit den immens langen Zeiträumen verbundenen Ungewissheiten eine besondere Komplexität. Welche Auswirkungen hat dies auf die Wahrnehmung und das Verhalten der betroffenen Akteure?
- Kann eine unabhängige Wissenschaft als Schnittstelle zwischen den (direkt) beteiligten Akteuren an einem Standort für die Lagerung radioaktiver Abfälle agieren und gegenseitiges Vertrauen fördern, und wenn ja, unter welchen Rahmenbedingungen?
- Auf der naturwissenschaftlich-technischen Seite stellt sich die Frage, wie technisch komplexe Sachverhalte in Verbindung mit systemimmanenten (inhaltlichen und zeitlichen) Unsicherheiten und Ungewissheiten im Ablauf technisch-naturwissenschaftlicher Prozesse an die Bevölkerung kommuniziert und gemeinsam bearbeitet werden können.
- Wie kann ingenieur- und naturwissenschaftliche Forschung so gestaltet werden, dass sie im Verbund mit sozialwissenschaftlichen Forschungsansätzen und unter Einbeziehung weiterer Akteure aus der allgemeinen Bevölkerung im Sinne der Vertrauensbildung einen Mehrwert für die Akteure der nuklearen Entsorgung erzeugt?

Im TAP TRUST wurden in Bezug auf diese Fragen verschiedene technische Themen (Umweltüberwachung, Wirtsgesteine, Rückholbarkeit, Endlager-Monitoring) gemeinsam mit Partner:innen aus der Bevölkerung bearbeitet. Zudem wurden sozialwissenschaftliche Themen wie Vertrauen sowie die Wahrnehmung von Risiken und Ungewissheiten erforscht. Partner:innen aus der Bevölkerung waren dabei zunächst die Bürgerbegleitgruppe (AGBe), sowie, im Fall der Umweltüberwachung Bürger:innen der Region Asse, Bürger:innen die sich für das Thema Umweltüberwachung interessierten.

Für die Bearbeitung der grundsätzlichen Frage, wie es um das Vertrauen bei der Endlagerung in Deutschland steht, wurde 2020 eine repräsentative Umfrage in Deutschland mit 5.000 Teilnehmenden (TN) durchgeführt, um das aktuelle Vertrauen in Politik, Behörden und Institutionen sowie die Wahrnehmung von Risiken und Chancen im

Zusammenhang mit der Endlagerung zu erfassen. Die Umfrage bewertete außerdem die Relevanz von Transparenz und Prozessfairness. Eine zweite Umfrage mit 2.500 TN folgte 2022. Aus der ersten Umfrage wurden TN für die Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe) mit zunächst 17 Mitgliedern rekrutiert. Anschließend wurden psychologische Experimente durchgeführt, bei denen TN aus der zweiten Umfrage rekrutiert wurden. Dabei ging es um verschiedene Kommunikationsstrategien für Ungewissheiten in wissenschaftlichen Ergebnissen.

Um das Thema der Rückholung bzw. Rückholbarkeit aufzubereiten, wurde zu Beginn des Projekts eine Literaturstudie zu Konzepten zur Rückholung durchgeführt und darauf aufbauend eigene Konzepte entwickelt und in einem internen Bericht zusammengefasst. Das Thema der Rückholung wurde auf zwei Workshops mit der AGBe (WS 1 & WS 2) bearbeitet. Ein spezielles Computermodell, ein numerischer Demonstrator (DM) wurde erstellt, der ein Rückholkonzept und dabei relevante Prozesse in dem von der AGBe gewählten Wirtsgestein Tonstein abbilden/simulieren kann.

Bei der transdisziplinären Beschäftigung mit dem Thema Endlagermonitoring stand der Diskurs mit den Mitgliedern der AGBe zur Identifizierung von Anforderungen an die Ausgestaltung von als vertrauenswürdig angesehenen Monitoringprogrammen zur Gewährleistung technischer Sicherheit (Messparameter, Zuverlässigkeit, Datendichte) und sozialer Kontrolle (Datentransparenz, Dateninterpretation, Entscheidungsteilhabe) im Zentrum.

Darüber hinaus wurden die Interaktionen zwischen der AGBe und Forschenden des TRANSENS-Projekts im Projektverlauf systematisch qualitativ beobachtet, quantitativ erfasst und ausgewertet. Zudem wurden Interviews mit den AGBe-Mitgliedern durchgeführt, um ihr Verständnis von Wissenschaft nach den ersten Workshops (N = 9) sowie ihre Motivation und ihr Rollenverständnis am Ende des TRANSENS-Projekts (N = 12) zu erkunden.

Zur Thematik Rückholbarkeit und den daraus resultierenden Konsequenzen wurden zudem vier Experteninterviews durchgeführt. Teile der AGBe und der DIPRO-Begleitgruppe haben aufbauend darauf und auf den Arbeiten zur Rückholung ein Bürgergutachten (WS 3) erstellt (derzeit im Review). Das Thema Ungewissheiten wurde aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht intensiv behandelt.

Durch die Einrichtung und den Betrieb einer Bürgermessstelle im Raum Asse (Remlingen-Semmenstedt) konnten insbesondere die Herausforderungen und Chancen einer Zusammenarbeit akademischer Akteure und interessierter Bürger:innen beim Thema Umweltmonitoring ausgelotet werden. Die zentrale Forschungsfrage lautete: Lässt sich mit der Einrichtung und wissenschaftlichen Begleitung einer für Bürger:innen direkt zugänglichen Radioaktivitätsmessstelle das Vertrauen in die Sicherheit ihrer Region vom Vertrauen in Betreiber und Aufsicht entkoppeln und zu einem Teil auf die Schnittstelle universitärer und eigenverantwortlicher Messungen übertragen?

Formate, Methoden und Beteiligte

Sozialwissenschaftliche Arbeiten zu Vertrauen, Risikowahrnehmung, Ungewissheiten, Beobachtung

In Vorbereitung der online-basierten Bevölkerungsumfrage zum Thema Vertrauen hat eine umfassende Literaturrecherche stattgefunden. Auf Grundlage vorliegender sozialpsychologischer Konstrukte wurde ein theoretisches Konzept zur Messung spezifischen Vertrauens entwickelt und operationalisiert, das für die zweite Umfrage adaptiert wurde. Die Ergebnisse wurden statistisch analysiert, im Team diskutiert und zum Teil bereits veröffentlicht (Seidl/Drögemüller 2024a, 2024b; Seidl 2021; Seidl et al. 2022; Seidl 2024b). Als Hauptziele der Befragung wurden folgende Schwerpunkte definiert:

- (i) Stand des Vertrauens in Politik, Behörden, Institutionen
- (ii) Risiko-/Chancen-Wahrnehmung bezogen auf Endlager
- (iii) Beurteilung des Verfahrens (Bedeutung von Transparenz, Prozessfairness etc.)

Die Rekrutierung der TN für die AGBe (± 15) erfolgte über die erste Umfrage von 2020. Eine umfangreiche mehrstufige Methodenkombination aus Umfrage, nachfolgend zweitem, psychologischem Fragebogen und abschließend persönlichen Online-Interviews führte zu einer Auswahl von Kandidat:innen nach zuvor festgelegten Kriterien. Rund 700 Teilnehmende hatten ihr Interesse an einer Mitarbeit in der AGBe zum Ausdruck gebracht. Der Rücklauf zum zweiten Fragebogen war $N = 180$. Die Anzahl potenziell geeigneter Kandidat:innen wurde multi-methodisch auf 49 reduziert. Hiervon wurden 30 Personen zu persönlichen leitfadengestützten Zoom-Interviews eingeladen. An der Auftaktveranstaltung in Präsenz wurde eine gemeinsame Arbeitsgrundlage vorgestellt, adaptiert und verabschiedet (Seidl et al. 2024).

Es wurden psychologische Experimente zum Thema Ungewissheiten durchgeführt: Zur Gewinnung von TN für die Experimente wurde die zweite Umfrage zu Vertrauen genutzt. Drei Online-Experimente fanden statt, jeweils mit interdisziplinärer Unterstützung durch Kollegen von der TU Clausthal und der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). Unterschiedliche Darstellungen von wissenschaftlichen Ergebnissen (verbal, numerisch, graphisch) bzw. von verschiedenen Absender:innen wurden vergleichend untersucht. Dazu finden sich zwei Beiträge in einem selbst herausgegebenen Springer-Band (Becker et al. 2024; Seidl et al. 2024c).

Für die Beobachtung der td Zusammenarbeit wurde ein Beobachtungsbogen mit Indikatoren zur Registrierung von Miss-/Vertrauen in Diskussionen während der gemeinsamen Workshops mit der AGBe als Erhebungsinstrument konstruiert. Aufgrund der COVID-19 Pandemie wurde das Beobachtungsinstrument online durch Beobachtung und Protokollierung verschiedener Formate getestet, z. B. in sieben Online-Sitzungen der AG-Vorbereitung zur Fachkonferenz Teilgebiete.⁸³

Um die Einstellungen und mögliche Einstellungsänderungen der AGBe gegenüber den TRANSENS-Forschenden und der Thematik – Nahfeldüberwachung radioaktiver Abfälle und Rückholbarkeit bzw. Wirtsgestein – zu erfassen, wurde ein Befragungsinstrument

⁸³ <https://www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Beteiligung/Fachkonferenz/ergebnisse/weitere-arbeitsgruppen/arbeitsgruppe-vorbereitung/dokumente.html> (letzter Zugriff: 30.01.2025)

entwickelt und nach jedem Workshop eingesetzt. Für diese Arbeiten liegt ein Bericht vor, der die Workshopabläufe und deren Ergebnisse darstellt und zusammenfasst (Seidl/Drögemüller 2024a).

Im März 2021 fand ein erster gemeinsamer Workshop mit Forscher:innen aus TRUST und der AGBe zu Vertrauen und Monitoring statt. Daran anknüpfend wurden qualitative Interviews zum Wissenschaftsverständnis durchgeführt. Dafür wurde ein Leitfaden basierend auf verschiedenen Konstrukten und Instrumenten entwickelt mit Fragen zu Theorie, Experiment, Wissenschaft, Wahrheit und Pseudowissenschaft sowie Transdisziplinarität (Seidl 2024a).

Zum Ende von TRANSENS wurden mit allen aktiven Mitgliedern der AGBe (N = 12) Abschluss-Interviews geführt. Themen waren: Motivation, Wissen, Vertrauen, Wissenschaft. Inhaltlich: Monitoring und Wirtsgestein sowie das Rollenverständnis. Die Daten wurden transkribiert und qualitativ mittels MAXQDA, einer Software zur computergestützten qualitativen Daten- und Textanalyse, analysiert. Eine Veröffentlichung als Bericht ist erschienen (Seidl 2025). Zudem wurden die Ergebnisse in einem Artikel zur AGBe (Seidl/Drögemüller 2024b), sowie Nutzung in weiteren Artikeln bzw. Buchkapiteln verwendet (Drögemüller et al. in Vorbereitung; Drögemüller/Seidl 2024a). Grundsätzlich wurden die geplanten sozialwissenschaftlichen Arbeiten, wie in der Vorhabenbeschreibung angedacht, umgesetzt. Es gab Veränderungen und Ergänzungen dahingehend, dass

- a) auf die Reaktion der AGBe in den ersten Workshops durch vertiefende Interviews zum grundsätzlichen Verständnis von Wissenschaft und Transdisziplinarität reagiert wurde, um mehr darüber zu erfahren, wie die Mitglieder Wissenschaft und TRANSENS wahrnehmen,
- b) die (zeitliche und finanzielle) Möglichkeit für eine zweite Umfrage zu Vertrauen genutzt wurde, um Themen vertiefend bzw. erneut abzufragen und eventuelle Veränderungen zu messen,
- c) eine Abschlussbefragung der AGBe vorgenommen wurde, um mehr über (Veränderungen von) Motivation und Rollenverständnis zu erfahren. Auch wurden so verschiedene Erfahrungen durch die Beobachtungen und regelmäßigen Nachbefragungen validiert.

Inter- und transdisziplinäre Arbeiten zu den Themen Wirtsgestein und Rückholbarkeit, Ungewissheiten und Monitoring

Die Ergebnisse der Literaturstudie und allgemeine Informationen zur Rückholbarkeit wurden der AGBe zur Vorbereitung auf den ersten Workshop in einem umfassenden Grundlegendokument zur Verfügung gestellt, die ablaufenden Prozesse wurden visualisiert. Die Inhalte des Grundlegendokuments und die Frage nach der Akzeptabilität von Ungewissheiten wurden auf einer virtuellen Podiumsdiskussion, an der zwei Vertreter:innen der AGBe teilnahmen, behandelt. Daraufhin wurde die Wahl eines der potenziell möglichen Wirtsgesteine für die weitere Bearbeitung diskutiert.

Auf einem zweiten zweitägigen Workshop wurden die numerischen Berechnungen mit dem DM vorgestellt und in den Stand der Wissenschaft zu Tongesteinen eingeordnet. Am zweiten Workshoptag wurden u. a. mittels der Methode „Rich-Picture“ Entscheidungsprozesse bei der Rückholung diskutiert.

Die vier Experteninterviews zum Thema Rückholung wurden mittels eines Leitfadens halbstandardisiert durchgeführt.

Die beiden Begleitgruppen AGBe und DBG (DIPRO-Begleitgruppe) haben ein auf ihrer bisherigen Beteiligung basierendes Bürgergutachten zu Entscheidungsprozessen über eine Rückholung erarbeitet (Consten et al. 2024). Konzipiert wurde es auf einem Präsenz-Workshop, ausgearbeitet auf mehreren Online-Treffen.

Die im Projektantrag vorgesehenen Arbeiten zur Rückholbarkeit wurden prinzipiell wie geplant umgesetzt, es gab lediglich wenige Einschränkungen, Veränderungen und Ergänzungen:

- Aufgrund der COVID-19 Pandemie mussten einige Treffen digital durchgeführt werden
- Die Rekrutierung von Experten als Interviewpartner zum Thema Rückholung stellte sich als herausfordernd heraus, da sich nur wenige explizit in diesem Thema als Experten wahrnahmen.
- Aufgrund der Entscheidung für das Wirtsgestein Tonstein sind nur grundlegende (thermisch-)mechanische Ansätze zur numerischen Simulation zum Einsatz gekommen, da kein Modell für die Kopplung der komplexen thermisch-hydraulisch-mechanischen Prozesse zur Verfügung stand.
- Das Thema Ungewissheiten wurde ausführlich aus geotechnischer Perspektive aufgearbeitet und wurde später zum TAP-übergreifenden Thema innerhalb TRANSENS.

An dem genannten Bürgergutachten zur Rückholung nahm neben der AGBe auch DBG teil, da der Workshop für beide Gruppen konzipiert war. Durch die unterschiedlichen Hintergründe der beiden Gruppen konnte das gewählte Thema „Entscheidungsketten zur Rückholung“ deutlich breiter bearbeitet werden.

Der Diskurs mit den AGBe-Mitgliedern zum Thema Monitoring wurde im Rahmen von drei gemeinsam durchgeführten transdisziplinären Workshops realisiert, bei denen verschiedene Formate und Methoden zum Einsatz kamen, z. B. Brainstorming, Impulsvorträge, Fragerunden, stille Diskussionen, Kleingruppendiskussionen, Plenumsdiskussionen, Bearbeitung einer Bewertungsmatrix. Die Workshops wurden hinsichtlich der wesentlichen Aussagen der AGBe-Mitglieder protokolliert, in der Regel von jeweils zwei Mitarbeiter:innen mit ingenieurtechnischem und zwei Mitarbeiter:innen mit sozialwissenschaftlichem Hintergrund. Im Zusammenhang mit den transdisziplinären Workshops durchgeführte vorbereitende Arbeiten umfassten u.a. folgende Punkte:

- Eine Literaturanalyse zu bestehenden soziotechnisch fokussierten Monitoring-konzepten.
- Die Erstellung einer 63-seitigen Arbeitsgrundlage, einer Kurzversion davon sowie einer Webseite (<https://www.lfdg-tuc-agbe.de/>) mit Informationen zum Thema Endlagermonitoring zur Einführung der AGBe-Mitglieder in die Thematik.⁸⁴
- Die exemplarische Analyse des Systemverhaltens eines generischen offenen/versetzten Tiefen-/Endlagersystems im Salinargebirge während des vorgesehenen

⁸⁴ Zitierbar als Lux, K.-H./Othmer, J. A./Wolters-Zhao, R./Feierabend, J. (2020). Zusammenfassung der Arbeitsgrundlage zu soziotechnischem Nahfeld-Monitoring für die AGBe im Rahmen des TAP TRUST (7 Seiten). Clausthal bzw. Lux, K.-H./Othmer, J. A./Wolters-Zhao, R./Feierabend, J./Thomas, J. (2020). Arbeitsgrundlage zu soziotechnischem Nahfeld-Monitoring für die AGBe im Rahmen des TAP TRUST (70 Seiten). Clausthal.

Monitoringzeitraums anhand von numerischen TH2M-gekoppelten Simulationen. Speziell wurde ein Blick auf die Zustandsgrößenentwicklung und ihre Messbarkeit unter Berücksichtigung von Ungewissheiten/Datenbandbreiten geworfen. Zudem wurden weniger wahrscheinliche Systementwicklungen als Grundlage für den Diskurs mit den AGBe-Mitgliedern entwickelt.

- Aufbau einer webbasierten Plattform zur Visualisierung und Illustration von Simulationsergebnissen. Diese zeigt mögliche Tiefenlagerentwicklungen mit zwei Zielsetzungen: Einerseits die Förderung des Verständnisaufbaus zu ablaufenden multiphysikalischen Prozessen durch Transparenz und Reduzierung der Zugangshürden für die AGBe-Mitglieder, andererseits die Demonstration von Möglichkeiten und Grenzen im Hinblick auf Prognostizierbarkeit und Überwachbarkeit der ablaufenden multiphysikalischen Prozesse.

Die Durchführung von transdisziplinären Workshops mit den AGBe-Mitgliedern zum Thema Endlagermonitoring und dessen Möglichkeiten und Grenzen sollte dazu beitragen, Anforderungen an die Ausgestaltung von Monitoringprogrammen zu identifizieren, die aus Sicht der interessierten Öffentlichkeit als vertrauenswürdig angesehen werden und möglicherweise die Akzeptanz eines zukünftigen Endlagers erhöhen können.

Aufgrund der Beschränkungen der COVID-19 Pandemie konnten nicht alle drei Workshops wie ursprünglich geplant in Präsenz durchgeführt werden. Der im März 2021 durchgeführte erste Workshop fand gezwungenermaßen online statt, wodurch der Einstieg in die gemeinsame Bearbeitung des Themas teilweise erschwert wurde. Nachdem die Erfahrung mit Online-Meetings allerdings sowohl bei den wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen wie auch bei den AGBe-Mitgliedern im Lauf der Zeit zugenommen hat, wurde entschieden, auch den dritten Workshop wieder online durchzuführen.

Arbeiten zur Etablierung einer Bürgermessstelle zur Umweltüberwachung

Die Umweltüberwachung in der Biosphäre ist ein zum untertägigen Monitoring komplementäres Instrument anzusehen. Für die Entwicklung des Konzeptes wurde zunächst ein Workshop (10 steps) durchgeführt. Ausgehend von einer Akteursanalyse wurden hierbei die angestrebte Rolle der Messstelle definiert und Anforderungen an einen geeigneten Standort sowie Partner für die Wahrnehmung dieser Rolle ermittelt. Das Ergebnis wurde anschließend gemeinsam mit der AGBe konsolidiert. Aufbauend auf der vorangegangenen Analyse wurde die Gemeinde Remlingen-Semmenstedt in der Nähe der Schachanlage Asse2 als erster Ansprechpartner gewählt, kontaktiert und für den Betrieb der Messstelle vor Ort gewonnen. Hier wurde eine Messstelle primär für gammaspektrometrische Radioaktivitätsmessungen eingerichtet.

Das ursprüngliche Konzept der Messstelle wurde auf mehreren öffentlichen Veranstaltungen vorgestellt und erste Gamma-Messungen gemeinsam mit Bürger:innen durchgeführt. Hierbei wurde im Gespräch mit messenden Personen, sowie in Diskussionen mit der AGBe, ein Berichtsschema entwickelt, welches hilft, die komplexe Materie der Messergebnisse adressatengerecht aufzubereiten und zu kommunizieren. Kritik am Konzept der Messstelle kam von Bürger:innen-Seite auf, sie bezog sich auf die vor Ort nicht durchführbare Messung von reinen Beta-Strahlern. Diese Kritik wurde seitens der Forschenden aufgenommen, und zusätzliche Messmöglichkeiten für diese Nuklide

geschaffen. Über (teilweise feste) Zusammenarbeiten mit Bürgerinitiativen und Bürger-Gruppierungen wurden die wesentlichen Ergebnisse der Messungen transparent veröffentlicht (Richert et al. 2023). Darüber hinaus wurden Schulen der Region als wichtige Partner für zusätzliche Kooperationen zu Lehrangeboten kontaktiert. Über die hierbei entstandenen Kooperationen konnten Lehrfelder identifiziert und konkrete Lehrstunden entwickelt werden (siehe „Aus- und Weiterbildung (EDU)“).

Ergebnisse und Folgerungen

Vertrauen und weitere sozialwissenschaftliche Untersuchungen

Die erste Umfrage zu Vertrauen und weiteren Aspekten in Bezug zur Entsorgung radioaktiver Abfälle ergab, dass die Bereitschaft, Daten zum Untergrund bzw. zum Standort zur Verfügung zu stellen (etwa um einen Standort genauer zu untersuchen), hoch ist, und die Rückholbarkeit sowie Monitoring und Überwachung wichtige Faktoren sind. Die Bekanntheit der involvierten Institutionen ist gering bis moderat. Die Vertrauenswürdigkeit der in den Prozess der Endlagerung involvierten Akteure wird zudem als moderat eingestuft. Die Wahrnehmung des Risikos entspricht den Erwartungen (hoch!), während die Wahrnehmung positiver Aspekte und Chancen gering ausfällt. Die zweite Umfrage zeigt, dass die Teilnehmenden von sich aus wenige aus der nuklearen Entsorgung erwachsende Chancen sehen und den Trade-off zwischen geologischer Tiefenlagerung und Oberflächenlagerung nicht erkennen. Dies führt ggf. zu einer Verzerrung der Wahrnehmung in Richtung einer negativen Bewertung der Tiefenlagerung (der Trade-off wird nicht bewusst).

Die psychologischen Experimente ergaben, dass vor allem die Einstellung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in einem tiefeingeologischen Endlager mit der Frage zusammenhängen, ob den wissenschaftlichen Aussagen vertraut wird. Daneben ergaben sich Effekte der selbsteingeschätzten numerischen Kompetenz (wobei es klare Geschlechtsunterschiede gab). Geschlechtsunterschiede gab es auch bzgl. des Vertrauens in unterschiedliche Absender:innen der Information (wie Behörden oder universitäre Einrichtungen).

Die Beobachtung und die Nachbefragungen sowie die abschließenden Interviews ergaben, dass sich Vertrauen in die Forschung schon vorab auf recht hohem Niveau bewegt hatte und über die Zeit stabil hoch geblieben ist. Es werden sowohl die Notwendigkeit für Monitoring und Rückholbarkeit gesehen (muss mit geplant werden), als auch die Risiken beider Aspekte. Erkenntnis: Es gibt keine optimale Lösung, sondern man muss verschiedene Wege und deren Auswirkungen untersuchen und dann nach Sicherheit gewichten. Ein essenzieller Punkt ist die Frage, wer wann auf Basis welcher Informationen entscheidet, dass eine Rückholung stattfinden soll. Die Bürger sollen die Konsequenzen kennen (neues Zwischenlager, erneute Suche nach Endlager, etc.).

Das Wissenschaftsverständnis der AGBe ist relativ nahe an dem der TRANSENS-Wissenschaftler:innen (Hölzle/Krütli 2023, 2024a, 2024b). Auffallend war beispielsweise, dass die Abgrenzung von Wissenschaft zu Pseudowissenschaft schwerfiel. Es zeichnete sich eine Tendenz ab, dass Nicht-Wissen gleichbedeutend mit Glauben-Müssen sei. Die Naturwissenschaften hätten es mit Fakten zu tun und lieferten langfristig stabile Vorhersagen, während die Sozialwissenschaften ‚weicher‘ und näher an Meinungen seien.

Sie haben es mit einem flüchtigeren Gegenstand zu tun, dem Menschen, so dass ‚naturgesetzliche‘ Aussagen nicht zu erwarten seien.

Die Ergebnisse der Abschlussinterviews sind reichhaltig. Die Motivation zur Mitarbeit in TRANSENS hat sich grob gesagt im Verlauf des Verbundvorhabens meist nicht komplett geändert. Im Vordergrund standen zunächst Neugier, Interesse an der wissenschaftlichen Arbeit bzw. am Entsorgungsthema. Es sind jedoch neue Aspekte dazugekommen, wie etwa der Gruppenzusammenhalt und die Freude am gemeinsamen Arbeiten auf Augenhöhe. Es hat sich ein ‚group spirit‘ herausgebildet. Das Vertrauen war von Beginn zwar da; es hat sich aber eine qualitative Änderung bzw. Ergänzung ergeben. Zur allgemeinen Konfidenz in ‚die Wissenschaft‘ kam schließlich persönliches Vertrauen in die Forschenden; nicht zuletzt durch den wiederholten Austausch, die Begegnung auf Augenhöhe mit Ernstnehmen und Offenheit/Zugewandtheit.

Rückholbarkeit

Zum Thema der Rückholbarkeit sind folgende Ergebnisse erwähnenswert: Aus dem WS 1 konnte die Bedeutung der Rückholbarkeit für das Vertrauen in die Tiefenlagerung abgeleitet werden. Von der AGBe wird diese als sehr hoch eingeschätzt. Die geplante Podiumsdiskussion mit den Expert:innen der TU Braunschweig wurde eher zu einem Frage-Antwortspiel („ask an expert“) und hat daher nicht so funktioniert wie beabsichtigt. Das hohe Vertrauensniveau der AGBe hat nicht zu einer unkritischen Reproduktion der vermittelten Inhalte geführt: Bei der Entscheidung für ein Wirtsgestein für die numerischen Berechnungen wurde Tonstein gewählt, obwohl die stark beworbene Expertise des Instituts für Geomechanik und Geotechnik der TU Braunschweig bei Steinsalz gelegen hätte.

WS 2: Der technische Teil des Workshops war für die AGBe eine Herausforderung, da sie sich sehr intensiv mit diesen Themen auseinandersetzen musste. Der interaktive bzw. adaptiv gestaltete Vortrag zu den Ergebnissen der numerischen Berechnungen, bei dem bei Bedarf und auf Wunsch des Publikums tiefer in die einzelnen Aspekte eingestiegen werden kann, kam gut an. Es wurde das Erfordernis, Modellannahmen offen zu kommunizieren, betont. Eine gute wissenschaftliche Kommunikation ist dafür Voraussetzung, dass sich die Begleitgruppe gewinnbringend beteiligen kann. Bei der Diskussion über die Entscheidungsprozesse in Rahmen einer potenziellen Rückholung wurde klar, wie schwierig und komplex gesellschaftliche Prozesse bei einer solchen Entscheidung abzuschätzen sind und dass eine solche Entscheidung auch Profiteure haben kann. Diskutiert wurden vor allem die Rolle der Medien und der Politik bei einer solchen Entscheidung.

WS 3: Die bisher eher an gesellschaftswissenschaftlichen Fragestellungen beteiligte DIPRO-Begleitgruppe konnte in die Diskussionen im Rahmen des zu erstellenden Bürgergutachtens eine neue Perspektive einbringen und von der AGBe zu den Entscheidungsprozessen zur Rückholung lernen.

Die Verkettung der Ungewissheiten wurde für den Fall einer potenziellen Rückholung analysiert. Ein Beitrag zu Unsicherheiten ist im TRANSENS-Arbeitsbericht 4 enthalten (Hassel et al. 2021a). Darüber hinaus wurde an der Erstellung des Springer-Bandes zu Ungewissheiten mitgewirkt (Eckhardt et al. (Hg.) 2024).

Der numerische Demonstrator zur Rückholung wurde als zweidimensionales Modell einer Einlagerungsstrecke entworfen. Daraus wurden maßgebende Parameter für die numerischen Berechnungen aus der Literatur abgeleitet und ‚Worst-Case‘- sowie ‚Best-Case‘-Szenarien für diese Parameter entwickelt. Zudem wurden mechanische und thermische Berechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden einer Plausibilisierung unterzogen und mit einschlägiger Literatur verglichen. Dieses Vorgehen mit der AGBe diskutiert werden, woraus wichtige Erkenntnisse abgeleitet werden konnten.

Monitoring

Die adressatengerechte Information und Kommunikation im Zusammenhang mit dem Endlagermonitoring konnte als relevantester Themenbereich für die AGBe-Mitglieder identifiziert werden. Die Diskussionen zu Information und Kommunikation haben eine detaillierte Vorstellung dazu aufgezeigt, was, an wen und wie kommuniziert werden sollte, um das Endlagermonitoring als vertrauensförderndes Instrument der interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Dabei lassen sich folgende übergeordnete Anforderungen für eine adressatengerechte Information und Kommunikation festhalten: leicht zugänglich und bei Bedarf persönlich, verständlich und nachvollziehbar, themenübergreifend, kontextualisiert und mit gestaffelter Komplexität/Detailliertheit, unabhängig und objektiv, zeitnah und auf Langfristigkeit angelegt.

Ein weiteres relevantes Themenfeld für die AGBe-Mitglieder war die technische Ausgestaltung des Endlagermonitorings. Demnach sollte ein Endlagermonitoring frühestmöglich beginnen, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, flexibel sein, um auf zukünftige technologische Fortschritte reagieren zu können und eine redundante Messtechnik aufweisen, um sicherzustellen, dass Daten zuverlässig erfasst werden können. Zudem war ein Spannungsfeld zwischen Erkenntnisgewinn und Sicherheitsverzehr durch das Endlagermonitoring u.a. daran zu erkennen, dass die anfängliche Anforderung an eine intensive, flächendeckende Überwachung sich im Verlauf der drei Workshops zur Anforderung einer repräsentativen räumlichen Überwachung verschoben hat.

Die Ergebnisse der zweiten und dritten Workshops hat gezeigt, dass die AGBe-Mitglieder auch das Themenfeld der Entscheidungsfindung auf Basis von Monitoringdaten als relevant erachten. Nach Aussage der AGBe-Mitglieder sollten bei der Entscheidungsfindung auf Basis von Monitoringdaten bereits im Vorfeld Referenzwerte nach dem Stand der Technik und konkrete Handlungsoptionen definiert werden, mögliche Ereignisse im Hinblick auf ihre Tragweite, den Handlungsbedarf und die Meldepflicht kategorisiert werden und Strukturen mit verantwortlichen Personen und gegebenenfalls deren Vertreter:innen festgelegt werden. Zudem hat sich ein Spannungsfeld zwischen Vertrauen und Transparenz durch Beteiligung auf der einen Seite sowie Effizienz auf der anderen Seite aufgezeigt. Grundsätzlich wurden schnelle, sichere, fundierte und vorzugsweise demokratisch getroffene Entscheidungen gefordert, wobei der Entscheidungsprozess transparent und nachvollziehbar ausgestaltet werden muss. Die Möglichkeit der Beteiligung betroffener oder zukünftig betroffener Bürger und Bürgerinnen an der Entscheidungsfindung auf Basis von Monitoringdaten wurde als positiv im Hinblick auf das Vertrauen und die Transparenz bewertet.

Die identifizierten sozialen Anforderungen zur Kommunikation und Information sowie die Möglichkeit der Beteiligung im Zusammenhang mit dem Endlagermonitoring wurden durch die Bearbeiter der TU Clausthal in einer generischen Konzeption für ein partizipatives Endlagerobservatorium (PEO) zusammengeführt, welches in Othmer (2024) detaillierter ausgeführt wird⁸⁵. Das Konzept eines partizipativen Endlagerobservatoriums ist von Seiten der AGBe-Mitglieder sehr positiv aufgenommen worden. Es scheint also eine gute Idee zu sein, in einer Art Besucherzentrum den aktuellen Status des Endlagers darzustellen, wenn sich auch für längere Zeit nichts Bemerkenswertes tut, dient es der Transparenz.

Bürgermessstelle

An der Bürgermessstelle in Remlingen konnte gezeigt werden, dass die Zusammenarbeit zwischen universitärem Institut und Bürger:innen bei der Umweltüberwachung einmalige Chancen bietet, aber auch mit spezifischen Herausforderungen konfrontiert ist (Schulz et al. 2023). So sind Bürgerinnen und Bürger grundsätzlich offen für einen Dialog auf Augenhöhe und nehmen den direkten Einbezug in die Forschung als wertschätzend gegenüber ihrem persönlichen Engagement wahr (Bister et al. 2024).

Allerdings sind Kommunikation und didaktische Reduktion von Radioaktivitäts-Messwerten sehr aufwändig. Zudem bleibt auch bei guter didaktischer Reduktion und Transparenz die Notwendigkeit, dass Bürger:innen einer Messstelle Vertrauen entgegenbringen. Dieses Vertrauen aufzubauen und zu halten ist ein langwieriger Prozess, der nur über den persönlichen Kontakt funktioniert. Auch ist es ohne hierfür vorgesehene finanzielle Mittel schwer, Bürger:innen für eine (dauerhafte) Mitarbeit zu motivieren und zu halten. Die ‚stille Mehrheit‘ der Bevölkerung beteiligt sich an einem solchen Projekt nur wenig. So waren es in erster Linie engagierte Bürger:innen, die auch im öffentlichen Diskurs aktiv sind, die sich aktiv mit der Messstelle beschäftigten.

Eine starke und feste Integration einer Bürgermessstelle gemeinsam mit lokalen Akteuren und Privatpersonen, die eine intrinsische Motivation an der Überprüfung von Messwerten der Umweltüberwachung haben, ist eine wesentliche Grundbedingung für die Entfaltung von Relevanz eines solchen Projektes. Die erarbeiteten Konzepte zur Zusammenarbeit sowie zur adressatengerechten Kommunikation von Messergebnissen können helfen, zukünftige Projekte und Konzepte zum Einbezug der Bevölkerung in Messungen von Radioaktivität wesentlich zu verbessern (Schulz/Krütli/Walther in Vorbereitung).

Schulen nehmen zusätzliche Messangebote gern an. Über die Vermittlung von Fachwissen hinaus hat die Durchführung hierfür entwickelter Unterrichts-Messeinheiten auch Auswirkungen auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit dem Thema Radioaktivität, sowie auf deren Wahrnehmung der Risiken, die im Umgang mit Radioaktivität zu beachten sind. So konnte im Rahmen einer Bachelorarbeit (Schmidt-Müller 2024) eine Stärkung der Kompetenzen bezüglich Einordnung von Umweltradioaktivität, sowie ein klarer Zusammenhang der Durchführung solcher Messeinheiten und einer Veränderung (Verringerung) der Risikowahrnehmung bei Schülerinnen und Schülern nachgewiesen werden.

⁸⁵ Siehe auch: Lux, K.-H./Othmer, J. A./Wolters-Zhao, R./Feierabend, J. (2022): Ergebnisbericht über den 2. AGBe-Workshop zum Thema Monitoring. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.

Reflexion der Mitarbeit im TAP TRUST durch die Arbeitsgruppe Bevölkerung

Seit dem ersten Zusammentreffen der Mitglieder der AGBe im Herbst 2020 sind insgesamt vier Jahre vergangen, in denen sich die Gruppenmitglieder gefunden und ein soziales Netzwerk aufgebaut haben. Nach der Kick-Off-Veranstaltung in Hannover traf die AGBe zu mehreren Gelegenheiten digital (größtenteils während der Pandemie) und in Präsenz zusammen. Von den ehemals 17 Teilnehmenden, die zum ersten informellen Treffen in Hannover anreisten, sind mittlerweile noch 12 Mitglieder in jeweils unterschiedlicher Konstellation in Meetings, Workshops und Tagungen aktiv.

Da es sich bei der Mitarbeit in der AGBe um eine ehrenamtliche Tätigkeit handelt, die neben Beruf, Studium oder Familie ausgeübt wird, war es nicht immer für alle möglich, an jeder Veranstaltung teilzunehmen. Für alle, die nicht teilnehmen konnten, erfolgte jedoch meist ein kurzer Bericht im Rahmen des nächsten ‚Stammtisches‘.

Der Stammtisch etablierte sich bereits kurz nach Beginn des Projekts in Form eines monatlichen digitalen Meetings, da aufgrund der über die Bundesrepublik verteilten Wohnorte persönliche Treffen nicht möglich waren. Dieses Angebot diente zum Austausch untereinander, bestand über den ganzen Projektzeitraum und wurde von einem festen Kern regelmäßig wahrgenommen.

Vor allem aufgrund des Pilotcharakters des Projekts war die Möglichkeit, sich in einem rein auf die AGBe begrenzten Rahmen auszutauschen, sehr hilfreich. Die Aufgaben und die Einbeziehung in das TAP TRUST wurden über die Laufzeit zwar deutlicher, aber einzelne Fragen, Ereignisse oder Eindrücke wurden gerne in der Kleingruppe besprochen.

Die von Anfang an gezeigte Offenheit der Forschenden für Fragen seitens der AGBe wurde über den Projektzeitraum beibehalten. Gleichzeitig sorgten die Ansprechpartner:innen mit einer weiterhin engmaschigen Betreuung für die fortgesetzte Einbeziehung der AGBe durch die Teilnahme an Workshops und Arbeitstreffen.

Auch von Seiten der anderen TAPs bestand Interesse, mit der AGBe in Austausch zu gehen, und die anvisierte transdisziplinäre (td) Arbeit konnte auf diese Weise angegangen werden, auch wenn Umfang und Ausführung der Beteiligung der AGBe zu Beginn noch offen waren.

Neue Herausforderungen

Angesichts der großen Vielfalt an Methoden der transdisziplinären Arbeit sowie des Umstands, dass auch die Bedeutung von Transdisziplinarität keineswegs so eindeutig ist, wie anfangs angenommen, musste sich zunächst an die Aufgaben herangetastet werden. Neben den Erkenntnissen, die sich der AGBe erschlossen, dürften sich auch für die begleitenden Wissenschaftler:innen Impulse und Ideen ergeben haben – sowie die Konfrontation mit Fragen, die man zunächst nicht bedacht hatte.

Da auf diese Herausforderungen flexibel reagiert wurde, boten sich jedoch auch neue Wege. Im Falle der AGBe äußerte sich diese Flexibilität im Sinne eines Co-Designs, d. h. es kristallisierten sich Fragestellungen und Themenwünsche heraus, die als Input von Seiten der Forschenden angenommen wurden. Daraus resultierten Workshops oder gelegentlich auch eine (digitale) Einzelsitzung in Form eines kurzen Impulsvortrags zu einem Wunschthema mit der Möglichkeit, Fragen stellen zu können. Dies stellte quasi ein

Angebot exklusiver Auseinandersetzung zu einer von der AGBe gewünschten Fragestellung dar, wie etwa die nähere Beschäftigung mit den FEPs im Safety Case.

Dass ein Thema bei genauerer Betrachtung vielseitiger sein kann als zunächst angenommen, zeigte sich beispielsweise beim bereits erwähnten Thema Monitoring. Der Aspekt des Sicherheitsverzehr rückte im Laufe des Workshops mehr in den Fokus und führte zu einer anderen Bewertung. Es wurde deutlich, dass die Waage gehalten werden muss zwischen einem gründlichen Monitoring für zusätzliches Wissen und dem Aspekt der Sicherheit. Um sich solche Blickwinkel bewusst machen zu können, ist Wissen und eine gründliche Auseinandersetzung mit der Thematik notwendig.

Verstärkte Einbeziehung der Gruppe

Nach der Erfahrung, dass für die Beurteilung bestimmter Sachverhalte Vorkenntnisse wichtig sind, entwickelte die Gruppe Interesse an weiteren Themen. So stand die Frage des Aufbaus und der Sicherheit der ‚Behälter‘ in einigen Gesprächen im Fokus, sodass auch hier an einem Sondertermin seitens der Wissenschaftler:innen eine intensivere Betrachtung ermöglicht wurde. Anhand eines Einstiegsvortrags wurde die Basis für den Diskussionsteil geschaffen, in dem Fragen gestellt werden konnten.

Mit der Zeit und der weiteren Teilnahme an Veranstaltungen und Workshops wuchs das Selbstvertrauen der einzelnen Mitglieder der AGBe. Auch jene, die anfangs erst einmal zurückhaltend geblieben waren, trauten sich, offen ihre Fragen zu stellen.

Weitere Formate der Zusammenarbeit ergaben sich durch die Mitwirkung an Publikationen im TRANSENS-Projekt. Die Frage nach ‚Ungewissheiten‘ wurde zum Thema eines Sammelbandes, zu dem eine kleine Gruppe aus der AGBe ein Kapitel beisteuern konnte (Kramer et al. 2024a). An einer Veröffentlichung gemeinsam mitzuwirken, war eine spannende Erfahrung.

Es folgte anschließend ein weiterer Beitrag, diesmal zum Thema ‚Transdisziplinarität‘ (Kramer et al. 2024b). Erneut bestand das Team aus einer kleinen Gruppe, die die Sicht der AGBe auf diesen zentralen, aber auch weitläufigen Begriff darlegen und so aktiv teilhaben konnte.

Im direkten Austausch mit der DIPRO Begleitgruppe hatte die AGBe bei einem Arbeitstreffen in Darmstadt die Gelegenheit, ein Zeitfenster im Tagungsprogramm mit einem eigenen Beitrag zu füllen. Am Konzept waren Mitglieder beider Gruppen gleichermaßen beteiligt. In Kleingruppen bereitete man die Fragestellungen für die Gestaltung des Programms vor Ort vor: Neben einer szenischen Darstellung einer Bürger-Demonstration als Input und Gruppenarbeiten zu verschiedenen Fragen stand auch der Austausch mit den Wissenschaftlern auf dem Programm.

Die AGBe hatte den Eindruck, im Austausch ernst genommen zu werden. Dieser wurde dadurch verstärkt, dass man als Laie eine Stimme hatte und sehen konnte, dass die selbst erarbeiteten Fragen, mit denen sich die einzelnen Kleingruppen auseinandersetzten, auch Forschende zur Diskussion anregten.

Auch bei öffentlichen Veranstaltungen wurde die AGBe miteinbezogen. So nahmen Vertreter:innen der Gruppe im Dezember 2023 an der öffentlichen Veranstaltung der

Leibniz Universität Hannover „Leibniz UniverCity“ teil. In einem Programmpunkt dieses Events waren unter anderem Informationen zur Arbeit von TRANSENS vorgesehen, und die Mitglieder der AGBe kamen an einem entsprechenden Stand mit Bürger:innen ins Gespräch.

Die Umsetzung von solchen Aktionen wäre zu Beginn der Projektlaufzeit aufgrund des Pilotcharakters schwierig gewesen, denn es gab weder einen festgelegten Plan, wie und in welchem Umfang die AGBe einbezogen werden sollte, noch eine Vorstellung davon, wozu die Mitglieder der AGBe bereit und fähig sein würden. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen und der Entwicklung, die sowohl die AGBe als auch das sie betreuende Umfeld durchliefen, entstanden jedoch ein Klima und eine Vertrauensbasis, die die Einbeziehung der Laiengruppe innerhalb eines wissenschaftlichen Projekts ermöglichten.

Ein Fazit nach vier Jahren

Nicht alle anfänglichen Unklarheiten konnten bis zum Ende beseitigt werden, doch viele traten hinter ganz anderen Aspekten zurück. Durch den von traditioneller Wissenschaft abweichenden Ansatz unterscheidet sich das Verbundprojekt TRANSENS von bisherigen Projektvorhaben seiner Art und hat damit eine neue Plattform des Austauschs geschaffen, der – wenn auch in einem eingegrenzten Rahmen – die Partizipation von Laien ermöglicht.

Neben der Tatsache, dass ein neues Vorgehen mit Einbeziehung von Laien in ein Vorhaben zur nuklearen Entsorgungsforschung auch neue Methoden und Wege bedingt und ermöglicht, schufen zusätzlich Transparenz (wie bereits in der Projektbeschreibung prognostiziert) sowie Wertschätzung die Voraussetzungen für eine erfolgreiche transdisziplinäre Arbeit.

Da ein deutliches Interesse an der Meinung der AGBe geäußert und anfängliche Zurückhaltung seitens anderer TAPs abgelegt wurde, ist vor allem die Wertschätzung nach dem Empfinden der Mitglieder der AGBe gegeben – und beruht auf Gegenseitigkeit.

TAP Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance (DIPRO)

Einleitung

Prozessgestaltung und Kommunikation an der Schnittstelle von Gerechtigkeit, Recht und Forschung

Forschungsgegenstand in DIPRO waren Prozesse auf dem Weg zur Realisierung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland, auf die sich die Gestaltungsmöglichkeiten verschiedener Stakeholder richten. Vor dem Hintergrund der soziotechnischen Komplexität der langfristigen Tiefenlagerung standen in DIPRO der Standortauswahlprozess, Prozesse der politischen Regulierung (Governance) und der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie der Beteiligung von Bürger:innen im Forschungsprozess im Vordergrund des Interesses. Angesichts stark polarisierter Konfliktkonstellationen in der Geschichte der Nutzung der Atomenergie in Deutschland sowie der umstrittenen Versuche der langfristigen Lagerung der hochradioaktiven Abfälle und der Anforderungen durch das novellierte Standortauswahlgesetz wurden diese Prozesse unter normativen Kriterien der Gerechtigkeit, die bei näherer Betrachtung aus mehreren Dimensionen besteht, Transparenz, Lernfähigkeit (Resilienz) und Ergebnisorientierung erforscht.

Einerseits wurde die Ausgestaltung der Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen der Teilgebietskonferenzen und der „Foren Endlagersuche“ untersucht, weil hier bereits praktisch und beobachtbar an der langfristigen Tiefenlagerung gearbeitet wird. Als Beitrag zur Vorbereitung des darauffolgenden Beteiligungsformats in der Standortsuche fand andererseits die Auseinandersetzung mit Kompensationsfragen und der Standortvereinbarung statt, die aufgrund des fortschreitenden Verfahrens und fortschreitender wissenschaftlicher Durchdringung nach und nach an Bedeutung gewinnt. Für die weitere Gestaltung der Standortauswahl für die langfristige Tiefenlagerung als gemeinsame Leistung von Staat, Wissenschaft und Gesellschaft wurden die Dimensionen der Verfahrens- und intergenerationellen Gerechtigkeit analysiert sowie die Zeithorizonte des Prozesses und insbesondere die 2022 neu eingeschätzte Entscheidungsfrist für einen Standort kritisch betrachtet. In diesem Zusammenhang wurde auch die Notwendigkeit beleuchtet, die Endlagerung in ihrer Verbindung zur Zwischenlagerung (siehe auch „TAP Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (HAFF)“) sowie zum ‚Atomausstieg‘ (vgl. Präger/Brunnengräber/von Hirschhausen 2023) als Teil einer umfassenden atompolitischen (Energie-)Wende in Deutschland zu betrachten. Diese Stränge wie auch die damit zusammenhängenden Arbeiten in DIPRO sind der anwendungsorientierten Grundlagenforschung und inhaltlich dem DIPRO-Themenkorridor zuzuordnen.

Daneben fand die Auseinandersetzung mit Dialog und Kommunikation in DIPRO statt. Im Standortauswahlgesetz hat der Gesetzgeber in einem überparteilichen Konsens die Öffentlichkeitsbeteiligung am Leitbild eines dialogorientierten Prozesses ausgerichtet. Damit wird der Kommunikation und ihrer Qualität in den Beteiligungsformaten eine

besondere Bedeutung zugewiesen. Erkenntnisse dazu wurden in DIPRO aus dem Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft gewonnen. Die Verständigung mit Praxispartner:innen aus der nicht-akademischen Welt hat zu wertvollen Erfahrungen und Rückschlüssen geführt: Sei es die Anforderung, mündlich wie schriftlich verständlich zu formulieren, seien es neue Formate (Rollenspiele) oder Produkte (Quartetts), die einen veränderten Zugang ermöglicht haben, bis hin zu konzeptionellen Überlegungen, wie Dialog und Kommunikation über ein Problem erfolgen können, wo kaum Einigkeit über die Problembeschreibung besteht oder darüber, wie eine Lösung zu erzielen ist. Die Erkenntnisse zu diesen Themen sind als Ergebnisse zur transdisziplinären Forschung zuzuordnen.

Methodisches Vorgehen im TAP DIPRO

Die Forschenden des TAP DIPRO haben sich zunächst in einem internen Abstimmungsprozess auf eine gemeinsame Forschungsfrage geeinigt: Wie und mit welchen Ergebnissen können transdisziplinäre Dialoge mit Praxispartner:innen über Recht, Governance, Gerechtigkeit geführt werden und welchen Beitrag leisten sie bei der Gestaltung eines guten Entsorgungsprozesses?

Neben der disziplinären sowie in konkreten Fällen interdisziplinären Aufbereitung von Themen war die Arbeit im TAP DIPRO vor allem durch ein zweispuriges transdisziplinären Herangehen gekennzeichnet: Einerseits durch eine klare Struktur mit einer Abfolge von Workshops für Bürger:innen, die bereits im Projektantrag angelegt war und die den Rahmen für die verschiedenen inhaltlichen Schwerpunktsetzungen gegeben haben, insbesondere: die Endlagerung als 'wicked problem' (Workshop in Berlin), Verfahrensgerechtigkeit und Kommunikation (Kiel), Kompensationen (Karlsruhe) sowie Zwischenlagerung (Brokdorf, Greifswald und Heilbronn). Andererseits war die Forschungsarbeit im TAP DIPRO durch die Zusammenarbeit mit der DIPRO-Begleitgruppe (DBG) geprägt. Diese Gruppe an Bürger:innen hat die Forschungsarbeiten nahezu über die gesamte Laufzeit von TRANSENS begleitet und mitgestaltet. Für die situative wie dauerhafte Zusammenarbeit wurden Methoden aus den Tool-Boxen der Transdisziplinarität (z. B. der Akademien der Wissenschaften Schweiz) sowie partizipativen Ansätzen ausgewählt oder im Einzelfall neu entwickelt (vgl. unten: Rollenspiele).

Aus der dauerhaften Zusammenarbeit mit der DIPRO-Begleitgruppe heraus war der einhellige Wunsch aufgekommen, die DIPRO-Begleitgruppe über die im Projektantrag vorgesehene Evaluierung von Forschungsprodukten hinaus am Ende eines Erkenntnisprozesses auch in die Co-Produktion miteinzubeziehen. Der transdisziplinäre Anspruch, auch das Forschungsdesign gemeinsam zu entwickeln (Co-Design), konnte in kleinerem Umfang im Rahmen des Themenkorridors eingelöst werden, der seiner Funktion nach zur weiteren kollaborativen Ausgestaltung eingeladen hat. Angesichts der Schwierigkeit, die dadurch entstandenen, neuen Forschungsfragen mit der auf wissenschaftlicher Seite formulierten Forschungsfrage in Einklang zur bringen, hat sich das Co-Design in der Konzipierung und Entwicklung konkreter Forschungsabläufe besser bewährt, insbesondere des Workshops zum Thema Endlagerung als 'wicked problem' sowie des WebGIS (s. u.).

Zur Vertiefung wird insbesondere auf die drei selbstreflexiven DIPRO-Forschungsberichte verwiesen, die zum Start, zur Halbzeit und zum Ende erarbeitet wurden, um die DIPRO-

Forschung zu dokumentieren, die aber auch zur Selbstbefragung und Nachsteuerung für die eigene Arbeit genutzt wurden (Smeddinck 2021a; Smeddinck/Berg 2024; Smeddinck/Berg/Hassel im Erscheinen).

Ausgewählte Ergebnisse des TAP DIPRO

Für diesen kondensierten Bericht werden ausgewählte Ergebnisse aus der DIPRO-Forschung vorgestellt, die einen repräsentativen Eindruck von den im TAP DIPRO bearbeiteten Themen ermöglichen sollen. Die Ergebnisse sind in drei Gruppen eingeteilt: Zuerst werden die Ergebnisse zur transdisziplinären Forschung dargestellt, die das Thema Dialog und Kommunikation betreffen. Anschließend werden Ergebnisse präsentiert, die dem DIPRO-Themenkorridor zuzuordnen sind (Ausgestaltung der Öffentlichkeitsbeteiligung, Kompensationsfragen und Standortvereinbarung, Verfahrens- und intergenerationelle Gerechtigkeit, Zeithorizonte des Prozesses) oder dem Korridor erweitert haben (Verbindung zur Zwischenlagerung sowie zum „Atomausstieg“).

1. Dialoge von Wissenschaft und Gesellschaft zu Aspekten des Rechts, Gerechtigkeit und Governance in der Endlagerung: Gestaltungsmöglichkeiten und -empfehlungen

Dialoge zwischen Wissenschaftler:innen und Bürger:innen fanden insbesondere im Rahmen der DIPRO-Workshops statt. Es wurden insgesamt drei Workshops mit Anwendung transdisziplinärer Methoden sowie drei Gespräche mit Bürger:innen, die einen partizipativen Ansatz erprobt haben, durchgeführt.⁸⁶ Insbesondere durch die Planung und Durchführung der Workshops in Berlin und Karlsruhe, der Bürgergespräche sowie des Sonderprojekts WebGIS konnte entsprechend der gemeinsamen Forschungsfrage festgestellt werden, wie Dialoge mit Bürger:innen geführt werden können. Die zentralen Ergebnisse sind in den folgenden Textkästen 1-4 festgehalten.

Der im Museum für Naturkunde in Berlin durchgeführte DIPRO-Workshop mit dem Titel „(Nicht) Mein Endlager?“ sollte durch die räumlich-thematische Nähe zu den Dinosauriern im Museum veranschaulichen, mit welchen enormen Zeiträumen und Herausforderungen die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle verbunden ist. Der Workshop legte den Schwerpunkt auf Szenarien in naher und ferner Zukunft. Auch hierbei wurde mit der DIPRO-Begleitgruppe zusammengearbeitet. Deren Mitglieder waren sowohl in der Entwicklung der Forschungsfragen des Workshops, dessen Durchführung sowie der Nachbereitung eingebunden. Aus den Ergebnissen (Brunnengräber et al. 2023a) sind die folgenden hier festzuhalten:

⁸⁶ Zum Unterschied und kritischen Aspekten siehe Sierra 2024b.

Es ist ein schwieriges Unterfangen, bisher Unbeteiligte in das Thema der Standortauswahl einzubinden. Szenarien können jedoch gut dazu beitragen, über plurale Lösungswege zu diskutieren. Darüber hinaus tragen eine möglichst konkrete Fragestellung sowie eine externe Moderation dazu bei, dass eine möglichst hierarchiefreie Diskussion stattfindet.

Textkasten II.1: Zentrale Ergebnisse zur td Forschung aus dem Workshop in Berlin

Im DIPRO-Workshop in Karlsruhe diskutierten die Teilnehmenden über den finanziellen Ausgleich für die Ansiedlung eines Endlagers anhand der transdisziplinären Methode Soft Systems Methodology und Idea Tree. Insbesondere wurde das Rollenspiel-Format weiter erprobt. Zunächst konnten wir in einer Frühphase der Zusammenarbeit mit unserer Bürgerbegleitgruppe mit Hilfe eines eigens erfundenen „Steckbrief-Rollenspiels“ das Eis brechen, da damals das Kennenlernen und die Zusammenarbeit wegen der Corona-Pandemie nur online stattfinden konnten (Smeddinck/Berg/Hassel (Hg.) im Erscheinen). Die Teilnehmenden der Bürgerbegleitgruppe wie der Wissenschaftsgruppe wurde gebeten, ein paar Angaben zur Person, insbesondere aber das eigene Interesse am Thema zu formulieren. In 2 Runden schlüpfen erst die Wissenschaftler:innen in die Bürger:innen-Rolle und dann umgedreht. Im Workshop in Karlsruhe diskutierten die Teilnehmenden in einem weiteren Rollenspiel über den finanziellen Ausgleich für eine fiktive Standortgemeinde für ein Endlager. Die verschiedenen Rollencharaktere sollten rechtfertigen, warum sie jeweils einen Anspruch im Verfahren haben sollten. Der Aktualisierung bloßer Stereotypen wurde dadurch entgegengewirkt, dass beim Entwurf der „Rollen“ auf differenzierte Charaktere geachtet wurde, die dann von den Teilnehmenden zum Leben erweckt werden mussten. Zur allseitigen Überraschung sprachen sich die Teilnehmenden im Ergebnis gegen individuelle Ansprüche auf Kompensationen aus (Scharpf et al. 2025). Das Potential der Rollenspiele für die transdisziplinären Dialoge lässt sich aus der zweifachen Erprobung so festhalten:

Rollenspiele haben sich als ebenso niederschwellige wie gute Möglichkeit erwiesen, mit Bürger:innen ins Gespräch zu kommen und zum Erkenntnisfortschritt beizutragen. Die wechselseitige Perspektivenübernahme wurde vor allem als wertschätzend empfunden.

Rollenspiele bieten erkennbar ein Potential nicht nur für Perspektivwechsel, sondern auch für Verständnis für andere Positionen und für die Lösungsfindung.

Textkasten II.2: Zentrale Ergebnisse zur td Forschung aus dem Workshop in Karlsruhe

Für die Bürgergespräche an den Zwischenlagerstandorten Brokdorf, Greifswald (für den Zwischenlagerstandort Nord Lubmin) und Heilbronn (für Neckarwestheim) wurde die jeweilige Bevölkerung vor Ort zu einer dreiteiligen Gesprächsreihe eingeladen. Die Rekrutierung der Bürger:innen erfolgte über UZBonn in einem zusammen entwickelten postalischen Anschreibeverfahren (bei telefonischer Akquirierung vermuten viele Bürger Trickbetrügerei), bei dem mit der Freigabe der Einwohnermelderegister aufgrund des wissenschaftlichen Forschungsanliegens per Zufall n=375; 16-35-jährige Bürger:innen der Region angeschrieben wurden. Die Akquirierungsparameter (Alter, Geschlecht usw.) müssen wissenschaftlich begründet werden: Hier war der Gedanke, dass die

Zwischenlagerentwicklung vor allem die jüngeren Kohorten `betrifft`. Die Reflexion über den Begriff der Betroffenheit wurde bei den Ergebnissen des Themenkorridors festgehalten. Die Parameter sind diskutabel; etwa im Hinblick auf den Rücklauf. Dieser lag im Durchschnitt bei 2%, d.h. ca. 8 Personen. Angesichts des niedrigen Rücklaufs lassen sich folgende Erkenntnisse festhalten und der weitere Forschungsbedarf identifizieren:

Es ist zu empfehlen, dass die Anzahl der Akquirierungsschreiben für Bürgerforen u.a. im Rahmen der Endlagersuche oder Zwischenlagersituation hoch angesetzt wird (mindestens n=3000). Die Bürger:innen empfehlen, Einladungsschreiben so niedrigschwellig wie möglich zu formulieren und Benefits (z. B. Aufwandsentschädigung, Verpflegung, geschützter Diskursraum, wissenschaftliches Empowerment, gemeinwohlorientierte Debattenkultur usw.) deutlich herauszustellen.

Ob die Bürgerakquirierung überhaupt eine Aufgabe von Transdisziplinaritätsforschung ist oder besser in Zusammenarbeit mit staatlichen Institutionen durchgeführt oder sogar gänzlich institutionalisiert werden sollte (etwa ähnlich zu Schöffennämtern), kann in Bezug auf ihren großen zeitlichen und finanziellen Aufwand kontrovers weiter diskutiert werden.

Textkasten II.3: Zentrale Ergebnisse zur td-Forschung aus den Bürgergesprächen an Zwischenlagern

Das DIPRO-Projekt WebGIS (webbasiertes geographisches Informationssystem) wurde aus der Beobachtung heraus entwickelt, dass Kommunikation und Transparenz bei der Standortsuche eine entscheidende Rolle spielen, jedoch eine Vielzahl an Informationsquellen den Überblick erschwert. Vor diesem Hintergrund bietet das WebGIS eine vielversprechende Möglichkeit, relevante Informationen zu bündeln, geografisch zu ordnen und Interaktionen zu ermöglichen. In DIPRO wurde gemeinsam mit nicht-akademischen Akteuren das WebGIS entwickelt und evaluiert. Die angewandten transdisziplinären Methoden, insbesondere aus Pohl et al. (2017)⁸⁷, stellten sicher, dass alle Beteiligten auf Augenhöhe interagieren. In vier aufeinander aufbauenden Online-Workshops wurden Ideen gesammelt, umgesetzt, untersucht und ausgewertet. Besonders relevant war die gemeinsame Definition von Forschungsfragen und Schwerpunkten mit der DIPRO-Begleitgruppe, darunter die Rolle des WebGIS bei der Standortauswahl, seine Zugänglichkeit für verschiedene Bevölkerungsgruppen und die Förderung des Dialogs über die Standortauswahl. Die gesamte Studie wurde durch einen Abschlussbericht dokumentiert, der ebenfalls gemeinsam mit der DIPRO-Begleitgruppe verfasst wurde (Schwarz et al. 2023). Als zentrales Ergebnis dieser Studie für die transdisziplinäre Forschung und die Gestaltung von Dialogen mit Bürger:innen lässt sich festhalten:

⁸⁷ Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 26(1), S. 43-51

Der explorative Einsatz einer WebGIS-Anwendung zeigt das Potenzial zur kontinuierlichen Einbindung von Bürger:innen unterschiedlicher Erfahrungs- und Kenntnisstände. Über eine WebGIS-Anwendung können Menschen über Institutionen hinweg miteinander kommunizieren und sich unabhängig und kontinuierlich in die Endlagerstandortsuche einarbeiten. Das WebGIS als transdisziplinäre Anwendung hat gezeigt, dass die Wissensweitergabe barrierefrei funktioniert und ein intensiver Austausch im Sinne einer Co-Kreation ermöglicht wird.

Textkasten II.4: Zentrale Ergebnisse zur td-Forschung aus dem WebGIS

Eine Möglichkeit, den in DIPRO identifizierten Bedarf an niedrigschwelligen Angeboten zu decken, wurde in der Form von transdisziplinären Begleitprodukten entwickelt. Dazu gehören ein Fotoband mit Wanderausstellung⁸⁸ (Camurdas et al. 2023) sowie zwei Kartenspiele⁸⁹. Diese TD-Begleitprodukte zielen darauf ab, den Zugang zu transdisziplinären Dialogen für Personen zu erleichtern, die weniger mit der Entsorgungsthematik und dem soziotechnischen System der Atomenergie vertraut sind. Zudem können sie den Einstieg in die Erforschung von Partizipation im Entsorgungsprozess erleichtern und in einem vorgelagerten Schritt Anreize für die Auseinandersetzung mit der Thematik schaffen. Der Fotoband und die dazugehörige Ausstellung thematisieren den Übergang von der Nutzung der Atomenergie zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle, während die Kartenspiele im Quartett-Format verschiedene Reaktortypen und Neubaupläne von Atomkraftwerken vorstellen. Erste Erfahrungen in der Anwendung zeigten ein breites Interesse, insbesondere an Sicherheits- und Nachhaltigkeitsfragen, was die weitere Forschung in diesem Bereich unterstützt.

2. Angewandte Grundlagenforschung zu Aspekten des Rechts, Gerechtigkeit und Governance in der Endlagerung: der Themenkorridor in DIPRO

Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Themenkorridors in DIPRO verstehen sich im Sinne der anwendungsorientierten Grundlagenforschung und entsprechen der disziplinären Erarbeitung und interdisziplinären Verständigung über konkrete Forschungsgegenstände und Begriffe. Sie sind aber mit den transdisziplinären Arbeiten eng verbunden, sei es als gezielte Vorbereitung, sei es als wissenschaftliche Vertiefung von Fragen, die sich in der Diskussion mit nicht-wissenschaftlichen Akteuren als besonders relevant herausstellten. Insbesondere sind Bezüge zum transdisziplinär erforschten Thema Dialog und Kommunikation bei den hier zusammengefassten Ergebnissen festzustellen. Die konkreten Ergebnisse werden zur besseren Sichtbarkeit in den farbigen Textabschnitten festgehalten.

2.1. Ausgestaltung der Öffentlichkeitsbeteiligung

Zwischen 2020 und 2023 wurden vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) unter der Rechtsaufsicht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) sechs Veranstaltungen

⁸⁸ Camurdas, L.-J. et al. (2023): Einfach mal abschalten - und dann? Die Geschichte der deutschen Atomkraft und ihr radioaktives Erbe. München: oekom verlag.

⁸⁹ Hirschhausen, C.v./ Steigerwald, B. (2021): Transdisziplinäres Begleitprodukt - SMR-Quartett. Sowie Ebd. (2022): Transdisziplinäres Begleitprodukt - snR-Quartett

der Öffentlichkeitsbeteiligung zur Lagerung von hochradioaktiven Abfällen umgesetzt. Diese Veranstaltungen wurden mittels teilnehmender Beobachtungen und der Sichtung von Dokumenten einer Analyse unterzogen (Themann, die Nucci und Brunnengräber 2021; Themann et al 2021a; Schwarz, Themann und Brunnengräber 2021a, 2021b; Denk 2024; Brunnengräber, Denk und Themann 2024). Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem Workshop gemeinsam mit beteiligten Bürger:innen reflektiert und bei verschiedenen Sitzungen des Nationalen Begleitgremiums diskutiert.

Deutlich wurde, dass der ehemalige „harte Atomstaat“ auf dem Weg zum „weichen Endlagerstaat“ ist, dafür allerdings noch Machtasymmetrien abgebaut werden müssen. Herausgearbeitet wurde, dass es im Verlauf des Verfahrens zu einer Instrumentalisierung der Öffentlichkeitsbeteiligung gekommen ist (Denk/Brunnengräber 2024). Diese zeigt sich vor allem durch die rückläufige und schließlich geringe Beteiligung von Bürger:innen und soziale Ungleichheiten im Verfahren. Beim 2. Forum Endlagersuche in Halle wurden 25 Bürger:innen gezählt (ebd., 5) und am 3. Forum Endlagersuche in Würzburg nahmen lediglich 25 Bürger:innen teil⁹⁰. Vor allem staatliche Vertreter:innen aus Bund und Ländern sowie aus der Wissenschaft dominierten die Foren. Ein breiter gesellschaftlicher Konsens im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, wie es das Standortauswahlgesetz (StandAG) verlangt, ist auf diese Weise (bisher) nicht erreicht worden. Dagegen konnte aufgezeigt werden, dass durch den Einbezug möglichst vielfältiger Perspektiven durch eine inklusive Öffentlichkeitsbeteiligung wesentliche Vorteile für Sicherheit und Gerechtigkeit im Umgang mit den Abfällen erzielt werden können (Sieveking et al 2022).⁹¹

Anlässlich des DIPRO-Workshops in Kiel zur Verfahrensgerechtigkeit und Kommunikation ergab sich eher zufällig und en passant beim Versuch, im Gespräch die Regelung des lernenden Verfahrens im Standortauswahlgesetz zu erklären, wie schwer es für Menschen ohne rechtliche Vorbildung ist, die rechtlichen Wirkungsmöglichkeiten dieser Regelung zu verstehen. Eine Initiative anderer TRANSENS-Forscher:innen und der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF) (Smeddinck et al. (Hg.) 2022) wurde daher um eine Darstellung der Rechtslage ergänzt (Smeddinck 2022b). Abgesehen davon, dass es konkrete Regelungen zur Umsetzung eines lernenden Verfahrens im StandAG gibt, wurde dennoch die Aufgabe der Weiterentwicklung herausgearbeitet. Die Forderungen aus Gesellschaft und Wissenschaft wie die Aktivitäten zur Konkretisierung des lernenden Verfahrens lassen sich einerseits demokratiethoretisch wie auch rechtswissenschaftlich als innovative Formen kollaborativen Regierens (Smeddinck 2021j) und kollaborativer Regulierung einordnen. Die interdisziplinäre wissenschaftliche Grundlagenforschung ist das Fundament für neue Formen der Politikberatung in denen über TRANSENS hinausgehend mit den Hauptakteuren des Standortauswahlverfahrens an Verständigung über und Konventionen für das lernende Verfahren gearbeitet wird (Smeddinck/Hocke/Bechthold im Erscheinen). Über diese Aktivitäten wurde beim Planungsforum Endlager im Herbst 2023 berichtet, um auch von dort Anregungen und Hinweise mit in den Prozess zunehmen.

⁹⁰ Siehe hierzu und zum folgenden: Ehmke, Wolfgang (2024): Atommüll und Beteiligung? <https://umweltfairaendern.de/2024/12/03/atommuell-und-beteiligung-ehmke-ueber-oeffentlichkeit-und-atommuellagersuche/>

⁹¹ Siehe hierzu auch den Vortrag Themann, D. et al (2023): Handlungsempfehlungen und Thesen – Vorgetragen bei der 77. Sitzung des Nationalen Begleitgremiums am 12. September 2023 in Berlin, https://www.nationales-begleitgremium.de/SharedDocs/Downloads/DE/Downloads/77_Sitzung_Berlin-ON_12_9_2023/TOP_2_Vortrag_Partizipation_Doerte_Thiemann.pdf?__blob=publicationFile&v=3

ZENTRALE ERGEBNISSE ZUR AUSGESTALTUNG DER ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG

Die rückläufige und schließlich geringe Beteiligung von Bürger:innen und soziale Ungleichheiten im Verfahren lässt sich als Instrumentalisierung der Öffentlichkeitsbeteiligung im Verlauf des Verfahrens deuten. Vor allem staatliche Vertreter:innen aus Bund und Ländern sowie aus der Wissenschaft dominierten die Foren Endlagersuche. Ein breiter gesellschaftlicher Konsens im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen ist auf diese Weise (bisher) nicht erreicht worden. Durch den Einbezug möglichst vielfältiger Perspektiven durch eine inklusive Öffentlichkeitsbeteiligung können wesentliche Vorteile für Sicherheit und Gerechtigkeit im Umgang mit den Abfällen erzielt werden.

Die Forderungen aus Gesellschaft und Wissenschaft wie die Aktivitäten zur Konkretisierung des lernenden Verfahrens lassen sich einerseits demokratietheoretisch wie auch rechtswissenschaftlich als innovative Formen kollaborativen Regierens und kollaborativer Regulierung einordnen. Die interdisziplinäre wissenschaftliche Grundlagenforschung ist das Fundament für neue Formen der Politikberatung in denen mit den Hauptakteuren des Standortauswahlverfahrens an Verständigung über und Konventionen für das lernenden Verfahren gearbeitet wird.

2.2. Kompensationsfragen und Standortvereinbarung

Nur angedeutet ist im Standortauswahlgesetz (StandAG) in § 10 Absatz 4 Satz 3 die Möglichkeit eines (finanziellen) Ausgleichs für die Ansiedlung eines Endlagers in einer Standortgemeinde bzw. -region. Die Regionalkonferenzen, die als Format der Öffentlichkeitsbeteiligung, die ober – und untertägige Erkundung von Standorten begleiten, erhalten u.a. Gelegenheit zur Stellungnahme bei der Erarbeitung der sozioökonomischen Potenzialanalysen nach § 16 Absatz 1 Satz 3. Sie erarbeiten Konzepte zur Förderung der Regionalentwicklung und sind bei der letztendlichen Standortvereinbarung zu beteiligen. Das innovative Instrument der Standortvereinbarung ist bisher kaum wissenschaftlich aufgearbeitet. Im Rahmen des DIPRO-Workshops in Karlsruhe wurden Bürger:innen mit der Thematik befasst und Hinweise erarbeitet, was bei einer Standortvereinbarung zu beachten ist (Scharpf et al. 2025). Ein Kapitel ist darin dem bereits jetzt laufenden Aushandlungsprozess über den finanziellen Ausgleich für die Standortregion in der Schweiz gewidmet. Darauf aufbauend wurde in einem interdisziplinären Autorenworkshop Grundlagentexte zur Standortvereinbarung (Smeddinck/Sierra/Schwarz 2025), aber auch zu den methodisch vorangehenden sozioökonomischen Potenzialanalysen verfasst (Schwarz 2025).⁹² Die Standortvereinbarung konnte als ein Instrument konturiert werden, in dem ganz konkret an Gerechtigkeit gearbeitet, Gerechtigkeit von stärker Betroffenen gleichsam erlebt werden kann.

Die Möglichkeit des finanziellen Ausgleichs für die Ansiedlung eines Endlagers in einer Standortgemeinde wurde aus ethisch-philosophischer Perspektive detailliert betrachtet. Zur Vorbereitung möglicher Aushandlungsprozesse im Rahmen der Standortvereinbarung

⁹² Diese Arbeiten wiederum können einfließen in das disziplinäre Rechtsgutachten „Rechtswissenschaftliche Grundlagen zur Standortvereinbarung im Standortauswahlverfahren (REST)“ (Aktenzeichen: Z6-BASE62220/ 4723F10101), das vom BASE von 2023-2025 gefördert wird.

wurden Kompensationsansprüche diskursethisch analysiert (Ott 2025): ein (ggf. kollektiver) Akteur erhebt gegenüber einen zweiten (z. B. institutionellen) Akteur einen Anspruch auf Kompensation aufgrund eines Schadens, Risikos oder einer Belastung in einer bestimmten Höhe. Diese Analyse erlaubte einerseits, die Begründung von Kompensationsansprüchen sowie die Anerkennung dieser Gründe aus der Perspektive der potenziellen Akteure zu betrachten und andererseits weitere Bestimmungen zu treffen, insbesondere hinsichtlich der Gegenstände, d. h. ob Schaden oder Risiken kompensierbar sind, sowie der Höhe im Fall eines finanziellen Ausgleichs oder der alternativen Modelle im Fall des nicht-finanziellen Ausgleichs. Diese Analyse wurde in drei Gesprächen an Zwischenlagerstandorten mit jungen Bürger:innen ausdiskutiert (s.u.). Der Anerkennung eines Kompensationsanspruchs von Zwischenlagergemeinden wurde nicht von allen zugestimmt. Im Fall einer Anerkennung war die allgemeine Ansicht, dass nicht individuelle Geldleistungen, sondern vielmehr die strukturelle und langfristige Unterstützung der Gemeinde erwünscht ist. Diese langfristige Unterstützung wurde von den Teilnehmenden als Ausdruck der Generationengerechtigkeit angesichts einer verlängerten Zwischenlagerung angesehen.

Der Frage des Begriffs und Gegenstands von Kompensationen im Rahmen einer Standortvereinbarung wurde anhand einer Analyse von Fach- und grauer Literatur aus den Endlagerungsprozesse in Deutschland und der Schweiz nachgegangen (Sierra 2025a). Nach einer Abgrenzung aus rechtlicher Perspektive von bereits vorgesehenen Entschädigungsleistungen im Recht der Endlagerung (Scharpf 2025) wurde der negative Aspekt hervorgehoben, der im Begriff der Kompensation erfasst wird. Dieser Aspekt wurde in zentralen Dokumenten, die der Einführung der Standortvereinbarung im novellierten StandAG vorangehen, festgestellt. Dort steht er in Verbindung mit Gerechtigkeitsüberlegungen. Dies spricht dafür, finanzielle und andere Leistungen in die Standortvereinbarung im Sinne der Kompensation von Belastungen anstatt im Sinne von Abgeltungen aufzunehmen.

Eine Voraussetzung nicht nur des finanziellen Ausgleichs für Gemeinden, die die Lagerung der hochradioaktiven Abfälle übernehmen, sondern auch für den Gesamtprozess der kerntechnischen Entsorgung ist die langfristige Finanzierung, was Gegenstand der DIPRO-Forschung aus politik- und wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive wurde. Mit der Neuordnung der Entsorgung radioaktiver Abfälle im Jahr 2017 wurde auch deren Finanzierung neu strukturiert. Der Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung (KENFO) wurde eingerichtet, um den fünf ehemals haftenden Betreibern der westdeutschen Kernkraftwerke (PreussenElektra, RWE, Stadtwerke München, Vattenfall und EnBW) die Verantwortung für die Entsorgung der angefallenen und noch anfallenden Abfälle abzunehmen (von Hirschhausen/Wimmers 2023). Hintergrund war die politische Grundsatzentscheidung, die Verantwortung für die Entsorgung nunmehr komplett (also inclusive Endlagerstandortauswahl und Zwischenlagerung) in die Hand des Bundes zu legen. Entsprechend ist auch die finanzielle Verantwortung in den Fonds und damit auf den Bund übergegangen. Der KENFO soll die Entsorgungskosten in Deutschland durch die Anlage eines Vermögens von knapp 24 Milliarden Euro sichern, dabei jedoch

Nachhaltigkeits- und ESG-Kriterien berücksichtigen.⁹³ Hohe Renditen und Nachhaltigkeitsziele lassen sich allerdings kaum verbinden, sondern stehen oft im Widerspruch zueinander (Brunnengräber/Sievekking 2024). Aufgrund der Verzögerung der Standortauswahl für ein Endlager und der Performance des KENFO in den letzten Jahren stellt sich jedoch die Frage, ob die Finanzierung langfristig gesichert ist oder ob zukünftige Steuerzahler für die Kosten aufkommen müssen. Es wird diskutiert, ob proaktives Handeln, wie eine Aufstockung des Fondsvolumens aus heutigen Steuermitteln, analog zum Nuclear Liabilities Fund im Vereinigten Königreich⁹⁴ notwendig ist, um die Belastung zukünftiger Generationen zu minimieren. Dabei spielen die Unsicherheiten bezüglich der Kapitalmarktentwicklung und der Kostenentwicklung eine wesentliche Rolle, da bereits jetzt mit erheblichen Kostensteigerungen zu rechnen ist. Anders als in der Schweiz erstellt Deutschland allerdings keine Kostenpläne in denen ausgewiesen wird, welche Ausgaben insgesamt getätigt und wie diese im Zeitverlauf angepasst werden müssten (Brunnengräber 2024).

ZENTRALE ERGEBNISSE ZU KOMPENSATION UND STANDORTVEREINBARUNG

Die Standortvereinbarung konnte als ein Instrument konturiert werden, in dem ganz konkret an Gerechtigkeit gearbeitet, Gerechtigkeit von stärker Betroffenen gleichsam erlebt werden kann. Die Verbindung zwischen Belastungsausgleich und Gerechtigkeitsüberlegungen, die in vorbereitenden Dokumenten des Endlagerungsprozesses in Deutschland festgestellt wird, spricht für die Gestaltung finanzieller und anderer Leistungen in der zukünftigen Standortvereinbarung im Sinne der Kompensationen statt im Sinne von Abgeltungen.

Die Anerkennung eines Kompensationsanspruchs von Zwischenlagergemeinden wurde nicht von allen Teilnehmenden an dort organisierten Bürgergesprächen zugestimmt. Im Fall einer Anerkennung war aber die allgemeine Ansicht, dass nicht individuelle Geldleistungen, sondern vielmehr die strukturelle und langfristige Unterstützung der Gemeinde erwünscht ist.

Aufgrund der Verzögerung der Standortauswahl für ein Endlager und der Performance des KENFO in den letzten Jahren stellt sich die Frage, ob die Finanzierung langfristig gesichert ist oder ob zukünftige Steuerzahler für die Kosten aufkommen müssen. Es ist offen, ob proaktives Handeln, wie eine Aufstockung des Fondsvolumens aus heutigen Steuermitteln notwendig ist, um die Belastung zukünftiger Generationen zu minimieren. Dabei spielen die Unsicherheiten bezüglich der Kapitalmarktentwicklung und der Kostenentwicklung eine wesentliche Rolle, da bereits jetzt mit erheblichen Kostensteigerungen zu rechnen ist.

⁹³ Brunnengräber, A./Denk, A. (2024): Generationenkapital: Der Staat als Zocker. Blätter für deutsche und internationale Politik 4.

<https://www.blaetter.de/ausgabe/2024/april/generationenkapital-der-staat-als-zocker>

⁹⁴ Wimmers, Alexander et al. (2023): „Decommissioning of Nuclear Power Plants: Regulation, Financing, and Production“. DIW Data Documentation 104. Berlin: DIW Berlin, German Institute for Economic Research. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.864222.de/diw_datadoc_2023-104.pdf

2.3. Verfahrens- und intergenerationelle Gerechtigkeit

Die Diskussionen mit der DIPRO-Begleitgruppe sowie zwei Mitgliedern von Bürgerinitiativen im Rahmen des Workshops zu Gerechtigkeit und Kommunikation in Kiel haben den fachlich-wissenschaftlichen Blick auf das Thema Transparenz und Fairness ergänzt. Transparenz wird in philosophischen Gerechtigkeitstheorien und empirischen sozialpsychologischen und rechtswissenschaftlichen Forschungen zur Verfahrensgerechtigkeit im Sinne des Erfordernisses definiert, alle im Verfahren angewandten Regeln und Kriterien den Betroffenen zugänglich sowie die Regeln der Entscheidungsfindung hinreichend öffentlich zu machen. Dadurch soll eine opportunistische Anpassung von Gerechtigkeitsstandards in konkreten Situationen vermieden werden. Aus der Perspektive von Bürger:innen wird Transparenz insofern breiter aufgefasst, da einerseits die Offenlegung nicht nur Regeln und Kriterien, sondern ebenfalls Information und Erkenntnisse sowie Dissens und Mehrdeutigkeit betrifft. Andererseits wird Transparenz nicht nur als Eigenschaft eines Verfahrens, sondern auch als positives Merkmal von Akteuren und Systemen erfasst. Transparenz wurde zudem mit der Erwartung in Verbindung gebracht, dass „der Staat“ ehrlich und authentisch sein sollte (Sierra 2025c).

Drei weitere Aspekte von Fairness wurden zusammen mit Transparenz von den Teilnehmenden diskutiert: verschiedene Formen der Bürgerbeteiligung, insbesondere die Möglichkeit der Mitgestaltung im Standortauswahlverfahren, die Erfüllung von Bedingungen im Vorfeld des Verfahrens sowie die Rolle von Kommunikation und Sprache im Rahmen der Beteiligungsformate. Während Mitgestaltung in normativen Theorien der Verfahrensgerechtigkeit explizit analysiert wird, sind Kommunikation und Sprache aus erster Sicht keine Aspekte der Verfahrensgerechtigkeit in traditionellen philosophischen Gerechtigkeitsanalysen. Die wissenschaftliche Vertiefung zeigt jedoch, dass beide Aspekte nicht nur in neuere empirische Studien Eingang finden⁹⁵, sondern in gängigen Standards der Verfahrensgerechtigkeit impliziert werden, insbesondere in der Möglichkeit zur Mitgestaltung und des Vortragens der eigenen Anliegen („Stimme“) im Rahmen eines Verfahrens, da diese durch sprachlich-kommunikative Handlungen vollzogen werden (Sierra 2025c). Damit verbundene Erwartungen wie z. B. in Diskussionen der aktuellen Beteiligungsformate zwischen Sach- und Beziehungsebene zu unterscheiden wurden jedoch nicht auf die Verfahrensgerechtigkeit, sondern vielmehr auf gelingende Kommunikation bezogen. Schließlich wurde die Erfüllung von Vorbedingungen wie der Atomausstieg als Faktor der Fairness im Standortauswahlverfahren kontrovers diskutiert und auf weitere Klärungsbedarf hingewiesen, insbesondere hinsichtlich strategischer, subjektiver sowie über den Rahmen des Verfahrens hinausgehender Aspekte.

Nicht nur über die Frage, was eine gerechte Gestaltung der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle ausmacht, herrscht keine Einigkeit – sondern auch darüber, ob Gerechtigkeit in der Entsorgung prinzipiell möglich ist. Der Abbau von Uran, die Auswirkungen und Enteignungen von indigenen Völkern, die gesundheitlichen Folgen der Wiederaufarbeitung und politische Geschehnisse rund um Gorleben inklusive Auseinandersetzungen mit der Staatsgewalt lassen zunächst nicht den Schluss zu, dass im Kontext der Entsorgung von Gerechtigkeit gesprochen werden kann (Brunnengräber et al. 2022). Demgegenüber

⁹⁵ Röhl, K. (2018): Procedural Justice: Introduction and Overview. In: Röhl, K./Machura, S. (Hg.): Procedural Justice, 2018 (Reissue), S. 1-35.

konnte über einen Paradigmenwechsel mithilfe von Bruno Latours ‚Existenzweisen‘⁹⁶ dennoch eine Landkarte der Gerechtigkeit entwickelt werden: Hierbei zeigt sich, dass sich die Gerechtigkeitswahrnehmung von Individuen stark unterscheidet, etwa aufgrund des Grades an Technologieoptimismus und der empfundenen Notwendigkeit für Partizipation oder aufgrund von Idealismus und Pragmatismus. Für das Standortauswahlverfahren war es erkenntnisreich, die zugrundeliegenden Bedürfnisse hinter den thematischen Aussagen, Ängsten oder Argumenten zu erfahren, um Verständnis und zu guter Letzt auch eine gangbare Lösung für die nukleare Entsorgung zu ermöglichen (vgl. Schwarz 2024).

Basierend auf empirischen Daten zeigte sich exemplarisch, dass die intergenerationelle Gerechtigkeit noch gesellschaftlichen Aushandlungsbedarf hat: Bei der Frage nach Rückholbarkeit oder sofortigem Einschluss der hochradioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager war die Zustimmung zu der einen wie der anderen Option in der Stichprobe der befragten Menschen gleich groß. Bei der Bewertung dieser Frage spielen vor allem gegenwärtige politische Diskurse eine maßgebliche Rolle und weniger die weitreichende Berücksichtigung der Belange kommender Generationen. Es besteht demnach keine Einigkeit und weiter eine starke Polarisierung: Im Brennpunkt steht vor allem die Frage, wie kommenden Generationen möglichst keine Handlungspflicht aufgrund vergangener Entscheidungen aufgegeben werden kann (Schwarz 2022b). Weiterhin umfasst das Thema die Frage, wie das Wissen um eine tiefengeologische Entsorgungsstätte so weitergegeben werden kann, dass für kommende Generationen keine Gefahr mehr von dieser ausgeht und ein versehentliches Eindringen verhindert wird. Noch besteht hierfür keine abschließende Antwort, wenn auch vielversprechende Ansätze von Institutionalisierung im laufenden Standortauswahlverfahren festzustellen sind: Vor allem der Rat der jungen Generation bietet hierbei eine Möglichkeit, Wissen langfristig von interessierten jungen Menschen weiterzugeben und eine kontinuierliche Brücke zu künftigen Generationen zu bauen (ebd.).

Aus einer normativen, ethischen Perspektive und angesichts der langen Zeitskala wurde zugleich die Frage erforscht, inwiefern die Endlagerung als langfristiger Prozess nach Maßstäben intergenerationeller Gerechtigkeit gestaltet bzw. bewertet werden kann. Gemäß dem normativen Prinzip der Gleichbehandlung und der Betrachtung der Lagerung von Atommüll als Verteilung eines Risikos zwischen verschiedenen Generationen⁹⁷ und verschiedenen Standorten, wurden einerseits Fälle der unfairen intergenerationellen Verteilung identifiziert (Sierra im Erscheinen), insbesondere folgende: Wenn eine Gemeinde Abfälle (zwischen- oder end) lagert und dafür nicht kompensiert wird oder wenn die Abfälle zwischen verschiedenen Standorten verteilt sind und nicht alle kompensiert werden. Gemäß einem Prinzip der indirekten Kooperation⁹⁸ und der Betrachtung der Endlagerung als Prozess, der in einer Abfolge von Generationen verwirklicht wird, wurde als unfaires intergenerationelles Verfahren folgender Fall identifiziert: Wenn eine oder mehrere Generationen ohne gute Gründe die Schritte des Verfahrens nicht einhalten bzw. den Prozess verzögern, sofern eine Generation ihren Beitrag bereits geleistet hat. In der Diskussion mit Praxispartner:innen wurde jedoch die Gestaltung oder Bewertung der Endlagerung nach Prinzipien intergenerationeller Gerechtigkeit aufgrund dessen idealen

⁹⁶ Latour, B. (2014): Existenzweisen. Eine Anthropologie der Modernen, Suhrkamp

⁹⁷ Shrader-Frechette, K. S. (1993): Burying Uncertainty: Risk and the Case Against Geological Disposal of Nuclear Waste. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press.

⁹⁸ Gosseries, A. (2009): Three Models of Intergenerational Reciprocity. In: Gosseries, A./ Meyer, L. (Hg.), Intergenerational Justice, Oxford, 2009. S. 119-146.

Charakters angezweifelt. Stattdessen wurde auf die Übernahme von Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen, was aus philosophischer Perspektive zu unterscheiden ist, festgehalten.

ZENTRALE ERGEBNISSE ZUR VERFAHRENS- UND INTERGENERATIONELLEN GERECHTIGKEIT

Bürger:innen verbinden die Fairness eines Verfahrens mit der Möglichkeit, es mitzugestalten, sowie mit der Erfüllung von Bedingungen im Vorfeld des Verfahrens und mit gelungener Kommunikation. Insbesondere verbinden sie Fairness aber mit Transparenz. Letztere verstehen sie als Offenlegung nicht nur von Regeln und Kriterien, sondern ebenfalls von Informationen und Erkenntnissen sowie von Dissensen und Mehrdeutigkeiten, die sich z. B. zu prozessrelevanten, wissenschaftlichen Erkenntnissen ergeben. Darüber hinaus verstehen sie Transparenz nicht nur als Eigenschaft eines Verfahrens, sondern auch als positives Merkmal von Akteuren und Systemen. Damit verbinden sie z. B. die Erwartung, dass ‚der Staat‘ ehrlich sein soll.

Die Gerechtigkeitswahrnehmung von Individuen unterscheidet sich stark, etwa aufgrund des Grades an Technologieoptimismus und der empfundenen Notwendigkeit für Partizipation oder aufgrund von Idealismus und Pragmatismus. Für das Standortauswahlverfahren ist es erkenntnisreich, die zugrundeliegenden Bedürfnisse hinter den thematischen Aussagen, Ängsten oder Argumenten zu erfahren. Dies ermöglicht Verständnis und zu guter Letzt auch eine gangbare Lösung für die nukleare Entsorgung. Spezifisch zu intergenerationeller Gerechtigkeit zeigte sich, dass diese noch gesellschaftlichen Aushandlungsbedarf hat: Bei der Frage nach Rückholbarkeit oder sofortigem Einschluss der hochradioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager war die Zustimmung zu der einen wie der anderen Option die Stichprobe der befragten Menschen gleich groß. Bei der Bewertung dieser Frage spielen vor allem gegenwärtige politische Diskurse eine maßgebliche Rolle und weniger die weitreichende Berücksichtigung der Belange kommender Generationen. Es besteht demnach keine Einigkeit und weiter eine starke Polarisierung.

Auf der Grundlage der philosophischen Ethik lassen sich dennoch Fälle identifizieren, die gemäß begründeten normativen Prinzipien (Gleichbehandlung der verschiedenen Generationen im Endlagerungsprozess und indirekte Kooperation zwischen ihnen sofern eine Generation ihren Beitrag bereits geleistet hat) als unfair erscheinen: Wenn eine Gemeinde Abfälle zwischen- oder endlagert und dafür nicht kompensiert wird, wenn Abfälle zwischen verschiedenen Standorten verteilt sind und nicht alle Standorte kompensiert werden oder wenn eine oder mehrere Generationen ohne gute Gründe die Schritte des Verfahrens nicht einhalten bzw. den Prozess verzögern. Manche Praxispartner:innen sehen jedoch die Prinzipien als idealisierend und daher eine entsprechende Gestaltung des Endlagerungsprozesses kritisch. Sie plädieren hingegen für die Übernahme von Verantwortung als handlungsleitende Prinzip in der Endlagerung.

2.4. Zeithorizonte des Prozesses

Bei der Kommunikation zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle stellen die verschiedenen, zum Teil sehr langen Zeithorizonte eine entscheidende Herausforderung dar. In einer interdisziplinären Publikation (Berg/Hassel 2022) wurde der Frage nachgegangen, wie sich so unterschiedliche Zeitspannen (von Jahrzehnten für die Standortsuche bis hin zu einer Million Jahre bestmöglicher Sicherheit) zusammen denken lassen, um verantwortungsvolle Entscheidungen für die Zukunft treffen zu können. In der vertieften Auseinandersetzung stellte sich heraus, dass der Kommunikation des mittleren im StandAG genannten Zeitraums von 500 Jahren nach dem Verschluss des Endlagers, währenddessen die Möglichkeit einer Bergung vorzusehen ist, eine zentrale Bedeutung zukommt. Diese Zeitspanne wird bislang in der Öffentlichkeit wenig diskutiert, obwohl darin noch viele wichtige Entscheidungen zu treffen sein werden (vgl. auch TAP SAFE: „Zum Themenkorridor“). Um ein besseres Gefühl für mehrere Jahrhunderte zu entwickeln, ist das Denken von Generation zu Generation hilfreich. Dies wird z. B. in Frankreich durch die „groupes mémoire“ (deutsch: Gedächtnisgruppen) auf kreative Weise angeregt. Zur besseren Visualisierung der Zeithorizonte wurde außerdem eine Anwendung für eine VR-Brille (Virtual Reality) entwickelt (Bräuer et al. 2023). Das Gefühl für lange Zeiträume soll dabei dadurch gestärkt werden, dass sich die Nutzer:innen durch die Drehung des eigenen Körpers virtuell in die Zukunft bewegen.

Hochradioaktive Abfälle als eine Ewigkeitslast⁹⁹ sind durch den öffentlichen Charakter dieser Last nicht nur ein Public Bad, sondern auch objects of care¹⁰⁰, die der Nachsorge und Generationen-verzahnender Koordinationsformen bedürfen. Entsprechend verdeutlicht sich im Umgang mit diesem Public Bad ein spezifisches Problem kollektiven Handelns, gesellschaftliche Handlungsfähigkeit dauerhaft aufrecht zu erhalten und einen generationenübergreifenden Prozess über Jahrzehnte zu etablieren.

Das Konzept von Commons und Commoning bietet in diesem Zusammenhang neue Deutungs- und Analysemöglichkeiten. Commoning stellt eine Form dauerhaften kooperativen kollektiven Handelns in Bezug auf ein Gemeingut dar und beinhaltet spezifische institutionelle Logiken, die von „Versorgung, Bedürfnisorientierung, Freiwilligkeit, Selbstorganisation, Peerismus, Inklusivität und Vermittlung“¹⁰¹ geprägt sind. Eine erste Analyse, aus der hervorgeht, dass im Standortauswahlverfahren Logiken von Commoning verfolgt werden, wurde von Themann (2022) vorgenommen. Diese wird im Rahmen eines Promotionsvorhabens weiter vertieft. Basierend auf Interviews und teilnehmenden Beobachtungen werden nicht nur die bestehenden institutionellen Logiken im Rahmen der Standortsuche identifiziert, sondern auch Faktoren und Prozesse, die zu deren Entstehung beitragen oder diese hemmen. Erste Ergebnisse zeigen, dass das StandAG selbst bereits Commons-Logiken beinhaltet, die das Handeln und die Erwartungen der Akteure prägen. Mitsprache am und Kontrolle des als gemeinsam empfundenen Verfahrens, die gemeinsame Beratung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Fürsorge für

⁹⁹ Vgl. Brunnengräber, A. (2019): Ewigkeitslasten. Die „Endlagerung“ radioaktiver Abfälle als soziales, politisches und wissenschaftliches Projekt, Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung bpb, Band 10361, Bonn. <https://www.bpb.de/shop/buecher/schriftenreihe/292236/ewigkeitslasten/>

¹⁰⁰ Bergmans, A. et al. (2023): Do You Care About High-Level Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel? Opportunities for Co-Constructing an Appropriate Governance-Ecosystem in Belgium. In: Arentsen, M./van Est, R. (Hg.): The Future of Radioactive Waste Governance. Energiepolitik und Klimaschutz. Energy Policy and Climate Protection. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40496-3_4

¹⁰¹ Euler, J. (2020): Wasser als Gemeinsames. Potenziale und Probleme von Commoning bei Konflikten der Wasserbewirtschaftung. Transcript, Bielefeld

die gemeinsamen Räume, sowie das Teilen von Wissen und Informationen bestimmen das kollektive Handeln und enthalten Commons-Logiken. Es bilden sich bisher ungekannte Handlungszusammenhänge in einem solchen Infrastrukturprozess, die auch den staatlichen Akteuren neue Rollen und eine unterstützende Funktion zuweisen. Die Reflexion der Logiken und Prinzipien von Commoning bieten Lernpotenziale für die Entwicklung und Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit gegenüber Public Bads.

Neben der Feststellung von Formen des kollektiven Handelns im Verfahren lässt sich auch normativ dafür argumentieren, dass solches Handeln in der Form der Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung nicht nur bei der zukünftigen Entscheidung über den Endlagerstandort, sondern bei darüberhinausgehenden Entscheidungen eine Rolle spielen sollte (Sierra/Ott 2022). Aus ethisch- und politik-philosophischen Perspektiven lässt sich dafür argumentieren, dass Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung insbesondere bei Entscheidungen eine Rolle spielen, die zu soziotechnischen Schlüsselthemen in weiteren Phasen des Entsorgungsprozesses getroffen werden müssen, wie dem Bau, der Inbetriebnahme sowie dem Verschluss des Endlagers. Die konkrete Form der Beteiligung richtet sich nach Phase und Aufgabe, insbesondere aber nach dem Primat der normativen Kriterien Sicherheit bzw. Gerechtigkeit im konkreten Fall. So ist im Fall der Entscheidung über die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen zum Ausgleich von Belastungen aufgrund des Baus und der Inbetriebnahme des Endlagers – dem Primat der Gerechtigkeit folgend – den Bewohner:innen der Gemeinde, in der das Endlager angesiedelt sein sollte, als betroffene Bürger:innen eine Mitbestimmung über die besagte Umsetzung zu ermöglichen. Bei der Entscheidung über den Verschluss des Endlagerbergwerks ist hingegen die Möglichkeit der Mitwirkung an der Entscheidung im Sinne der deliberativen Vorbereitungen solcher Entscheidungen hinreichend, da in diesem Fall Sicherheitskriterien die vorrangige Rolle spielen.

Eine Forderung nach Bürgerbeteiligung ist jedoch zugleich mit Ambivalenzen konfrontiert, die sehr relevante Folgen für die Gestaltung des Endlagerungsprozesses mit sich bringen und daher kritisch reflektiert werden sollen (Ott 2024). Eine Betrachtung der 2023 eingetretenen Lage der Verschiebung der Entscheidung für einen Endlagerstandort in den Zeitraum von 2046 bis 2068 wurde daher zum Ausgangspunkt genommen, um die Deutung dieser Situation mit einer ethischen Analyse und einer normativen Positionierung zu verknüpfen, unter der Annahme, dass durch die Verlängerung des Suchverfahrens die Ungewissheiten auf dem Entsorgungspfad größer und die Risiken der Zwischenlagerung nicht kleiner werden. Es wird eine Konstellation bzw. ein Dispositiv aus Wirkfaktoren analysiert, das erklärt, warum Deutschland dabei sein könnte, den Pfad in Richtung einer dauerhaften Oberflächenlagerung einzuschlagen. Die normative Positionierung impliziert es, davor zu warnen.

ZENTRALE ERGEBNISSE ZU DEN ZEITHORIZONTEN DER ENDLAGERUNG

Bei der Kommunikation zur Endlagerung stellen die verschiedenen, z. T. sehr langen Zeithorizonte eine entscheidende Herausforderung dar. Die Analyse zeigte, dass der Kommunikation des mittleren im StandAG genannten Zeitraums von 500 Jahren nach dem Verschluss des Endlagers eine zentrale Bedeutung zukommt. Diese Zeitspanne wird bislang in der Öffentlichkeit wenig diskutiert, obwohl darin noch viele wichtige Entscheidungen zu treffen sein werden. Um ein besseres Gefühl für mehrere Jahrhunderte zu entwickeln, ist das Denken von Generation zu Generation hilfreich.

Die Langfristigkeit der Endlagerung macht Nachsorge und Generationen-verzahnender Koordinationsformen nötig. Das Konzept von Commons/Commoning bietet in diesem Zusammenhang neue Deutungs- und Analysemöglichkeiten. Die noch laufende Analyse zeigt, dass im Standortauswahlverfahren Logiken von Commoning verfolgt werden und das StandAG selbst bereits Commons-Logiken beinhaltet, z. B. die gemeinsame Beratung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Fürsorge für die gemeinsamen Räume. Sie prägen das Handeln und die Erwartungen zivilgesellschaftlicher Akteure und weisen den staatlichen Akteuren neue Rollen und eine unterstützende Funktion in diesem Rahmen zu.

Neben der Feststellung von Formen des kollektiven Handelns im Verfahren lässt sich auch normativ dafür argumentieren, dass dieses in der Form der Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung nicht nur bei der zukünftigen Standortentscheidung, sondern darüber hinaus eine Rolle spielen sollte. Ihre konkrete Form richtet sich nach dem Primat von Gerechtigkeits- oder Sicherheitserwägungen. Die normativ begründbare Rolle der Bürgerbeteiligung in der Zukunft ist aber von der Forderung nach ‚mehr‘ Bürgerbeteiligung in Gegenwart und Zukunft zu unterscheiden. Letztere ist mit Ambivalenzen konfrontiert. Da durch die Verlängerung des Suchverfahrens die Ungewissheiten auf dem Entsorgungspfad größer und die Risiken der Zwischenlagerung nicht kleiner werden wird vor der Nutzung dieser Forderung als Argument zur Verlängerung gewarnt.

3. Die Betrachtung der Endlagerung in Verbindung zur Zwischenlagerung sowie zum „Atomausstieg“: Erweiterung des Themenkorridors in DIPRO

Die Gespräche mit Bürger:innen an drei Zwischenlagerstandorten wurden u.a. für die Diskussion von Ergebnissen zum Thema Kompensation konzipiert. Nach den ersten Erfahrungen mit Methoden der td-Forschung empfahl sich die Erprobung einer angepassten Version des partizipativen Formats ‚Bürgerforum‘, welches als ‚Bürgergespräche‘ durchgeführt wurde. Die Teilnehmenden bestimmen dabei die thematische Agenda für die Diskussion mit. Dies erlaubte, die Perspektive der Bürger:innen deutlicher aufzufassen. Die zwei wichtigsten Anliegen bei der Zwischenlagerung sind aus ihrer Sicht die Notwendigkeit, Endlagerung und Zwischenlagerung in ihren Verbindungen und gegenseitigen Abhängigkeiten als Probleme anzugehen, und nicht als getrennte Prozesse. Zugleich waren auch Kompensationen für sie ein zentrales Thema. Beide Themen wurden an allen Standorten diskutiert. An zweiter Stelle kamen Themen, die an zwei von den drei Standorten diskutiert wurden: Sicherheit bei der Zwischenlagerung, die langfristige

Gestaltung des Prozesses und die Bestimmung von Zeiträumen bei der Verlängerung von Genehmigungen sowie die Bürgerbeteiligung am Prozess.

Zugleich haben die Bürgergespräche eine Reflexion zum Begriff der Betroffenheit veranlasst (vgl. Sierra et al. im Erscheinen). In philosophischer Hinsicht ist ‚Betroffenheit‘ ein dichter Begriff (zeitgleiche Prädikatzuschreibung von deskriptiven und evaluativen Aspekten). Es erscheint daher sachdienlicher, zunächst „Handlungsbetroffenheit“ zu betrachten: Handlungsbetroffenheit durch eine Maßnahme oder einen Zustand bedeutet für ein Individuum, eine Organisation oder Gruppe, dass durch diese Maßnahme oder diesen Zustand in vitale Handlungsinteressen des oder der „Betroffenen“ eingegriffen wird. Aufgrund der zeitlichen Verschiebung des Endlagersuchverfahrens (in diesem ist aktuell nur ein hypothetischer bzw. fiktiver Partizipationsgegenstand im Sinne der Eingrenzung und Entscheidung für einen Standort gegeben) besteht für die Zwischenlagerstandorte – Stand jetzt – eine neue, konkret gegebene Situation, die die vitalen Handlungsinteressen der dort lebenden Bevölkerung berührt: eine mit großer Wahrscheinlichkeit de facto gegebene verlängerte Zwischenlagerung sowie die mit der Modernisierung der Zwischenlagerstandorte zwar rechtlich ausgeschlossenen, aber in der Langzeitperspektive denkbaren Möglichkeit der konsolidierten Zwischenlagerung (etwa aufgrund völlig anderer politischer und ökonomischer Rahmenbedingungen) (Brunnengräber 2025). Ausgehend von der Zwischenlagersituation und ihren möglichen Entwicklungen bestand aufseiten der Bürger ein stabiler Konsens darin, dass das Endlagersuchverfahren unbedingt zu beschleunigen ist.

Neben der Forderung aus Sicht der Bürger:innen, Endlagerung in ihrem Zusammenhang mit der Zwischenlagerung zu betrachten, wurde die Notwendigkeit aus wissenschaftlicher, interdisziplinärer Sicht beleuchtet, die Entsorgungsfrage in Verbindung mit sozial-ökologischen Transformationsprozesse zu analysieren, wie sie in der „Atomwende“ beschrieben wird (Präger/Brunnengräber/von Hirschhausen 2023). Dabei wurde intensiv über den Begriff der „Wende“ diskutiert, insbesondere im Hinblick auf die mögliche Assoziation mit dem Übergang zu neuen Reaktorkonzepten. Diese Diskussion ist eng verknüpft mit politischen und gesellschaftlichen Interventionen, die versuchen, die zukünftige Nutzung der Atomenergie als Beitrag zur Lösung der Klimakrise zu rechtfertigen (ebd.). Obwohl solche Forderungen aus technischer, ökonomischer und Gerechtigkeitsperspektive keine tragfähige Lösung für die Klimakrise darstellen (ebd.), wird diese Argumentation dennoch hartnäckig verbreitet und fügt sich in die lange und kontroverse Geschichte der Atomenergie ein¹⁰². Ausgehend davon wird die „Atomwende“ als Konzept beibehalten, um der irreführenden Vorstellung eines einfachen „Atomausstiegs“ entgegenzuwirken. Die „Atomwende“ betont die andauernden Herausforderungen der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, die Teil des Anthropozäns sind und in die sozial-ökologische Transformation integriert werden müssen, um eine nachhaltige Entsorgungspolitik und eine erfolgreiche Energiewende zu gewährleisten (ebd.). Die Forschung untersucht weiterhin die Einbettung dieser Themen in die nachhaltige Entwicklung, insbesondere hinsichtlich Gerechtigkeit und ökonomischer sowie sicherheitstechnischer Nachhaltigkeit.

¹⁰² Von Hirschhausen, C. (2023): Atomenergie: Geschichte und Zukunft einer riskanten Technologie. 1. Auflage. Reihe „Wissen“. München: C.H.Beck.

ZENTRALE ERGEBNISSE ZUR ERWEITERUNG DES DIPRO- THEMENKORRIDORS

Aus Sicht von Bürger:innen an Zwischenlagerstandorten sind Endlagerung und Zwischenlagerung im Zusammenhang zu betrachten. Sie stimmen darin überein, dass das Endlagersuchverfahren unbedingt zu beschleunigen ist. Zentrale Themen der finalen Entsorgung sind für sie Kompensationsfragen, Sicherheit der Zwischenlagerung und ihre langfristige Gestaltung, Bestimmung von Zeiträumen bei der Verlängerung von Genehmigungen und Bürgerbeteiligung. Aus wissenschaftlicher Sicht ist die Zwischenlagerung aufgrund der zeitlichen Verschiebung des Endlagersuchverfahrens als neue Situation zu betrachten, die die vitalen Handlungsinteressen der dort lebenden Bevölkerung berührt.

Aus wissenschaftlicher Sicht bedarf es, die Entsorgungsfrage in Verbindung mit sozial-ökologischen Transformationsprozessen zu analysieren, wie sie in der „Atomwende“ beschrieben wird. Das Konzept kann der irreführenden Vorstellung eines einfachen „Atomausstiegs“ entgegenwirken, insbesondere im Rahmen der Forderung, Atomenergie als Lösung für die Klimakrise in Zukunft zu nutzen. Das Konzept betont die andauernden Herausforderungen der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, die Teil des Anthropozäns sind und in die sozial-ökologische Transformation integriert werden müssen, um eine nachhaltige Entsorgungspolitik und eine erfolgreiche Energiewende zu gewährleisten.

Ausblick

Die Zusammenarbeit mit einer Bürgerbegleitgruppe, der DBG, hat sich bewährt. Aus unserer Erfahrung mit der DIPRO-Begleitgruppe lässt sich festhalten, dass die Zusammenarbeit bei konkreten Aufgaben sowohl zur Evaluation als auch zu Co-Design und Co-Produktion besser gelungen ist als bei umfassenden Aufgaben wie der transdisziplinären Integration durch Forschungsfragen. In beiden Fällen waren aber stets große Motivation und großer Einsatz der Mitglieder der DIPRO-Begleitgruppe festzustellen.

Die DBG wurde von einer Gruppe von Wissenschaftler:innen, die vorrangig mit der DBG zusammengearbeitet haben, kollektiv betreut. Die dafür ausschlaggebenden Gründe wie Arbeitsteilung, Abwechslung und geteilte Verantwortung verlieren in der Nachschau an Gewicht demgegenüber, dass es für die DBG schwieriger war, den Überblick zu behalten. Aus unserer Erfahrung heraus sollte eine Bürgerbegleitgruppe eine konstante Ansprechperson haben, über die Organisation und Kommunikation zentralisiert, einfacher und aus einer Hand abgewickelt werden.

Angesichts der wiederholten Schwierigkeiten, teilnehmende Bürger:innen für einzelne Workshops zu finden, stellt sich die Frage, ob die Bürgerakquirierung eine Aufgabe von Transdisziplinaritätsforschung sein sollte oder besser in Zusammenarbeit mit staatlichen Institutionen durchgeführt oder gänzlich institutionalisiert werden sollte (etwa ähnlich zu Schöffenämtern).

Formative Transdisziplinaritätsforschung

Stellenwert der formativen Transdisziplinaritätsforschung im Vorhaben TRANSENS

Die Transdisziplinaritätsforschung war eine begleitende Forschung im Projekt TRANSENS. Sie gestaltete und untersuchte die transdisziplinäre (td) Forschung, die in den transdisziplinären Arbeitspaketen (TAPs) stattfand. Damit stellte die Transdisziplinaritätsforschung einerseits eine Intervention in der td Forschung und andererseits eine Meta-Forschung dar. Letzteres bedeutet Forschung über Transdisziplinarität oder Forschung mit dem Ziel, die td Forschung zu untersuchen und auf dieser Grundlage (evidenzbasiert) Möglichkeiten für deren Optimierung zu bestimmen, siehe z. B. Ioannidis et al. (2015)¹⁰³.

Bei einer „begleitenden Forschung“ stellt sich die Frage: Was heißt ‚begleiten‘? Oder anders gefragt, was wird unter Begleitforschung verstanden; wozu dient sie? Im Folgenden wird der Begriffsraum des Begleitens ausgeführt, während im Allgemeinen in diesem Abschlussbericht der Begriff „Transdisziplinaritätsforschung“ als Bezeichnung dieses Forschungstyps innerhalb von TRANSENS verwendet wird. Begleitforschung ist nicht gleichzusetzen mit Evaluationsforschung, obschon Evaluation häufig auch Teil einer Begleitforschung ist. Kromrey (2007)¹⁰⁴ z. B. beschreibt Begleitforschung als empirische Forschung, welche parallel zur Projektdurchführung läuft. Anders die Evaluationsforschung: Diese untersucht die Fortschritte eines Projektes gegenüber den anvisierten Zielen während der Projektlaufzeit. Wäre die Transdisziplinaritätsforschung eine Evaluationsforschung, würde diese die td Forschung der TAPs hinsichtlich der Zielerreichung bewerten. Das setzt (Zwischen-)Ziele und Bewertungskriterien voraus, anhand derer der Projektfortschritt gemessen wird. Zu ersterem ist anzumerken, dass die Ziele eher generisch als spezifisch formuliert waren und zu letzterem, dass die Transdisziplinaritätsforschung eine Selbstbewertung auf Grundlage von kontinuierlicher und kollegialer Reflexion anstrebte. Das heißt, die Transdisziplinaritätsforschung analysierte die td Aktivitäten in einem deskriptiven Sinn. Das entspricht dem ersten Schritt einer Evaluation („Inventory“) (z. B. Döring 2014)¹⁰⁵. Der zweite Schritt, die Bewertung anhand eines Indikatoren-Sets, wurde nicht in einer klassischen Art durchgeführt. Die Bewertung erfolgte durch die transdisziplinär Forschenden selbst (Selbstbewertung). Die Analyse („Inventory“) wurde den Forschenden rückgespiegelt und konnte somit eine Grundlage für die quartalsweise Reflexion der td Aktivitäten sein. Die Reflexion sollte den Forschenden ermöglichen, ihr td Vorgehen von einem anderen Standpunkt aus zu betrachten und dieses zu bewerten. Die Selbstbewertung war daher Grundlage, eigenständig Optimierungsmöglichkeiten für das td Vorgehen zu entwickeln. Dieses Vorgehen stand im Einklang mit der Zielsetzung, in TRANSENS Kompetenzen aufzubauen.

¹⁰³ Ioannidis, J. P. et al. (2015): Meta-research: evaluation and improvement of research methods and practices. *PLoS biology*, 13(10), e1002264.

¹⁰⁴ Kromrey, H. (2007): Begleitforschung und Evaluation – fast das Gleiche, und doch etwas Anderes! In: Glaser, M./Schuster, S. (2007) *Evaluation präventiver Praxis gegen Rechtsextremismus. Positionen, Konzepte und Erfahrungen*. S. 113-135.

¹⁰⁵ Döring, N. (2014): Evaluationsforschung. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. S. 173-189.

Wildförster & Wingen (2001)¹⁰⁶ benennen vier Konzeptionen von Begleitforschung: Produkt- und Prozessevaluation; Handlungs- und Aktionsforschung; Akzeptanzforschung; Prozessberatung und -begleitung. Die Transdisziplinaritätsforschung entspricht der Konzeption der Prozessberatung und -begleitung. Jedoch liegt durch den wissenschaftlichen Kontext und die Zielsetzungen ein starker Fokus auf der Generierung und Identifizierung neuer Erkenntnisse.

Schemme (2003)¹⁰⁷ definiert folgende vier Funktionen für die wissenschaftliche Begleitung von Projekten: (i) theoretische und methodische Fundierung in der Planungsphase; (ii) prozessorientierte Begleitung und Optimierung (formative Evaluation); (iii) Dokumentation (Beschreibung, Analyse und Bewertung des Prozesses und von Ergebnissen; summative Evaluation); (iv) Gewinnung neuer Erkenntnisse. Etwas anders, aber für die Begleitung transdisziplinärer Projekte, schlagen Defila & Di Giulio (2018)¹⁰⁸ ein Konzept mit drei Typen von Forschungsaktivitäten vor. Der erste Typ bezieht sich auf das wissenschaftliche Wissen, das produziert wird (z. B. Wissen über das Programmthema, den Forschungsprozess, die Wissensintegration). Der zweite Typ beinhaltet die Beziehung der Begleitforschung mit den Beteiligten des eigentlichen inhaltlichen Forschungsprogramms. Dieser Aktivität schreiben die Autor:innen auch ein gestalterisches Element zu: „The accompanying researchers and the other researchers become part of the same process they are co-creating and co-experiencing.“ (ebd., 100). Die dritte Komponente bezieht sich nicht ausschließlich auf Forschung und beinhaltet u.a. Coaching (ebenfalls ein gestalterisches Element) und die Verbreitung von Projekterkenntnissen. Die Transdisziplinaritätsforschung in TRANSENS deckt alle drei Typen ab.

Es war von Beginn weg geplant, eine formative, also gestalterische Begleitforschung in TRANSENS zu etablieren. Grund hierfür waren der Erfahrungsmangel zu transdisziplinärer Forschung bei den meisten Forschenden in TRANSENS. Neben der limitierten Erfahrung zeigte sich jedoch auch teilweise eine hohe Erwartungshaltung bei den Forschenden, methodischen Input zu Transdisziplinarität zu erhalten. Ziel war es deswegen zu Projektbeginn, Wissen zu td Konzepten, Methoden und Tools zu vermitteln. Das TdLab der ETH Zürich wurde u.a. wegen umfangreicher Kompetenzen zu Transdisziplinarität in den TRANSENS-Verbund einbezogen. Nebst der Gestaltung und der eigentlichen Analyse des td Forschungsprozesses kam eine weitere Komponente hinzu, die Reflexion. Die Reflexion hatte eine Hybridfunktion. Einerseits hatte diese eine gestalterische Funktion, und andererseits war sie auch eine Grundlage für die Analyse. Reflexion ist ein wichtiges Merkmal transdisziplinärer Forschung¹⁰⁹: verschiedene Rollen der transdisziplinär Forschenden, die unterschiedlichen ‚Epistemiken‘ der Forschungsbeteiligten, real-weltliche Ansprüche an die (td) Forschung etc. müssen kontinuierlich reflektiert, und es muss ggf. nachjustiert werden.

¹⁰⁶ Wildförster, R./Wingen, S. (2001): Projektmanagement und Probleme: systemische Perspektiven auf Organisationsberatung und Begleitforschung. S. 426

¹⁰⁷ Schemme, D. (2003): Wissenschaftliche Begleitung und Evaluation in Wirtschaftsmodellversuchen. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 6/2003, S. 31-35.

¹⁰⁸ Defila, R./Di Giulio, A. (2018): What is it good for? Reflecting and systematizing accompanying research to research programs. GAIA 27 (1), S. 97-104.

¹⁰⁹ Z. B. Pohl, C./Hirsch Hadorn, G. (2007): Principles for Designing Transdisciplinary Research - proposed by the Swiss Academies of Arts and Sciences (A. Zimmermann, Trans.). München: oekom Verlag.

Ziele und Fragestellungen

Die formative Transdisziplinaritätsforschung in TRANSENS folgte somit zwei Hauptzielen: (1) der (Mit-)Gestaltung des transdisziplinären Forschungsprozesses, und (2) der Bestimmung des 'Mehrerts' (mitunter auch gegenüber traditioneller Wissensproduktion, vgl. Mode-1¹¹⁰, bzw. ‚normal science‘¹¹¹) im Sinne der Problemlösung. Diese Ziele orientieren sich an den Hauptzielen des TRANSENS-Projekts (vgl. TRANSENS 2019, 5).

Die Transdisziplinaritätsforschung orientierte sich an folgenden Fragestellungen:

- Was für Wissen wird erzeugt?
- Welchen Mehrwert bietet das td Vorgehen (Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis) im Allgemeinen und in Bezug auf das Standortauswahlverfahren (StandAV)?
- Welche Nachteile und mögliche Grenzen sind mit dem td Vorgehen verbunden?
- Welche td Methoden und Formate eignen sich im Kontext der nuklearen Entsorgungsforschung?

Vorgehen und Organisation

Dieses Kapitel beschreibt die Aktivitätsfelder und die Organisation der Transdisziplinaritätsforschung. In einem abschließenden Resümee werden die Anpassungen gegenüber der Vorhabenbeschreibung dargestellt.

An dieser Stelle sei auch auf die Konzeptskizze verwiesen, die im ersten Projektjahr erarbeitet wurde, um die Transdisziplinaritätsforschung, wie in der Vorhabenbeschreibung angelegt, zu konkretisieren (Hölzle et al. 2020).

Aktivitätsfelder

Um der doppelten Zielsetzung/Funktion der Transdisziplinaritätsforschung gerecht zu werden, beinhaltete die Konzeption drei Aktivitätsfelder: Gestaltung, Analyse, Reflexion (vgl. Abb. II.2). Die Reflexion hatte eine verbindende Stellung zwischen der Gestaltung und der Analyse und lässt sich nicht klar abgrenzen von letzterer. Durch ihre Hybridfunktion stellt sie ein eigenes Aktivitätsfeld dar.

¹¹⁰ Gibbons, M./Nowotny, H./Limoges, C. (1994): The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies. London: Sage Publications.

¹¹¹ Kuhn, T. S. (1962): Historical Structure of Scientific Discovery: To the historian discovery is seldom a unit event attributable to some particular man, time, and place. *Science*, 136(3518), 760-764.

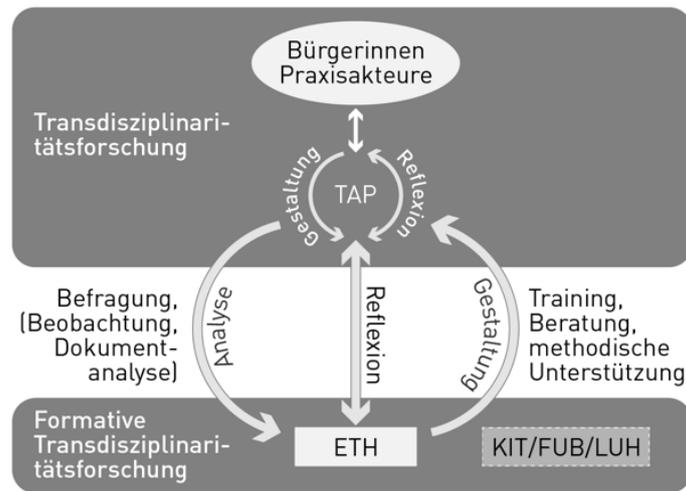


Abbildung II.2: Aktivitätsfelder der formativen Transdisziplinaritätsforschung. KIT, FUB und LUH waren Teil des BegleitTeam.TD (s.u.) und haben eigene Transdisziplinaritätsforschung durchgeführt; sie sind deshalb hier aufgeführt. Trainings, Beratung und methodische Unterstützung wurden lediglich vom TdLab der ETH Zürich geleistet.

Gestaltung

Die Gestaltung kann am ehesten mit einer Unterstützung der Forschenden zu td Aspekten verglichen werden. Insbesondere in der Anfangsphase von TRANSENS war Gestaltung zentral. Gestaltung bezog sich zum einen auf das Gesamtvorhaben TRANSENS, ganz besonders aber auf den Forschungsprozess der TAPs. Gestaltung beinhaltete Trainings, insbesondere zu Projektbeginn, Beratung (über den gesamten Zeitraum) und bedarfsgerechte methodische Unterstützung (laufend).

Trainings

Den Forschenden wurde im ersten Jahr zuerst ein Einführungstraining zum 10-Step Konzept, das ein strukturiertes Vorgehen für die Konzeption von td Projekten umfasst, offeriert¹¹². In Aufbautrainings wurden einzelne Schritte des 10-Step Konzepts hinsichtlich der spezifischen Herausforderungen in TRANSENS und des nuklearen Kontextes vertieft. Weitere Trainings beinhalteten angewandte sozialwissenschaftliche Methoden, digitale td Tools für den Einsatz während der Pandemie, Praxiseinblicke in andere td Projekte u.a.m. Auf den halbjährlichen stattfindenden Projekt- und Arbeitstreffen führte das TdLab interaktive Formate durch. Über den Projektzeitraum wurden mehr als zehn Trainings durchgeführt.

Während zu Projektbeginn der Fokus auf der Vermittlung von td Grundlagen und Tools lag, stand im Projektverlauf zunehmend die Reflexion des td Vorgehens (Erfahrungen, Erkenntnisse) im Mittelpunkt.

Beratung

Beratung war ein weiteres Angebot im Rahmen der Gestaltung und hatte zum Ziel, die Forschenden bei ihren transdisziplinären Aktivitäten zu unterstützen. Beratung hatte

¹¹² Vgl. Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, 26(1), S. 43-51

vielfältige Inhalte und reichte von der Unterstützung zur Konzeption und Durchführung von Workshops bis zur konkreten Anwendung einer bestimmten Methode der Interaktion von Forschenden und Beteiligten (Begleitgruppen, Expert:innen). Der Gestaltungslead zu den td Aktivitäten blieb, im Gegensatz zu den Trainings, jedoch bei den TAPs-Forschenden. Die Beratung zu Transdisziplinarität erfolgte auf allen Ebenen bis zum Leitungsgremium von TRANSENS und auch zum Bereich EDU, z. B. Sommerschulen (s. Ergebnisse des TAP übergreifenden Moduls EDU). Meist wurde Beratung von den Projektbearbeiter:innen gezielt nachgefragt. Über den Projektzeitraum erfolgten ca. 40 Beratungen.

Methodische Unterstützung

Als drittes Element können wir hier die methodische Unterstützung aufführen. Das TdLab der ETH Zürich verfügt über langjährige und vielfältige Erfahrungen zu Konzeption und Durchführung von transdisziplinären Forschungsprojekten. Ein ‚Nebenprodukt‘ dieser Arbeit ist die methodische Weiterentwicklung zur Bearbeitung der Schnittstelle Wissenschaft-Gesellschaft. Methoden wie Soft-Systems Methodology („Rich-Picture‘ Ansatz), Emancipatory Boundary Critique, Design Thinking etc.¹¹³ wurden von den td Forschenden teilweise rege nachgefragt und umgesetzt. Die methodische Unterstützung beinhaltete auch individuellen Support, wie solche Methoden im jeweiligen Kontext angewendet werden können.

Analyse

Die Analyse, also die konkrete Untersuchung des td Prozesses, erfolgte kontinuierlich über den gesamten Projektzeitraum. Im Fokus standen der td Prozess, Erfahrungen, Formate, Nutzen des td Vorgehens und dessen Begrenzungen, sowie etwas weniger ausgeprägt auch die Wissensgenese. Bei transdisziplinären Forschungsprojekten ist die gemeinsame Wissensproduktion (Co-Produktion) von Wissenschaftlern und Beteiligten von außerhalb der Academia (allg. Bevölkerung, Expertinnen, Akteure) ein wichtiges Element. Dabei wird z. B. wissenschaftliches Wissen und Erfahrungswissen („tacit knowledge“)¹¹⁴ zusammengebracht. Hier stellten sich also Fragen zu den Voraussetzungen, Rahmenbedingungen dieser Co-Produktion und wie sich die Interaktionen zwischen den Wissenschaftlerinnen und Akteuren darstellen, sowie welches Wissen dabei erzeugt wird. Methodisch erfolgte die Analyse auf Grundlage der td Workshops über (a) schriftliche (Nach-)Befragungen der an td Workshops beteiligten Wissenschaftler:innen, Begleitgruppenmitgliedern und weiteren Teilnehmenden, (b) einen Hybrid bestehend aus einer strukturierten schriftlichen Befragung des Workshopleitenden und mündlicher Gruppendiskussion mit Workshopteilnehmenden und Peers, und (c) strukturierten Gruppenreflexionen mit Workshopteilnehmenden. Insgesamt wurden ca. 50 solche Nacherhebungen durchgeführt.

¹¹³ vgl. https://naturalsciences.ch/co-producing-knowledge-explained/methods/td-net_toolbox (letzter Zugriff: 30.01.2025)

¹¹⁴ Polanyi, M. (2009): The tacit dimension Knowledge in organisations, S. 135-146: Routledge.

Reflexion

Das dritte Aktivitätsfeld der Transdisziplinaritätsforschung war Reflexion. Reflexion hat eine Überlappung mit Gestaltung und Analyse, da Reflexion (über die jeweiligen transdisziplinären Aktivitäten) indirekt auch gestalterisch wirkt (jedoch auch wichtige Grundlage für die Analyse ist), da ja die Wissenschaftler:innen Schlüsse aus der Reflexion ziehen und damit nachfolgend Dinge (möglicherweise) verändern. Reflexion erfolgte grundsätzlich auf allen Ebenen: in den einzelnen Teams, innerhalb der TAPs (z. B. Zwischenreflexion zur Projektlaufzeit), während den halbjährlich stattfindenden TRANSENS Projekt- bzw. Arbeitstreffen (meist allg. Reflexion über die laufenden Arbeiten), im Leitungsteam I-TD (i.d.R. zweiwöchentliche Treffen) und innerhalb des BegleitTeam.TD (Treffen ca. alle 4 Monate), wesentlich aber zwischen den Transdisziplinaritäts (TD)-Interessierten (siehe auch „Organisation“) und der Transdisziplinaritätsforschung. Dazu fanden vierteljährliche Treffen statt, bei denen Erfahrungen aus den td Workshops/Experimenten TAP-übergreifend ausgetauscht wurden. Die Konzeptionen von td Workshops wurden im Vorfeld und die Ergebnisse im Nachgang gemeinsam reflektiert. Das TdLab war Zünder und Motor dieses Reflexionsprozesses.

Organisation

Wie aus Abbildung II.3 ersichtlich, war die Transdisziplinaritätsforschung sowohl organisatorisch als auch inhaltlich vielfältig verflochten. Dies ist in erster Linie dem formativen, d.h. gestalterischen Charakter geschuldet durch Unterstützung/Input als Beratung, methodische Unterstützung und Trainings. Formal ist das ETH-TdLab der Leibniz Universität Hannover (LUH, federführend beim TAP TRUST) zugeordnet; entsprechend ist die Zusammenarbeit etwas intensiver mit diesem TAP als mit den anderen. Hinsichtlich der Gestaltungsfunktion war das BegleitTeam.TD mit den vier Teams Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Freie Universität Berlin (FUB) und LUH als ein koordinierendes Gefäß konzipiert; später haben die drei letztgenannten Teams Begleitforschung eher aus der Perspektive der TAPs betrieben, wohingegen das TdLab die TAP-übergreifende Perspektive beibehielt. Zunehmend wichtiger wurde im Projektverlauf das Format der TD-Interessierten mit regelmäßigen Treffen, die v.a. dem Erfahrungsaustausch und der Reflexion dienten. Der Begriff TD-Interessierte ist nicht ganz treffend, hat sich innerhalb von TRANSENS aber so etabliert; hier engagierten sich Vertreter:innen der Projektpartner die an bestimmten Aspekten zu TD interessiert waren oder sich – insbesondere TAP-übergreifend – untereinander austauschen wollten. Das ‚Interesse‘ an TD bei TRANSENS ging über diesen Teilnehmerkreis hinaus.

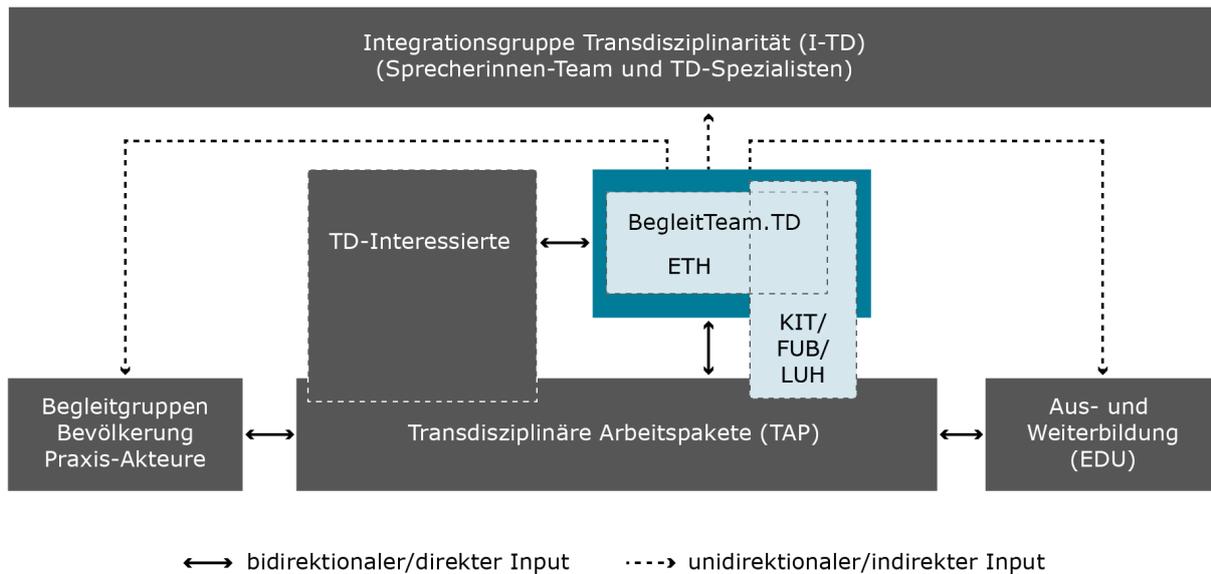


Abbildung II.3: Organisation der Transdisziplinaritätsforschung.

Anpassungen

Inhaltlich hat die Gestaltungsfunktion deutlich mehr Zeit beansprucht, da diese über einen längeren Zeitraum benötigt wurde, als ursprünglich angenommen. Das BegleitTeam.TD war als Steuerungsgruppe für die ursprünglich benannten TD-Beobachter:innen konzipiert. Später ging aus den TD-Beobachter:innen die Gruppe der TD-Interessierten hervor, hat sich bewährt und etabliert. Die TD-Interessierten entsprachen faktisch einem Ensemble von TAP-Forschenden, welche transdisziplinäre Forschung aber auch Transdisziplinaritätsforschung betrieben. Die TD-Interessierten setzten sich je Team aus ein bis drei Wissenschaftler:innen zusammen, deren Hauptaufgabe es war, die td Aktivitäten zu konzipieren und durchzuführen. Im BegleitTeam.TD waren zu Beginn ETH, KIT und FUB vertreten; später wurde es durch LUH ergänzt. Das BegleitTeam.TD hat über den Zeitverlauf an Bedeutung (für Gestaltung und Reflexion) verloren; die Steuerungsfunktion hat nur bedingt gegriffen. Zu Projektbeginn intervenierte das TdLab in einigen Teams, um einen Reflexionsprozess zu td Aktivitäten anzustoßen. Die Teams begannen daraufhin zügig, selbstständig einen Reflexionsprozess zu etablieren. Die TD-Interessierten waren das eigentliche Vehikel des TAP übergreifenden Austauschs zum td Vorgehen und der Reflexion darüber.

Die Gestaltung war ein Katalysator für den td Prozess, der das Lernen über td und den Kompetenzaufbau bei den Forschenden befeuerte. Entsprechend der Bedeutung war der Aufwand dafür grösser als geplant. Dies ging etwas auf Kosten des Forschungsaspekts; die Analyse-Aktivität wurde entsprechend reduziert. Beobachtung erfolgte nur zu Beginn, vertiefende Interviews wurden nur eingeschränkt realisiert. Hingegen kam eine Längsschnittstudie zum Wissenschafts- und TD-Verständnis mit drei Messpunkten dazu (vergl. Hölzle/Krütli 2024a).

Ergebnisse und Einsichten

Im Folgenden sei über die wichtigsten Ergebnisse (und Einsichten) der Transdisziplinaritätsforschung berichtet. Dies beinhaltet prozessbezogene Ergebnisse zum td Vorgehen, den eingesetzten Formaten und Methoden sowie der Wissensgenese, Erfahrungen und Herausforderungen dazu, sowie Nutzen und Begrenzungen des transdisziplinären Vorgehens. Für weitergehende und vertiefende Ergebnisse sei auf den TRANSENS-Bericht Nr. 24 (Hölzle/Krütli 2024b) verwiesen.

Transdisziplinäres Vorgehen – Ergebnisse

Transdisziplinäre Zusammenarbeit

Die td Zusammenarbeit fand wesentlich mit den beiden ständigen Bürgerbegleitgruppen Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe, TAP TRUST/SAFE) und DIPRO Begleitgruppe (DBG) statt. Zudem wurden auch Praxisakteure und weitere Bürgerinnen einbezogen. Hinsichtlich des Zeitpunkts und der Häufigkeit des td Einbezugs unterschieden sich die TAPs teilweise deutlich. Sowohl das TAP TRUST als auch das TAP DIPRO begannen im ersten Projektjahr mit ihren ständigen Begleitgruppen zu forschen. Während der Fokus der td Workshops in TRUST auf der AGBe blieb, integrierte DIPRO auch unterschiedlicher Praxisakteur:innen. Das TAP SAFE forschte im ersten Jahr und auch später mit Praxisakteuren und startete im zweiten Jahr die Forschung mit der AGBe. In TAP HAFF begannen erste, meist kleinere, td Workshops mit Praxisakteuren und Bürgerinnen zu Beginn des dritten Jahres. Hier existierte keine ständige Bürgerbegleitgruppe. Die Startphase mit den Begleitgruppen war durch Teambuilding-Aktivitäten und Wissensvermittlung, sowie teilweise Co-Design (z. B. gemeinsame Erarbeitung von Forschungsfragen) geprägt. Anschließend lag der Schwerpunkt auf einer kollaborativen Zusammenarbeit (Co-Produktion). Der Einbezug von Praxisakteuren erfolgte überwiegend konsultativ und punktuell zu spezifischen Forschungsfragen.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die Konsolidierung der interdisziplinären Zusammenarbeit in den ersten zwei Projektjahren war ausgeprägt in HAFF; die anderen drei TAPs legten den Fokus, wie erwähnt, von Beginn weg auf td Zusammenarbeit. Zu beobachten ist, dass DIPRO eine Mehrheit an sozial- und geisteswissenschaftlichen Forschenden hatte, während es in SAFE und TRUST gerade umgekehrt war, d.h. eine naturwissenschaftlich-technische Dominanz. Der disziplinären Minorität kam bei der interdisziplinären Zusammenarbeit eher eine beratende Funktion in ihrem Wissenschaftsbereich zu. Interdisziplinäre, TAP-übergreifende Zusammenarbeit fand nicht systematisch, sondern punktuell und auf Einzelinitiative von Wissenschaftler:innen statt.

Formate und Methoden

Wesentliches Werkzeug der td Zusammenarbeit waren Workshops. Diese beinhalteten Inputvorträge, Plenumsdiskussionen, Gruppenarbeiten (z. B. Diskussionen zu einem bestimmten Thema, etwa Gerechtigkeit) sowie ‚stille‘ (schriftliche) Diskussion. Weitere Methoden, die zum Einsatz kamen, teilweise auch in den Workshops selber: ‚Rich picture

exercise' (Teil der Soft Systems Methodology), Rede/Gegenrede, Design thinking, Idea tree, Emancipatory boundary critique, Advocatus diaboli, I wish I wonder, World café, Mindmap, Rollenspiele, WebGIS u.a.m. Die Nutzung dieser Methoden erfolgte zuerst recht zurückhaltend, mit zunehmender Erfahrung und Vertrauen ins ‚Ausprobieren‘ aber immer häufiger (Das TdLab hat die Forschenden wiederholt ermuntert, Methoden auszuprobieren, um möglichst viele Erfahrungen zu sammeln). Je nach Fragestellung wurden auch eigene Methoden entwickelt oder Methoden angepasst. Während der COVID-19-Pandemie kamen online-whiteboards zum Einsatz (z. B. Miro, Cryptpad). Präferierte Methoden während der Workshops waren Kleingruppenarbeit, stille Diskussion und Input-Präsentation.

Wissensgenese

Wissen umfasst disziplinäres Wissen (was) und Kompetenzen (wie). Dabei können wir fachspezifische (Kenntnisse von Theorien, Konzepte, Verfahren) und methodenspezifische (kontextuale Anwendung) sowie soziale (Interaktionen mit anderen) und persönliche Kompetenzen (z. B. Selbstmanagement) unterscheiden.¹¹⁵ Das td Vorgehen war verbunden mit viel Kompetenzaufbau und Perspektivenerweiterung bei den Wissenschaftler:innen. Die Entstehung von neuem (disziplinärem) Wissen wurde von Forschenden weniger rapportiert (oder es wurde nicht als solches, weil nicht disziplinär, wahrgenommen; vgl. Krütli 2024). Die Erzeugung von transformativem und hermeneutischem Wissen wurde in einer Abschlussbefragung als wichtiger angesehen als prospektives und System-Wissen (vgl. Hölzle/Krütli 2024a).

Transdisziplinäres Vorgehen – Erfahrungen und Herausforderungen

Die Erfahrungen (und Herausforderungen) waren sehr umfangreich und vielfältig. Wir können folgende Bereiche unterscheiden: Einbezug, Workshops, Forschung, interne Zusammenarbeit und Außenrolle.

Einbezug

Zentrale Herausforderungen des Einbezugs waren die Fragen, wer einzubeziehen sei und wie künftige von der Standortauswahl Betroffene berücksichtigt werden können, sowie die (zeitliche) Verfügbarkeit der Beteiligten. Hinsichtlich der Praxisakteure stellte der Wunsch des Auftraggebers, Distanz zum Standortauswahlverfahren zu halten, eine große Herausforderung dar (zumindest in der ersten Projekthälfte). Die Rekrutierung von Teilnehmenden für Workshops erwies sich als aufwändig und schwierig. Gründe dafür könnten die ‚Nicht-Betroffenheit‘ mangels konkreter Standorte, die nukleare Entsorgung als ein eher unpopuläres Thema, Vorgaben der Förderrichtlinien zum Verhältnis zum StandAV aber auch Unerfahrenheit und das Fehlen eines erweiterten Netzwerks bei den Wissenschaftler:innen gewesen sein. Weitere Herausforderungen stellten der Umgang mit den Erwartungen, Bedürfnissen und Interessen der Beteiligten, die Verständigung/Kommunikation sowie gruppenspezifische Konflikte dar. Zudem mussten die Wissenschaftler Übersetzungsleistungen erbringen (Ergebnisse aus td Workshops in

¹¹⁵ ETH Zürich (2024): Kompetenzraster.
<https://ethz.ch/de/die-eth-zuerich/lehre/grundsuetze/eth-kompetenzen-lehre.html>

disziplinäre Erkenntnisse transformieren, um Wirkung in der Praxis und der Wissenschaft zu ermöglichen). Andererseits waren die Begleitgruppen hoch motiviert – und sie entwickelten sich zu ‚Expert:innen‘, was ihre Rolle zunehmend veränderte.

Die Interaktionen mit den Begleitgruppen und den Praxisakteuren waren für die Wissenschaftler:innen von großer Bedeutung, um (i) ein Bewusstsein für die wichtigsten Aspekte der eigenen (td) Forschung zu entwickeln, (ii) durch Rückmeldungen und Fragen die eigene Forschung zu spiegeln und damit (iii) zu reflektieren und Forschungslücken als auch neue Themen zu erkennen (z. B. Tongestein als Wirtsgestein).

Workshops

Konzeption und Zielformulierung von Workshops stellten hohe Anforderungen an die Forschenden. Dabei erwiesen sich z. B. das Zusammenspiel und die Kombination von methodischen Ansätzen der natur- und geistes-/sozialwissenschaftlicher Disziplinen, um die soziotechnischen Fragestellungen bearbeiten zu können, als besonders anspruchsvoll. Eine weitere Schwierigkeit bestand darin, die in den Workshops formulierten Interessen der Bürgerbegleitgruppen in den Forschungsfragen zu berücksichtigen. Zudem fehlte den Begleitgruppenmitgliedern anfangs die Vorstellung, wie Wissenschaft funktioniert. So sorgte z. B. fachliche Uneinigkeit unter Wissenschaftlerinnen für Irritation bei den Begleitgruppen.

Häufig war das Workshopprogramm überambitioniert und den Forschenden fehlte zu Beginn z. B. Moderationserfahrung. Wichtige Erkenntnisse waren, dass es klarere Zielsetzungen und konkrete Aufgabenstellungen benötigt, um lange Diskussionen zu vermeiden und effizienter zu werden. Außerdem ermöglichte eine professionelle (externe) Moderation, den Fokus auf die eigene Forschung zu legen, eine Doppelrolle zu vermeiden. Selbstredend machte die Pandemie die (online) td Arbeit noch deutlich herausfordernder.

Forschung

Fragen, welche die Forschenden stark beschäftigten, waren u.a. welche Qualitätskriterien für td Forschung gelten sollten und wie mit dem weitgehend ausgebliebenen Co-Design umzugehen ist. Der Versuch einiger Wissenschaftler Co-Design ‚nachzuholen‘, gestaltete sich aufgrund noch fehlender Informationen bei Begleitgruppenmitgliedern als schwierig: Ein sinnvolles Co-Design war kaum möglich, solange die Begleitgruppen inhaltlich noch nicht dazu in der Lage waren, weil sie mit dem Thema noch zu wenig vertraut waren. Eine weitere Frage, die einige Wissenschaftlerinnen beschäftigte, war das Zusammenspiel von bzw. die Aufteilung zwischen disziplinärer, interdisziplinärer und td Forschung. Das heißt, wann bzw. zu welchen Fragestellungen disziplinär, interdisziplinär und/oder transdisziplinär geforscht werden kann.

In mehreren Umfragen in TRANSENS zum Wissenschafts- und TD-Verständnis zeigten sich Unterschiede zwischen Sozial- und Geisteswissenschaftler:innen (SGW)- und MINT (Mathematik Informatik, Naturwissenschaften, Technik)-Wissenschaftler:innen (vgl. Hölzle/Krütli 2024a). MINT-Wissenschaftler:innen stimmten eher dem Ziel von Wissenschaft ‚Gesetzmäßigkeiten der Welt zu identifizieren‘ zu, wohingegen bei SGW-Wissenschaftler:innen eine höhere Zustimmung zum Ziel ‚gesellschaftliche Veränderungen zu fördern/initiieren‘ zu verzeichnen war. Bei den Grundbedingungen für wissenschaftliche Forschung unterscheiden sich MINT-Wissenschaftler:innen durch eine stärkere

Zustimmung zur Objektivität, Überprüfbarkeit, Wiederholbarkeit (Replizierbarkeit) und Wertefreiheit (i.S. von interessensfrei) von ihren SGW-Kolleg:innen. Diese Unterschiede im Forschungsverständnis waren im Forschungsalltag in TRANSENS immer wieder beobachtbar, und dies hat teilweise auch zu Kontroversen und Reibungsverlusten geführt. Im Projektverlauf konnten bei den Einstellungen zum Wissenschafts- und Transdisziplinaritäts-Verständnis der Forschenden kaum Veränderungen festgestellt werden, d.h., diese blieben relativ stabil.

Interne Zusammenarbeit

Einen wichtigen Aspekt in TRANSENS stellte die interdisziplinäre Zusammenarbeit dar, also die methodische und inhaltliche Integration von unterschiedlichen disziplinären Perspektiven. Von Bedeutung zeigten sich hier die Größe von TRANSENS und die Organisationsstruktur, d.h. Aufteilung in vier eigenständige TAP. Die Größe stellte u.a. die Forschenden vor die Herausforderung, die eigene Forschung den Kollegen in kurzer Zeit verständlich und überzeugend zu vermitteln. Die Wissens- und Meinungsvielfalt war wiederholt Thema auf allen Ebenen – insbesondere als empfundener Gegensatz zwischen einer so wahrgenommenen offiziellen Projektmeinung und davon abweichenden Meinungen. Dies erschwerte die Kommunikation und beeinflusste mitunter auch die Fehlerkultur, Vertrauensbildung, Beziehungsaufbau und interpersonale Zusammenarbeit. Das führte in manchen Fällen dazu, wissenschaftliche Erkenntnisse und Paradigmen weniger zu hinterfragen. Nach Ansicht einiger Forschender behinderten zudem die Methodenvielfalt und die regelmäßige Reflexion ein effizientes (disziplinäres) Arbeiten. Diese und andere Aspekte bestimmten die Dynamik und die (Bereitschaft zur) Zusammenarbeit.

Außenrolle

Die Frage, die sich hinsichtlich der ‚Außenrolle‘ von TRANSENS gegenüber dem parallel laufenden Standortauswahlverfahren stellte: wo zieht man die Grenze zwischen (td) Forschung und dem (politischen) Standortauswahlverfahren (StandAV). Das Dilemma: zu starke Abgrenzung zum StandAV führte zur Befürchtung eines zu starken ‚Laboreffekts‘; zu viel Nähe zum StandAV war in Konflikt mit den Vorgaben des BMWi der Unabhängigkeit; teilweise wurde TRANSENS von StandAV-Akteuren zu Beginn auch als potenzieller Störfaktor wahrgenommen. Die unterschiedliche interne Positionierung war mit einigen (sich wiederholenden) Kontroversen (auch durch Publikationen z. B. zur Beobachtung des Verfahrens ausgelöst) verbunden. Außerdem sahen sich zahlreiche Forschende in der Situation, das td Vorgehen gegenüber ‚falschen‘ Vorstellungen außerhalb von TRANSENS rechtfertigen zu müssen.

Transdisziplinäres Vorgehen – Nutzen und Begrenzungen

Nutzen – aus Sicht der Wissenschaftlerinnen

Einen Beitrag zum Standortauswahlverfahren zu leisten, ist aus der Sicht der befragten Forschenden ein wichtiger Nutzen (oder eine Motivation) des td Vorgehens. Einige denken auch, dass ein solches Vorgehen allgemein die Perspektive erweitert und dass damit die Bevölkerung in verständlicher und nachvollziehbarer Weise informiert werden kann.

Viele Forschende betrachten ihre inter-/disziplinären Ergebnisse sowie ihre Erfahrungen im transdisziplinären Arbeiten als Anwendungs- und Praxisnutzen. Eine wichtige Erkenntnis und einen Lernerfolg stellen die zielgruppenorientierte Kommunikation (Sprache, Kommunikationskanal) und dazugehörige Fertigkeiten (z. B. Vermittlung von komplexen und umfangreichen fachlichen Aspekten an Bürger:innen) dar. Zudem wurden Forschende durch den Einbezug z. B. von Bürger:innen mit neuen Perspektiven konfrontiert. Daraus entstanden wiederum neue Forschungsthemen.

Nutzen – aus Sicht der Begleitgruppen Bevölkerung

Nach Ansicht der Begleitgruppenmitglieder hat das Td Vorgehen Aspekte aufgezeigt, die für das StandAV von Bedeutung sind. Dazu zählen die Klärung von Rollen und Erwartungen zu Beginn, beispielsweise bei den Regionalkonferenzen. Die Perspektivenweiterung könnte es ermöglichen, neue Wege zu identifizieren. Eine Zusammenarbeit aller Beteiligten auf Augenhöhe stellt aus ihrer Sicht eine unabdingbare Grundvoraussetzung für das Gelingen des StandAVs dar. Zudem wurde vorgeschlagen, die Rolle der Wissenschaft im StandAV auf die Prozessbeobachtung auszuweiten (Etablierung eines Wissenschaftsrats). Bei den Begleitgruppenmitgliedern ließ sich ein umfangreicher und vielseitiger Kompetenzaufbau feststellen. Dieser reichte von der Kommunikations- und Sprechfähigkeit zur nuklearen Entsorgung bis zu einem besseren Verständnis, wie Wissenschaft funktioniert.

Nutzen – aus Sicht der Praxisakteure

Für Praxisakteure, die in Kontakt mit TRANSENS standen, z. B. aus BMUV, BASE und BGE, lag der größte Nutzen des Td Vorgehens im Austausch mit Bürger:innen, Forschenden, Praxisakteuren des StandAV und Stakeholdern, die bisher im StandAV nicht in Erscheinung traten. Von besonderer Bedeutung war es, einen geschützten Raum für einen offenen und informellen Austausch bereitgestellt zu bekommen. Von geringer Bedeutung waren für sie Konferenzbeiträge aus TRANSENS. Zudem schien die Bürgermessenstelle (TAP TRUST) noch wenig bekannt zu sein. Die Befragten äußerten auch, einen direkten persönlichen Nutzen (Kompetenzzuwachs) aus TRANSENS erhalten zu haben. Dieser beinhaltete beispielsweise die Perspektivenweiterung, interdisziplinäre Erkenntnisse und Inspiration/neue Ideen.

Nachteile und Limitierung – aus Sicht der Wissenschaftlerinnen

Nebst den weiter oben schon erwähnten Herausforderungen hinsichtlich zeitlichen Aufwands und Kommunikation sehen die befragten Forschenden das Problem der Übertragbarkeit der Ergebnisse durch den teilweisen ‚Laborcharakter‘ von TRANSENS. Auch die eingeschränkte ‚Repräsentativität‘ der Td-Partner:innen, insbesondere der Bürgerbegleitgruppen, hinsichtlich der gesamten deutschen Bevölkerung wird als limitierend beurteilt. Andere Aspekte betreffen die interne Zusammenarbeit, wie die anspruchsvolle Methodenvielfalt durch die Verknüpfung von MINT- und SGW-Disziplinen. Der Einbezug der Bürgerbegleitgruppen wird bei komplexen technischen Fragen von einigen Forschenden als schwierig und nicht immer zielführend erachtet. Zum Beispiel erforderte die Zusammenarbeit mit Bürger:innen zu gewissen Forschungsaspekten eine starke Vereinfachung der disziplinären und interdisziplinären Informationen, und dies wiederum wurde von einigen als ein Qualitätsverlust angesehen. Zudem wurden in Teilen der disziplinären Debatten zur nuklearen Entsorgung mangelndes Wissen und Akzeptanz

zu Transdisziplinarität festgestellt, was sich z. B. darin äußerte, dass durch Wissenschaftler:innen der TRANSENS-Beitrag zur Generierung neuen Wissens als eher gering eingeschätzt wurde.

Nachteile und Limitierung – aus Sicht der Bürgerbegleitgruppen

Einige Mitglieder der Bürgerbegleitgruppen erhofften sich, stärker in Kontakt zur breiten Bevölkerung in Deutschland treten und durch ihr Engagement in TRANSENS einen direkten Beitrag zum StandAV leisten zu können. Diese Möglichkeiten waren jedoch durch die Voraussetzungen der Förderung von TRANSENS limitiert (vgl. „Bezug zum Standortauswahlverfahren“).

Nachteile und Limitierung – aus Sicht der Praxisakteure

Praxisakteure nahmen auffallend häufig eine Diskrepanz zwischen dem wissenschaftlichen Setting (Laborbedingungen) und ihrer eigenen ‚Realität‘ wahr. Hier wurde auch die teilweise fehlende Nähe der Wissenschaft zur Praxis als problematisch erkannt (als eine immer noch von den Praxisbedürfnissen entfernte Forschung). Einzelne Befragte sahen zudem die Ergebnisse als zu wenig konkret für die Übertragung auf praktische Fragestellungen an.

Eine kurze reflektierende Einordnung der Arbeiten

Erinnern wir uns: Die begleitende, formative Transdisziplinaritätsforschung des TdLabs der ETH Zürich hatte eine Doppelrolle: (1) (Mit-)Gestaltung des transdisziplinären Forschungsprozesses (in den TAPs) und (2) Analyse („Beobachtung“) dieses Prozesses. Entsprechend können wir nachfolgend Erkenntnisse zur Gestaltung und zur Analyse (des transdisziplinären Prozesses) ziehen. Wir können und wollen die Wirkung dieser Gestaltung wie auch die Analyse aus oben genannten Gründen nur bedingt bewerten. Wir können hier aber festhalten in Anlehnung an Defila und Di Giulio¹¹⁶, dass die Begleitforschung¹¹⁷ im Setting von TRANSENS eine wichtige Ergänzung zur transdisziplinären Forschung war und sie ihre Aufgabe erfüllte:

Im Forschungs-Kontext nuklearer Entsorgung hat TRANSENS mit dem transdisziplinären Ansatz Neuland betreten, auch mit der begleitenden Transdisziplinaritätsforschung. Gestaltung des td Prozesses, Trainings zu td Ansätzen und Methoden, Beratung zur td Anwendung z. B. in Workshops, waren dabei unabdingbar für die Forschenden, da kaum Erfahrung mit dem transdisziplinären Ansatz vorhanden war. Nebst der Erzeugung von disziplinärem Wissen haben die Forschenden vielfältige Kompetenzen aufgebaut, z. B. wie man einen td Prozess gestaltet, wie man wissenschaftliches und anderes Wissen zusammenbringen kann, wie komplexe Sachverhalte alltagsverständlich kommuniziert werden können, wie die Beziehung der unterschiedlichen Forschungsbeteiligten funktional gestaltet werden kann usw.

¹¹⁶ Defila, R./Di Giulio, A. (2018): What is it good for? Reflecting and systematizing accompanying research to research programs. GAIA 27 (1), S. 97–104.

¹¹⁷ Zu Begleitforschung vgl. auch Fiedeler, U. et al. (2010): What is Accompanying Research on Nanotechnology?

Dies wäre ohne Begleitforschung kaum in dieser Fülle erreicht worden. Befragungen der verschiedenen Forschungsbeteiligten zeigen, dass der Begleitforschung (insbesondere dem ‚Support‘; vgl. Hölzle/Krütli 2024b) einige Bedeutung zugemessen wurde. Dennoch: Die Doppelrolle von Gestaltung und Analyse war nicht trivial, da hier auch analysiert wurde, was zumindest mitgestaltet worden war. Dieser Rollenkonflikt wurde etwas abgeschwächt, indem auf Bewertung weitgehend verzichtet wurde. Das TdLab verfolgte zunehmend – auch angesichts der starken entsprechenden Nachfrage – eher den Ansatz einer Prozessberatung. Im Gegensatz zur Fachberatung wurden dabei die Problemlösungsfähigkeiten des ‚Klienten‘ entwickelt und nicht primär eine Lösung für das Problem geliefert (Hilfe zur Selbsthilfe). Das bedeutet, Entscheidungen zu td Aktivitäten und die Verantwortung für die Ergebnisse blieben bei den Forschenden. Zudem wurde eine personelle Trennung der Rollen angedacht und zu Beginn auch umgesetzt. Durch die stärkere Bedeutung der Gestaltungsfunktion war diese personelle Trennung nicht immer aufrecht zu erhalten. In künftigen Projekten sollte diese Trennung jedoch konsequenter umgesetzt werden, um Rollenkonflikte soweit möglich zu vermeiden.

Wie lassen sich nun die ‚Beobachtungen‘ aus der Analyse der td Forschung (in den TAPs) einordnen? Wir möchten dies vor dem Hintergrund, dass es hier nicht um Evaluation gehen soll, versuchen. Vorweg geben wir zu bedenken, dass die Metrik für die Bewertung von transdisziplinären Projekten kaum allgemein sein kann und daher auch Vergleiche schwierig wäre.¹¹⁸

- Es lassen sich große Lerneffekte und vielfältiger Kompetenzaufbau (z. B. Kommunikation, Moderation, bei MINT-Wissenschaftlerinnen auch sozialwissenschaftliche Methodenkenntnisse) beobachten. Es gibt ein weites Spektrum von ‚learnings‘ in transdisziplinären Kollaborationen (Team-, kollaboratives-, wechselseitiges-, transformatives Lernen)¹¹⁹. Nebst disziplinär-methodischem Kompetenzaufbau, haben viele Wissenschaftler:innen ihre td ‚learnings‘ gehabt und diesbezügliche Fähigkeiten vielfältig erweitert. Dies wird durch eine Befragung der Forschenden gestützt: Viele Forschende sehen sich nach TRANSENS in der Lage, td Projekte selbständig zu initiieren und durchzuführen.
- Begleitgruppen waren ein besonderes Merkmal von TRANSENS. Diese Gruppen waren eine Bereicherung: Sie haben Forschende gefordert; sie haben ihnen eine ‚Lernplattform‘ geboten, um ihre Forschung gesellschaftlich relevanter zu machen, ihre Perspektive mannigfaltig zu erweitern; sie gaben ihnen die Möglichkeit, ihre ‚soft skills‘ (Kommunikation, Moderation, Organisation) zu entwickeln. Die Mitglieder der AGBe und DBG haben sich gleichzeitig weiterentwickelt, inhaltliche Kompetenz aufgebaut, Sprechfähigkeit entwickelt; sie sind befähigt, kritische, zur Reflexion anregende und perspektivenweitende Fragen zu stellen im Sinne einer extended peer community¹²⁰. Die Begleitgruppen entwickelten sich zu einer verbindenden Konstante in TRANSENS. Mitglieder dieser Gruppen könnten im StandAV eine Rolle spielen, als Schnittstelle

¹¹⁸ Koier, E./Horlings, E. (2014). How accurately does output reflect the nature and design of transdisciplinary research programmes? *Research Evaluation*, 24(1), S. 37-50. doi: 10.1093/reseval/rvu027

¹¹⁹ Klein, J. T. (2018): *Learning in Transdisciplinary Collaborations: A Conceptual Vocabulary*. In D. Fam/ L. Neuhauser/ P. Gibbs (Hg.), *Transdisciplinary Theory, Practice and Education: The Art of Collaborative Research and Collective Learning*, S. 11-23. Cham: Springer International Publishing.

¹²⁰ Funtowicz, S. O./Ravetz, J. R. (1993): *The emergence of post-normal science Science, politics and morality: Scientific uncertainty and decision making*, S. 85-123: Springer.

zwischen Behörden, Wissenschaft und Bevölkerung. Dabei wäre allerdings zu definieren, was ihre Funktion an dieser Schnittstelle sein könnte.

- Einige TRANSENS-Forschende haben moniert, dass wenig disziplinäres Wissen durch die transdisziplinäre Zusammenarbeit erzeugt wurde. Diese Vorstellung war auch von einigen Praxisakteuren zu vernehmen. Von dieser Seite hieß es, dass zwar Impulse gekommen sind, wo aber eher Input erwartet wurde. Das mag dem, zumindest zu Beginn, fehlendem Verständnis von transdisziplinärem Forschen geschuldet sein. Dieses Verständnis oder das Vorhandensein oder Fehlen transdisziplinärer Orientierung wiederum ist u.a. bestimmt durch intra-personale Faktoren wie Werte – *values* (z. B. gegenüber kollaborativer Forschung), Haltungen – *attitudes* (z. B. Bereitschaft Zeit zu investieren, sich in andere Wissenschaftsdisziplinen einzudenken), Überzeugungen – *beliefs* (z. B. dass der Nutzen von td Forschung den Aufwand übersteigt), konzeptionelle Skills (z. B. holistische Betrachtung von Forschungsgegenständen) und Verhalten (z. B. mit Forschenden anderer Disziplinen Ideen zu teilen und zu integrieren)¹²¹. Es mag aber auch sein, dass das Wissen aus den Begleitgruppen möglicherweise nicht als solches erkannt oder akzeptiert wurde, oder dass der eigene Denkstil¹²², das eigene wissenschaftliche Paradigma nicht überwunden werden konnte – kurzum, einige Wissenschaftlerinnen blieben vermutlich im ‚mode-1 Wissenschaftsverständnis‘ (= hierarchisch; disziplinäre Orientierung; ausschließlich auf das akademische System bezogen; wenig Problembezug; wissenschaftliches Wissen) haften¹²³ (vgl. auch Krütli 2024). In einem künftigen Projekt sollten daher Wissensintegration und die unterliegenden intra-personalen Aspekte systematisch adressiert bzw. reflektiert werden¹²⁴.
- Die ungleiche Verteilung von MINT- und SGW-Disziplinen in den TAPs ist möglicherweise Abbild individueller Präferenzen und Interessen oder taktischer Überlegungen. Die teilweise Schiefverteilung führte mitunter zu einer ‚Beratungsfunktion‘ durch die jeweilige disziplinäre ‚Minderheit‘, was Lernen zu TD und Wissensintegration möglicherweise erschwerte. Aus einer Problemperspektive (mit einem funktionalen Einbezug der relevanten Disziplinen¹²⁵) sollte die Zusammensetzung vor Projektbeginn reflektiert werden.
- Die Förderungsvorgaben schränkten Co-Design erheblich ein. Es gab zwei ständige Begleitgruppen, jedoch kaum Austausch/Einbezug von Praxisakteuren, zumindest nicht in der ersten Projekthälfte. In einem ‚anwendungsorientierten‘ Vorhaben, wie es TRANSENS beabsichtigte, ist das, selbstredend, besonders wichtig. Zudem war der Fokus eher auf einen konsultativen Einbezug und schöpfte damit das Potenzial der Co-Produktion (Integration unterschiedlicher Wissensbestände) nicht voll aus. Die erzielten

¹²¹ Misra, S./Stokols, D./Cheng, L. (2015) :The Transdisciplinary Orientation Scale: Factor Structure and Relation to the Integrative Quality and Scope of Scientific Publications. *J Transl Med Epidemiol* 3(2): S. 1042.

¹²² Fleck, L. (2011): Denkstile und Tatsachen. *Gesammelte Schriften und Zeugnisse*. Edited by S. Werner et al. Berlin: Suhrkamp.

¹²³ Nowotny, H./Scott, P.B./Gibbons, M.T. (2001): *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. Wiley

¹²⁴ vgl. auch ‚Teams of science‘ (S. 19) in Klein, J. T. (2018): *Learning in Transdisciplinary Collaborations: A Conceptual Vocabulary*. In Fam, D./Neuhauser, L./Gibbs, P. (Hg.), *Transdisciplinary Theory, Practice and Education: The Art of Collaborative Research and Collective Learning*, S. 11-23. Cham: Springer International Publishing.

¹²⁵ Vgl. Pohl, C./Krütli, P./Stauffacher, M. (2017): *Ten Reflective Steps for Rendering Research Societally Relevant*. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 26(1), S. 43-51

Ergebnisse können weitgehend, aber dennoch nicht ganz uneingeschränkt auf das StandAV übertragen werden, bzw. wir können nur bedingt Aussagen über das Potenzial des td Ansatzes im Standortauswahlverfahren machen. Das hat weniger damit zu tun, dass TRANSENS nicht gut gearbeitet hat, sondern eher, dass das eine ein Forschungsvorhaben ist, das andere ein politischer Entscheidungsprozess. Wie gut diese beiden zusammenpassen, kann erst in einem realen Fall beurteilt werden, z. B. in einem Reallabor mit konkreten, in der Diskussion stehenden Standorten. Der (transdisziplinären) Wissenschaft könnte hier allenfalls gar eine vermittelnde Rolle zukommen, weil Wissenschaft traditionell viel Vertrauen genießt.

- In Zusammenhang mit obigem Punkt ist interessant, dass hier die Vorgaben der Projektförderer und die Vorstellungen der Praxisakteure diametral unterschiedlich sind: Nicht zu viel Nähe mit dem Verfahren auf der einen Seite, zu wenig Praxisnähe auf der anderen Seite. Wenn man transdisziplinäre Forschung ernst nimmt im Sinne der Problemorientierung, würde das heißen, dass hier beide Seiten, also Praxisakteure und Projektförderer, noch etwas Spielraum nutzen können, den TRANSENS vorgezeichnet hat.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass TRANSENS mit seinem td Ansatz Neuland in der deutschen Entsorgungsforschung betreten hat. Jedoch kann nicht von einer Vorreiterrolle gesprochen werden, da beispielsweise in der Nachhaltigkeits-Forschung td Ansätze längst prominent angewendet werden (vgl. z. B. in Horizon 2020/Europe). Dennoch bleibt die Ermöglichung eines td Projektes, v.a. in dieser Größe, eine beachtenswerte und gewagte Leistung der Förderer. Zu würdigen an dieser Stelle ist aber auch die Konzeption des Projektvorhabens durch die TRANSENS-Initiatoren und das Engagement der TRANSENS-Forschenden, diese Art von Forschung ausgestaltet und belebt zu haben.

Eine Bemerkung zum Schluss: Das Thema nukleare Entsorgung beschäftigt uns weiter und noch lange. Es wurden hier neue und vielfältige Kompetenzen aufgebaut an der Schnittstelle Wissenschaft – Gesellschaft zu arbeiten. Dieses Potential sollte genutzt und weiterentwickelt werden – zum Nutzen der Problemlösung nuklearer Entsorgung.

Aus- und Weiterbildung (EDU)

Einleitung

Im Rahmen des Moduls Aus- und Weiterbildung (EDU) wurde in TRANSENS eine Reihe von inter- und transdisziplinär angelegten Formaten durchgeführt. Ein Schwerpunkt lag auf der (interdisziplinären) Co-Produktion von Wissen durch junge Wissenschaftler:innen verschiedener Disziplinen, sowie auf dem (transdisziplinären) Einbezug von Bevölkerung und Praxisakteuren in den Prozess der Wissensproduktion. Die Angebote richteten sich entsprechend hauptsächlich - aber nicht ausschließlich - an TRANSENS-Projektbeteiligte. Weitere Adressaten waren Studierende aus dem In- und Ausland, Praxisakteure und die interessierte Öffentlichkeit. Über die Organisation von öffentlichen Veranstaltungsformaten wurde zudem die Sichtbarkeit des Projekts und des Themas in der breiten Öffentlichkeit gestärkt und die Integration und Reflexion des in den TAPs erarbeiteten Wissens in den öffentlichen Diskurs gefördert.

Veranstaltungen und Formate der Aus- und Weiterbildung

Ringvorlesung

Es wurde ein Konzept für eine interdisziplinäre Ringvorlesung mit allen Projektbeteiligten erarbeitet (siehe „Ringvorlesung“ im Anhang) und während der Projektlaufzeit insgesamt vier Mal (WS 2021-SS2024, sowie WS 2024-laufend) gehalten.

Sommerschulen

Es wurden insgesamt 2 Sommerschulen organisiert und im Physikzentrum Bad Honnef durchgeführt. Die erste Sommerschule fand vom 19.08.-22.08.2022 unter dem Titel „Transdisciplinary research for nuclear waste disposal – Science meets society“ statt, die zweite Sommerschule vom 13.08.-20.08.2023 unter dem Titel „Going Beyond – Requirements for long-term strategies“.

Projektinterne Workshops

Die interne Weiterbildung zur Transdisziplinarität wurde - mit allen TAPs - durch die Durchführung von insgesamt fünf 10-steps-Workshop Trainings à ca. 6 Stunden durchgeführt. Mit der Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe) wurde zudem ein Methodentraining zur Emancipatory Boundary Critique¹²⁶ durchgeführt. Die Transdisziplinaritätsforschung hat zu den Inhalten und Methoden der Workshops einen separaten TRANSENS-Bericht verfasst (Hölzle/Krütli im Erscheinen). Zu Rolle und Zusammensetzung der AGBe siehe Seidl et al. (2024a).

¹²⁶ Emancipatory boundary critique: Ein Satz von Fragen, der Nicht-Expert:innen dabei unterstützt, die vorgeschlagene Lösung eines Experten oder einer Expertin für ein Problem sowie die sozialen und ökologischen Auswirkungen dieser Lösung kritisch zu hinterfragen.

Bearbeiter:innen-Treffen

Zur Vernetzung und interdisziplinären Weiterbildung der Bearbeiter:innen wurden im Rahmen von TRANSENS insgesamt sechs Treffen der Bearbeiter:innen organisiert. Hierbei stand, insbesondere während der Corona-Pandemie in der Anfangsphase des Projektes, das gegenseitige Kennenlernen und der Austausch über die einzelnen Projekte im Vordergrund. Ab der zweiten Jahreshälfte 2022 konnten Bearbeiter:innen-Treffen in Person stattfinden, auf denen neben der gegenseitigen Vorstellung der Themen auch Exkursionen und der Austausch mit Personen der Öffentlichkeit (Bürgerinitiativen, Mitarbeitende von Lagerstandorten) möglich war.



Abbildung II.4: Erstes Präsenztreffen der Bearbeiter:innen in Braunschweig. 08.08.2022

Betreuung von Promotionen und Abschlussarbeiten

Im Rahmen des Projektes wurden 8 Bachelorarbeiten, 12 Masterarbeiten, 2 Studienarbeiten, sowie 13 Promotionen betreut. Eine Liste mit den betreuten Arbeiten findet sich im Anhang unter „Betreuung von Promotionen und Abschlussarbeiten“.

Organisation von Sessions auf (internationalen) Konferenzen

Insgesamt wurden durch die Projektbeteiligten 15 Sessions sowie 8 Workshops und 5 Arbeitsgruppen auf (internationalen) Konferenzen organisiert (siehe „Organisation von Sessions auf (internationalen) Konferenzen“ im Anhang).

Weitere Veranstaltungen

Öffentliche Vorlesungen/Workshops

Zusätzlich zu den projektübergreifend organisierten Formaten wurden durch einzelne Projektteilnehmer:innen insgesamt 8 weitere Vorlesungen, 1 Seminar, drei Ausbildungsmodule und ein öffentlicher Workshop durchgeführt (siehe „Öffentliche Vorlesungen/Workshops“ im Anhang).

Öffentliche Veranstaltungen

Es wurden insgesamt 4 öffentliche Veranstaltungen im Rahmen des Projektes (co-) organisiert (ebd.).

Besuche von Schulen

In insgesamt 20 Schulbesuchen, wurde in Kooperation mit dem Modul TRUST 2 (Bürgermessstelle in der Asse-Region), das Thema der Messung von Radioaktivität in Umwelt- und Alltagsproben und dessen Einordnungen in Hinblick auf das damit verbundene Risiko vermittelt.

Methoden und Ergebnisse

Ringvorlesung

Disziplinär spannte die Ringvorlesung den Bogen von den technischen Grundlagen zu den ethischen, sozio-ökologischen, ökonomischen, juristischen und politischen Implikationen der Entsorgung radioaktiver Abfälle im Allgemeinen und der Suche nach einem geeigneten Standort für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle im Speziellen. Im ersten Semester (Wintersemester) standen hierbei jeweils die technischen Grundlagen im Vordergrund, während im zweiten Semester (Sommersemester) die Thematik auf der gesamten, im Projektverbund vorhandenen disziplinären Breite, beleuchtet wurde.

Die ursprünglich analoge Lehr-Veranstaltung wurde dabei – zunächst für die leichte Zugänglichkeit durch alle Projektpartner - auf ein hybrides- (online und Präsenz) Format umgestellt. Aufgrund von Interesse von externen Personen an einer Teilnahme wurde die Veranstaltung für eine Teilnahme durch alle interessierten Bürger:innen sowie für externe Akteure geöffnet und im Laufe des Projektes zunehmend auch als öffentliche Veranstaltung durch TRANSENS-EDU beworben.

Die Öffnung der Ringvorlesung für externe Teilnehmer:innen führte im Verlauf des Projektes zu einer wesentlichen Stärkung der Vernetzung der Projektbeteiligten mit weiteren Akteuren im Forschungsfeld. Insbesondere wurde die Veranstaltung sowohl von Mitarbeitenden diverser Praxisakteure (wie etwa direkt an der Entsorgung beteiligte Unternehmen (BGE, Bundesgesellschaft für Endlagerung; BGZ, Bundesgesellschaft für Zwischenlagerung, etc.), Behördenvertreter:innen, sowie Bürgerbegleitgruppen (NBG, Nationales Begleitgremium; PFE, Planungsteam Forum Endlagersuche)) besucht, für die eine fachliche Vertiefung auf dem Gebiet eine Bereicherung darstellte (siehe „Resümee“).

Tabelle II.2: Teilnehmende an der Ringvorlesung

Teilnehmende	2019/2020	2021 /2022	2023/2024
Gesamt	55	72	60
Externe	5	29	15

Sommerschulen

Die Sommerschulen richteten sich primär, aber nicht ausschließlich, an internationale Studierende, sowohl aus dem Projekt TRANSENS, als auch aus dem Ausland. Die Sommerschulen wurden darüber hinaus für eine Teilnahme von interessierten Bürger:innen sowie für externe Akteure grundsätzlich geöffnet.



Abbildung II.5: 1. Internationale TRANSENS Sommerschule „Transdisciplinary research for nuclear waste disposal: science meets society“ im Physik Zentrum Bad Honnef im Jahr 2022.

Die erste, insgesamt 10-tägige Sommerschule unter dem Titel „Transdisciplinary research for nuclear waste disposal: science meets society“ beschäftigte sich primär mit dem Einbezug von Bürger:innen in die „Endlagersuche“ im internationalen Raum (Programm siehe Anhang).

Insgesamt 53 Teilnehmende und Dozierende aus 18 Ländern nahmen an der Sommerschule teil. Ein Bericht über die Sommerschule findet sich auf www.transens.de.

Für die zweite Sommerschule wurden die nationalen Praxisakteure BGE, BGZ und BASE (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung) in die Vorbereitungen konsultativ miteinbezogen. Das gemeinsam erarbeitete Konzept hatte die derzeitigen Probleme der Standortauswahl in Deutschland im Fokus und richtete sich neben internationalen

Studierenden auch verstärkt wieder an junge Mitarbeitende der Praxisakteure, sowie an Bürger:innen. Hierzu wurden die folgenden Leitfragen durch die Praxispartner:innen definiert und im Rahmen der Sommerschule behandelt: How to handle unexpected developments: When to decide? Who to involve? Ensuring Legitimization. Taking Responsibility. Building Trust in sustainable decisions (Programm siehe „Themen und Vortragende der beiden Sommerschulen“ im Anhang).

An der Sommerschule 2023 nahmen 60 Teilnehmende und Dozierende aus 21 Ländern teil. Durch die Mitwirkung der während der Planung konsultierten Partner BGE, BASE und BGZ und den stärkeren Fokus auf eine problemorientierte aktive Mitarbeit aller Teilnehmenden konnte der transdisziplinäre Charakter der Sommerschule weiter gestärkt werden. Neben internationalen Studierenden aus Natur- und Sozialwissenschaften nahmen daher auch junge Mitarbeitende von BASE und BGE und BZG, sowie Vertreter:innen der AGBe teil.¹²⁷

Bearbeitertreffen

Aufgrund der Covid-19-bedingten Reisebeschränkungen wurden die ursprünglich als Präsenz-Veranstaltungen angedachten Formate von Bearbeitertreffen und Workshops für die Dauer der akuten Einschränkungen durch die Corona-Pandemie vollständig auf Online-Formate umgestellt. In diesem Rahmen hatten pro Treffen 2-3 Doktorand:innen die Gelegenheit, ihre Promotionsvorhaben vorzustellen und im Anschluss mit den Bearbeiter:innen der anderen Fachdisziplinen hierüber in den Austausch zu treten.

Mit Ende der akuten Kontaktbeschränkungen durch die Pandemie wurden ab 2022 Bearbeitertreffen zum einen im Rahmen der Arbeits- und Projekttreffen organisiert, zum anderen wurde ein separates Bearbeitertreffen vom 07.09.-09.09.2022 in Braunschweig organisiert, zudem auch eine gemeinsame Exkursion nach Gorleben durchgeführt.

Im Rahmen der Bearbeitertreffen wurde in erster Linie der interdisziplinäre Austausch der Bearbeiter:innen gefördert. So konnten durch die gegenseitige Vorstellung der Promotionsvorhaben in der Anfangszeit des Projektes erste Kontakte für interdisziplinäres Arbeiten geknüpft und ein Überblick über die bearbeiteten Themen gewonnen werden. Dieser Überblick wurde in den weiteren Präsenz-Veranstaltungen vertieft und es wurden konkrete interdisziplinäre Projekte entwickelt (als Beispiel seien hier das WebGIS (Bräuer, Schwarz, Peters 2023) oder die interdisziplinäre Publikation zur Kommunikation von Zukünftigen (Berg/Hassel 2022) genannt). Diese Verknüpfung mündete in die Disziplin-übergreifende Veröffentlichung des TRANSENS-Berichts „Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung“ (Heiermann et al 2024).

Transdisziplinäre Fallstudie

Die ursprünglich im Rahmen der td Forschung im TAP SAFE geplante transdisziplinäre Fallstudie für MSc-Studierende wurde aus Gründen der Anpassung der td Formate im TAP SAFE und aus organisatorischen Gründen nicht in der vorgesehenen Form durchgeführt (vgl. Teil II, insb. „TAP Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (SAFE)“). Stattdessen erfolgte eine Fokussierung der 2. Sommerschule auf td Ansätze.

¹²⁷ Ein Bericht über die Sommerschule findet sich auf www.transens.de.

Außerdem wurde die Forschung mit Promotionsstudent:innen im Rahmen der Graduiertenakademie der TU Clausthal im TAP SAFE durchgeführt. Dabei wurde Wissen sowohl zu der Forschung als auch zur Endlagersicherheit vermittelt.

Resümee

Im Zentrum der Aus- und Weiterbildung im Projekt TRANSENS standen der inter- und transdisziplinäre Austausch sowie die Co-Produktion von Wissen. Dieser Austausch fand einerseits zwischen den Wissenschaftler:innen statt und wurde darauf aufbauend im transdisziplinären Sinne sowohl auf interessierte Bürger:innen ohne Fachexpertise als auch auf beruflich am Thema der Endlagerung interessierte Personenkreise (Praxisakteure) erweitert.

Ein zentraler Baustein hierfür war die wiederholt stattfindende Ringvorlesung, die ursprünglich als interdisziplinäre Weiterbildungsveranstaltung für Studierende der beteiligten Universitäten konzipiert war. Durch die Beteiligung nahezu aller verbundenen Institute konnte eine sehr breite thematische Abdeckung von technischem Wissen bis hin zu ethischen und politischen Aspekten der Endlagerung radioaktiver Abfälle erreicht werden. Durch die schrittweise Öffnung der hybrid abgehaltenen Ringvorlesung für ein nicht-akademisches Publikum konnte die Reichweite der Vorlesung deutlich erweitert und der unmittelbare Bezug zum Problemkontext hergestellt werden. Dies spiegelte sich insbesondere in den gestellten und diskutierten Fragen wider, die – je nach Hintergrund der fragenden Person – oft weniger akademisch und eher praktisch orientiert waren. Ein weiterer Effekt der Öffnung war, neben der zusätzlichen Gelegenheit zur Vernetzung des Projektes in die außerakademische Welt, eine Möglichkeit zur Wissensvermittlung für am Prozess beteiligte Akteure zu bieten.

Jürgen Ruffer, Nationales Begleitgremium: „Die Ringvorlesung im Rahmen von TRANSENS hat mir eine wertvolle Übersicht und Breite an Informationen zu allen gesellschaftlichen, gesellschaftspolitischen und technischen Aspekten der Endlagerung für meine Mitarbeit im Nationalen Begleitgremium geliefert.“

Das hierdurch aufgebaute Netzwerk wurde genutzt um im Rahmen von weiteren, durch die Projektteilnehmer:innen veranstalteten, öffentlichen Vorlesungen und Workshops sowie öffentlichen Events, das Bewusstsein für die Thematik auch außerhalb der akademischen Gemeinschaft zu stärken. An dieser Stelle seien insbesondere die öffentlichen Veranstaltungen „Leibniz UniverCity – Uni in der Stadt“ und die TRANSENS-Abschlussveranstaltung (siehe „Öffentliche Vorlesungen/Workshops“ im Anhang) in Hannover genannt, in denen ein signifikanter Outreach sowohl in die Fachöffentlichkeit, als auch in die nicht-Fachöffentlichkeit erreicht werden konnte.

Sommerschulen wurden zweimal durchgeführt. Sie richteten sich nicht nur an internationale Studierende, sondern wurden auch von interessierten Bürger:innen, Mitgliedern der AGBe, sowie jungen und interessierten Mitarbeitenden der Praxisakteure besucht. Bei den Sommerschulen selbst wurde sowohl das notwendige Wissen zum Verständnis des Problems vermittelt als auch die entstehenden Konflikte und Probleme durch die verschiedenen Teilnehmenden auf Grundlage ihres Bezugs und Hintergrundes diskutiert. Hierbei zeigte sich, dass die Öffnung der Sommerschulen für ein sehr heterogenes Publikum eine Bereicherung für den Wissenszuwachs der Beteiligten im

transdisziplinären Sinn bedeutet. Wichtig für den Erfolg des Konzeptes war es dabei, mindestens gleichberechtigt zur Wissensvermittlung in frontalen Unterrichtseinheiten, interaktive Lernelemente (Gruppenarbeiten, Workshops, Diskussionen) zu implementieren, in denen die Teilnehmenden ihre jeweilige Perspektive zur Problemlösung einbringen konnten.

Die erste Sommerschule widmete sich internationalen Konzepten zum Einbezug von Bürger:innen in die Standortauswahl. Für die zweite Sommerschule wurden bewusst die nationalen Akteure BGE, BGZ und BASE in den Veranstaltungsentwurf einbezogen, und reale Fragen aus dem deutschen Prozess der Endlagersuche wurden aufgegriffen.

*Martina Heiermann, Doktorandin am Lehrstuhl für Endlagersysteme, TU Clausthal:
„Der fachliche Hintergrund der Teilnehmer war überraschend divers – u.a. waren Ethik, Geophysik und Wirtschaftswissenschaften vertreten – was aber letztlich das breit angelegte Themenspektrum widerspiegelte. Diese Diversität hat die Diskussionen sehr bereichert.“*

Projektinterne Workshops, darunter fünf 10-steps-Trainings, vertieften das Verständnis für transdisziplinäre Forschung. Spezielle Methodentrainings wurden ebenfalls angeboten. Bearbeitertreffen fanden online und später in Präsenz statt, um den interdisziplinären Austausch zu fördern. Diese Treffen dienten der Vernetzung und der Vorstellung von Promotionsprojekten, was zu neuen interdisziplinären Projekten führte.

Im Verlauf des Projekts wurden zahlreiche Promotionen und Abschlussarbeiten betreut, die sich mit unterschiedlichen Aspekten der Endlagerung von radioaktiven Abfällen beschäftigten.

Auf internationalen Konferenzen wurden 15 Sessions und 8 Workshops organisiert, um Forschungs- und Diskussionsplattformen zu verschiedenen Aspekten der nuklearen Entsorgung zu bieten.

In all diesen Formaten wurde das transdisziplinäre Arbeiten geübt und erlernt, und zwar gleichzeitig und im Wechselspiel zwischen den beteiligten Wissenschaftler:innen und den Bürger:innen. Die hierbei gemachten Erfahrungen waren für die Beteiligten oft sehr fordernd, da sie ein hohes Maß an Toleranz, Ausdauer und Kommunikationsgeschick erforderten, das für rein disziplinäres Arbeiten nicht notwendig ist. Es sind jedoch genau diese Erfahrungen, denen alle Beteiligten beim Problem ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland zu errichten, täglich begegnen. Im Rahmen der Aus- und Weiterbildung im Projekt TRANSENS war es somit möglich, einer Gruppe junger Wissenschaftler:innen aus sehr unterschiedlichen Disziplinen das Rüstzeug zu vermitteln, mit dem sie ihr disziplinäres Wissen konstruktiv und nachhaltig in die öffentliche Diskussion einbringen und so zu einer Lösung der Endlagerproblematik in Deutschland beitragen können.

III. TRANSENS-FORSCHUNGSERGEBNISSE: VERÖFFENTLICHUNGEN

- Bechthold, E. (2021a): Die Kunst der Langfristigkeit. Buchrezension, in: TaTuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Vol. 30, Nr. 02, Oekom Verlag 2021, S. 65-66, ISSN: 0943-8246, DOI: <https://doi.org/10.14512/tatup.30.2.65>, <https://tatup.de/index.php/tatup/article/view/6903>
- Bechthold, E. (2021b): Weshalb der Begriff der Akzeptabilität hilfreich ist, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 81-86, ISSN: 2747-4186
- Bechthold, E./Enderle, S. (2024): Hands on! Mit kollaborativem Erarbeiten von Lösungsideen zu neuen Räumen der Zusammenarbeit – die Arbeitsweise des Design Thinking, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 99-116, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-4>
- Bechthold, E./Enderle, S. (2025): Kollaboratives Vorgehen von Praxisakteuren der nuklearen Entsorgung. Zur Handlungsfähigkeit im Standortauswahlverfahren, TRANSENS-Bericht Nr. 22, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240930-1>
- Becker, F./Berg, M. (2024): Ungewissheiten und Narrative im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle – eine schwierige Beziehung?, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 361–382, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_17, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_17
- Becker, D.-A. et al. (2024): Bedeutung von deterministischen und probabilistischen Methoden zur Behandlung und Kommunikation von Ungewissheiten hinsichtlich der Sicherheitsaussagen in einem Safety Case, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 337–359, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_16, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_16
- Berg, M./Hassel, T. (2022): Challenges in communicating the future of high-level radioactive waste disposal: What future are we talking about?, in: TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Vol. 31/3 2022, S. 18-23
- Berg, M. (2024): Narrative im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, in: Smeddinck, U./Berg, M. (Hg.): Ein Querschnitt durch die Forschung des transdisziplinären Arbeitspakets DIPRO, TRANSENS Bericht 12, Karlsruhe, Kiel 2023, S. 16-19
- Bister, S. et al. (2024): Umweltüberwachung aus Sicht der Bevölkerung gedacht. Strahlenschutzpraxis, 30(3), <https://www.strahlenschutzpraxis.com/beitrag/umweltueberwachung-aus-sicht-der-bevoelkerung-gedacht/>
- Bräuer, P./Peters, I. (2021a): Does the General Public Share Research on Twitter? A Case Study on the Online Conversation about the Search for a Nuclear Repository in Germany, Werner Hülsbusch, Glückstadt 2021, S. S. 94-114, ISBN: 978-3-86488-172-5, DOI: <https://doi.org/10.5283/epub.44940>, https://epub.uni-regensburg.de/44940/1/isi_lemke_et_al.pdf

- Bräuer, P./Peters, I. (2021b): Vertrauenswürdigkeit und Wissenschaftlichkeit von Visualisierungen im partizipativen Prozess der Endlagersuche für hoch radioaktive Abfälle in Deutschland, in: GeNeMe '21 - Gemeinschaften in Neuen Medien, 24. Tagung, TUDpress 2021, S. 302-312, DOI: <https://doi.org/10.25368/2022.52>
- Bräuer, P. (2022): A Speech-Based AI for Political Participation, in: MuC '22: Proceedings of Mensch und Computer 2022 2022, S. 462–466, DOI: <https://doi.org/10.1145/3543758.3549889>
- Bräuer, P. et al. (2023): Movement in Virtual Time: How Virtual Reality Can Support Long-Term Thinking, in: MuC '23: Proceedings of Mensch und Computer 2023, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA 2023, S. 477–481, DOI: <https://doi.org/10.1145/3603555.3608569>
- Bräuer, P./Schwarz, L./Peters, I. (2023): Transdisziplinäre Entwicklung eines WebGIS für die Atommüll-Endlagerstandortsuche in Deutschland, in: INFORMATIK 2023 - Designing Futures: Zukünfte gestalten, Gesellschaft für Informatik e.V., Berlin 2023, S. 777-782, DOI: https://doi.org/10.18420/inf2023_87, <https://dl.gi.de/items/ac372c3c-f825-4a0e-a674-abc88a9634b9>
- Brohmman, B. et al. (2021): Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, DOI: <https://doi.org/10.14361/9783839456682>
- Brohmman, B./Mbah, M./Nees, J. (2024): Der Safety Case in der Endlagerung als ein Beispiel für die Bedeutung von Sicherheitsmanagement und -kultur, TRANSENS-Bericht Nr. 14, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20231218-0>
- Brunnengräber, A. (2021a): Das Kapitalozän ist das eigentliche Problem. Atommüll im Menschenzeitalter, in: Politische Ökologie, Nr. 167, oekom, München 2021, S. 32-38
- Brunnengräber, A. (2021b): Die Stecknadel auf der Atom-Landkarte. Wie wir in Deutschland zu einem Endlager für hochradioaktive Abfälle kamen, in: Aus Politik und Zeitgeschichte, Vol. 21, Nr. 23, Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn 2021, S. 24-31, <https://www.bpb.de/apuz/333366/die-stecknadel-auf-der-atomlandkarte-wie-wir-in-deutschland-zu-einem-endlager-fuer-hochradioaktive-abfaelle-kamen>
- Brunnengräber, A./von Hirschhausen, C. (2021): Narrative und Gegen-Narrative – ein Bestandteil der wicked communication, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 93-98, ISSN: 2747-4186
- Brunnengräber, A. et al. (2021): Der Atommüll – eine soziotechnische Tatsache. Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung von sozialen und technischen Belangen bei der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, S. 79-106
- Brunnengräber, A. (2023): Die transdisziplinäre Forschung (tdF) – ein wicked problem: Thesen im Rahmen des Forschungsverbundes TRANSENS. In: Smeddinck, U./Berg, M.: Ein Querschnitt durch die Forschung des transdisziplinären Arbeitspakets DIPRO, TRANSENS-Bericht Nr. 12, DOI: 10.21268/20231205-0

- Brunnengräber, A./Schwarz, L. (2023a): Now it's Getting Personal - Considering Nuclear Waste Justice from an Environmental and Individual Perspective, in: The Plurality of Political Ecology. Tagungsband zur zweiten augsburger.forschungswerkstatt, Augsburg 2023, S. 27-35, <https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/104299/file/Texte-Augustana-Bd-35-OPUS.pdf>
- Brunnengräber, A./Schwarz, L. (2023b): Vielfalt an Betroffenheit: Politische, räumliche, soziale und zeitliche Skalenperspektiven auf die Endlagerung, in: Zeitschrift für Politikwissenschaft 2023, DOI: <https://doi.org/10.1007/s41358-023-00346-6>
- Brunnengräber, A. et al. (2023a): (Nicht) Mein Endlager. Explorative Forschung zum gesellschaftlichen Umgang mit hochradioaktiven Abfällen – ein partizipativer und transdisziplinärer Ansatz. In: Forschungsjournal Soziale Bewegungen, JG. 36 Heft 4, FJSB Plus. <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/brunnengraeber-denk-schwarz-themann-nicht-mein-endlager>
- Brunnengräber, A. et al. (2023b): Monumentale Verdrängung. Die neue Pro-Atom-Troika, in: Blätter für deutsche und internationale Politik, Vol. 23, Nr. 02 2023, S. 9-12, <https://www.blaetter.de/ausgabe/2023/februar/monumentale-verdraengung-die-neue-pro-atom-troika>
- Brunnengräber, Achim (2024): Fondsmodelle für den hochradioaktiven Atommüll. Aber sind die Kosten für den Atommüll in Deutschland und der Schweiz überhaupt berechenbar. GWP - Gesellschaft.Wirtschaft.Politik (Budrich Journals), S. 483-495, <https://www.budrich-journals.de/index.php/gwp/article/view/45142>
- Brunnengräber, A./Denk, A./Themann, D. (2024): Hemmnisse zivilgesellschaftlicher Selbstorganisation im Standortauswahlverfahren, Forschungsjournal Soziale Bewegungen Plus 2024, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/brunnengraeber-denk-themann-hemmnisse-zivilgesellschaftlicher-selbstorganisation-im-standortauswahlverfahren/>
- Brunnengräber, A./Sieveking, J. (2024): Wicked Financing der Endlagerung: Ungewissheiten, Widersprüche und Herausforderungen bei der Finanzierung der nuklearen Entsorgung in Deutschland – der Staatsfonds KENFO, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 141-165, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_8, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_8
- Brunnengräber, Achim (2025): Beschleunigung durch oder auf Kosten der Öffentlichkeitsbeteiligung? Das Verfahren zur Standortauswahl für ein geologisches Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle soll beschleunigt werden. Nicht alle dafür vorgetragenen Gründe können überzeugen. In: Forschungsjournal Soziale Bewegungen Plus. 38 (1) No 5, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/brunnengraeber-beschleunigung-durch-oder-auf-kosten-der-oeffentlichkeitsbeteiligung/>
- Consten, W. et al. (2024). Bürgergutachten. Rückholbarkeit von hochradioaktiven Abfällen aus dem geologischen Tiefenlager. Clausthal.
- Denk, A. (2024a): Exclusive Public. An Analysis of Public Participation in the Site Selection Procedure for a Repository for Nuclear Waste, in: Frontiers in Political Science, Comparative Governance (6). <https://doi.org/10.3389/fpos.2024.1271062>

- Denk, A. (2024b): Das transdisziplinäre Außen und Innen, in: U. Smeddinck und M. Berg (Hg.) Ein Querschnitt durch die Forschungsaktivitäten des TAP DIPRO. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie. <https://doi.org/10.21268/20231205-0>
- Denk, A./Brunnengräber, A. (2024): Instrumentalisierte Öffentlichkeit. Drei Jahre Beteiligungsverfahren zur Standortauswahl für die langfristige Tiefenlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: Forschungsjournal Soziale Bewegungen JG. 37 Heft 3 FJSB Plus. <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/denk-brunnengraeber-instrumentalisierte-oeffentlichkeit>
- Di Nucci, R. (2021): Akzeptanz oder Akzeptabilität? – Plädoyer für eine Begriffsgemeinschaft, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 76-80
- Di Nucci, R./Brunnengräber, A. (2021): Kompensationen und ihre Angemessenheit, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 63-70, ISSN: 2747-4186
- Di Nucci, R./Isidoro Losada, A. M./Laes, E. (2021): Institutionelle Herausforderungen bei der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Ein Vergleich der Regulierungsbehörden in Deutschland, Belgien und Kanada –See you later, regulator?, in: Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, S. 265-298
- Di Nucci, R./Themann, D. (2021): Confidence gap or timid trust building? The role of trust in the evolution of the nuclear waste governance in Germany, in: Journal of Risk Research 2021, DOI: <https://doi.org/10.1080/13669877.2021.1936605>
- Di Nucci, R./Brunnengräber, A. (2023): The Long Road Towards the Soft Nuclear Repository State: Nuclear Waste Governance in Germany, in: Arentsen, M. (Hg.)/van Est, R. (Hg.), The Future of Radioactive Waste Governance, Springer VS, Wiesbaden 2023, S. 113–140, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-40496-3_5
- Di Nucci, R./Prontera, A. (2023): Nuclear Waste Governance in Italy: Between Participation Rhetoric and Regionalism, in: Arentsen, M. (Hg.)/van Est, R. (Hg.), The Future of Radioactive Waste Governance, Springer VS, Wiesbaden 2023, S. 51–83, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-40496-3_3
- Drögemüller, C. et al. (2021): Wissenschaft und Zivilgesellschaft: gemeinsame Forschung zur Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle - das Verbundvorhaben TRANSENS, in: Strahlenschutzpraxis Nr. 03 2021, S. 71 ff.
- Drögemüller, C./Seidl, R. (2024a): Vertrauen und Wissen durch Augenhöhe: Die Arbeitsgruppe Bevölkerung im Projekt TRANSENS, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 52 - 67, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-1>

- Drögemüller, C./Seidl, R. (2024b): Forschung mit Bürger:innen zu soziotechnischen Fragen der nuklearen Entsorgung, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 48-49, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Drögemüller, C. et al. (in Vorbereitung). Basis für Vertrauensarbeit in Wissenschaft beim Thema Entsorgung hochradioaktiver Abfälle – Reflexionen eines Forschungsprojektes. In: Bolz, M. et al. (Hg.), Wissenschaft und Technologie kommunizieren: Kontroversität, Dialog und Partizipation (= Proceedings zur 5. Tagung des Interdisciplinary Network for Studies Investigating Science and Technology (INSIST), 2022 in Berlin) (Science Studies). Bielefeld: transcript.
- Drögemüller, C./Seidl, R./Walther, C. (in Vorbereitung): Social Values, Individual Judgments and Acceptance. The Case of High-Level Radioactive Waste in Germany
- Döring, L.-M. (2023): Indikatoren im Safety Case für nukleare Endlager. Internationale Praxis, Sicherheitsbezug und Kommunikation mit unterschiedlichen Zielgruppen. Masterarbeit, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2023
- Ebeling, M./Heiermann, M./Röhlig, K.-J. (2024): Opportunities for the further development of the Safety Case for deep geological repositories by transdisciplinary research – FEP catalogs and scenario development, in: Front. Nucl. Eng., Vol. 3 - 2024, Nr. 1416508 2024, DOI: <https://doi.org/10.3389/fnuen.2024.1416508>, <https://www.frontiersin.org/journals/nuclear-engineering/articles/10.3389/fnuen.2024.1416508/full>
- Ebeling, M. et al. (2024): Planung und Durchführung transdisziplinärer Workshops zur Optimierung des Safety Case, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 80-98, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-3>
- Ebeling, M. (2025, im Erscheinen): Möglichkeiten und Grenzen eines transdisziplinären Forschungsansatzes zur Optimierung des Safety Cases im Kontext der nuklearen Entsorgung – FEP und Szenarien, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2025
- Eckhardt, A. (2021): Sicherheit angesichts von Ungewissheit. Ungewissheiten im Safety Case, TRANSENS-Bericht Nr. 01, ISBN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20210412-0>
- Eckhardt, A. (2021): Stress factor human activities, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1, copernicus.org 2021, S. 285-286, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-285-2021>
- Eckhardt, A. (2021): Stressfaktor Mensch. Menschliche Einflüsse auf das verschlossene Endlager - Versuch einer wissenschaftlichen Annäherung, TRANSENS-Bericht Nr. 03, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20210615-0>
- Eckhardt, A. (2022): Entsorgung unter Kontrolle? Erfahrungen mit dem Monitoring von Tiefenlagern in der Schweiz, in: Hocke, P. et al. (Hg.): Technical Monitoring and Long-term Governance of Nuclear Waste, Nomos/edition sigma, Baden-Baden 2022, S. 31-42, ISBN: 978-3-8487-4402-2, DOI: <https://doi.org/10.5771/9783845286594-31>

- Eckhardt, A./Krütli, P./Röhlig, K.-J. (2023a): Extended peer reviews for resilient safety, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Volume 2, 2023 | Interdisciplinary Research Symposium on the Safety of Nuclear Disposal Practices safeND 2023, Vol. 2, Online 2023, S. 83-84, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-2-83-2023>, <https://sand.copernicus.org/articles/2/83/2023/>
- Eckhardt, A./Krütli, P./Röhlig, K.-J. (2023b): Transdisziplinäre Reviews - Ein Ansatz zur Optimierung des Safety Case, TRANSENS-Bericht Nr. 11, DOI: <https://doi.org/10.21268/20231106>
- Eckhardt, A. et al. (2023): Optimising the safety case through transdisciplinary research?, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Safety of Nuclear Waste Disposal 2, S. 187-188, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-2-187-2023>
- Eckhardt, A. (2024a): Das Endlager im Raum unter Tage. Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle im Kontext der Raumplanung im Untergrund, TRANSENS-Bericht Nr. 18, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240812-0>
- Eckhardt, A. (2024b): Entscheidungen unter Ungewissheit bei der Standortauswahl, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar 2024, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>
- Eckhardt, A. (2024c): Wie viel Ungewissheit ist akzeptabel?, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 207-228, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_11, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_11
- Eckhardt, A./Heiermann, M./Röhlig, K.-J. (2024): Optimierung des Safety Case – Argumente aus Erfahrung: Ergebnisse der transdisziplinären Formate mit Praxisakteur:innen im TAP SAFE, TRANSENS-Bericht Nr. 21, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240702-0>
- Eckhardt, A. et al. (2024): Das Unbekannte vorausdenken: Entscheidungen unter Ungewissheit und zum Umgang mit Ungewissheiten, in: Eckhardt, A. et al. (Hg.), Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 383-403, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_18, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_18
- Eckhardt, A. et al. (Hg.) (2024): Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, ISBN: 978-3-658-42698-9, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9>, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-42698-9>
- Enderle, S./Hocke, P. (2021): Narratives and images of the future for final disposal, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1 2021, S. 193-194, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-193-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/193/2021/>
- Enderle, S./Bechthold, E. (2023): Solving problems collectively in nuclear waste governance, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, 2 2023, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-2-267-2023>
- Frenzel, M. (2021): Betrachtung und Bewertung von "Human Intrusion" in Sicherheitsnachweisen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Masterarbeit, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2021

- Frölich, N. (2021): Die Kommunikation von wicked problems – An den Beispielen der Endlagersuche und des Autonomen Fahrens, Karlsruhe. ITAS-TRANSENS-Paper Nr. 03 2021
- Frölich, N./Hocke, P./Bechthold, E. (2021): Zivilgesellschaft. ITAS-TRANSENS-Paper Nr. 01, Karlsruhe 2021
- Grunwald, A. (2022a): Die Endlagerkommission des Deutschen Bundestages: Prozess- und Endlagermonitoring, in: Hocke, P. et al. (Hg.): Technical Monitoring and Long-term Governance of Nuclear Waste, Nomos/edition sigma, Baden-Baden 2022, S. 81-94
- Grunwald, A. (2024): Offene Zukunft und unsicheres Zukunftswissen: die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: Eckhardt, A. et al. (Hg.): Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 13-30, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_2
- Gutting, A./Högselius, P./Meyer, T./Mbah, M. (Hg.) (2024): Geographies of Nuclear Energy in Past and Present. International Studies. Special Issue. Historical Social Research 49 (1).
- Hassel, T. (2021): Ein Jahr DIPRO – Lessons learned aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive zur inter- und transdisziplinären Arbeit, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 26-30
- Hassel, T. et al. (2021a): Sicherheitsrelevante Barrieren bei der Endlagerung: Ungewissheiten aus der Perspektive der Ingenieurwissenschaften, TRANSENS-Bericht Nr. 04, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20211129-0>
- Hassel, T. et al. (2021b): Workshop Safety and Uncertainty, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1, copernicus.org 2021, S. 309-310, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-309-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/309/2021/sand-1-309-2021.pdf>
- Hassel, T. (2023): Concretisation of host-rock-dependent canister concepts through the development of a consistent but variable multi-barrier system for the future engineered barrier systems; safeND2023 (13.-15.09.2023, Berlin): Interdisziplinäres Forschungssymposium für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung des BASE.
- Heiermann, M./Olszok, V. (2024): Transdisciplinary research on the safety case for nuclear waste repositories with a special focus on uncertainties and indicators, in: Frontiers in Nuclear Engineering, Vol. 3 2024, DOI: <https://doi.org/10.3389/fnuen.2024.1414964>, <https://www.frontiersin.org/journals/nuclear-engineering/articles/10.3389/fnuen.2024.1414964/full>
- Heiermann, M. et al. (Hg.) (2024a): Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-1>

- Heiermann, M. et al. (2024b): Indikatoren in der Kommunikation von Endlagersicherheit - Ergebnisse eines transdisziplinären Workshops, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 163-164, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub-tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Hocke, P. (2021): Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: Grunwald, A. (Hg.)/Hillerbrand, R. (Hg.), Handbuch Technikethik, Vol. 2, J.B. Metzler, Stuttgart 2021, S. 388-392, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-476-04901-8_74
- Hocke, P./Mbah, M./Kuppler, S. (2021): Politischer Lernprozess oder naives Hoffen auf positive Effekte zukünftiger Bürgerbeteiligung? Das neue deutsche Standortauswahlverfahren bei der Entsorgung hochradioaktiver Brennstoffe, in: Ralf, L. et al. (Hg.): Gesellschaftliche Transformationen: Gegenstand oder Aufgabe der Technikfolgenabschätzung?, Vol. 1, Nr. 22, edition sigma/Nomos, Baden-Baden 2021, S. 245-256, ISBN: 978-3-7489-0155-6, DOI: <https://doi.org/10.5771/9783748901556-245>
- Hocke, P. et al. (2021): Verzahnungen, Haltepunkte und Wissenskonflikte. Zum Startpunkt und der Verknüpfung der Module und Arbeitspakete im TAP „Handlungsfähigkeit und Flexibilität“. ITAS-TRANSENS-Paper Nr. 02, Karlsruhe 2021
- Hocke, P. et al. (2022a): Technical Monitoring and Long-term Governance of Nuclear Waste, Nomos/edition sigma, Baden-Baden 2022
- Hocke, P. et al. (2022b): Technical monitoring and long-term governance: an introduction, in: Technical Monitoring and Long-term Governance of Nuclear Waste, Nomos/edition sigma, Baden-Baden 2022, S. 7-20
- Hocke, P. (2023): Thinking in alternatives and reflecting possible futures in German nuclear waste management: Insights from technology assessment, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, 2 2023, S. 213–214, ISSN: 2749-4802, DOI: <https://doi.org/10.5445/IR/1000165577>, <https://sand.copernicus.org/articles/2/213/2023/>
- Hormann, V./Walther, C. (2024): Radioökologische Modelle zur Dosisabschätzung im Endlagerkontext: Analyse des Modells in der „Berechnungsgrundlage für die Dosisabschätzung bei der Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen“ (BeGru) vom Dezember 2022, TRANSENS-Bericht Nr. 20, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240822-0>
- Häfner, D. (2021): Nukleare Technopolitik in der BRD – zwischen technischer Utopie und sozialer Dystopie, in: Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, S. 45-60, ISBN: 978-3-8394-5668-2
- Hölzle, I./Krütli, P. (2023): Wissenschafts- und Transdisziplinaritätsverständnis in TRANSENS. Erste Erhebung 2021 (Baseline), TRANSENS-Bericht Nr. 07, DOI: <https://doi.org/10.21268/20230509-0>
- Hölzle, I./Krütli, P. (2024a): Wissenschafts- und Transdisziplinaritätsverständnis in TRANSENS. Erhebungen 2021 und 2023, TRANSENS-Bericht Nr. 13, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20231113-0>

- Hölzle, I./Krütli, P. (2024b): Wissenschafts- und Transdisziplinaritätsverständnis in TRANSENS – Abschlussbericht: Understanding of science and of transdisciplinarity among nuclear waste scientists, TRANSENS-Bericht Nr. 24, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20241021-0>
- Hölzle, I./Krütli, P. (im Erscheinen): Formative Transdisziplinaritäts-Forschung – Die Begleitforschung zur transdisziplinären Forschung in TRANSENS. Abschlussbericht. TRANSENS-Bericht Nr. 29.
- Kirchhof, A. M. (2024): Atomkraft und Endlagerung: Von der parallelen Existenz von (Un-)Gewissheiten in Politik und Zivilgesellschaft seit dem Zweiten Weltkrieg, in: Eckhardt, A. et al. (Hg.): Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 93–112, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_6, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_6
- Kirchhof, A. M./Koshelev, Y. (2023): Verwaltungshandeln in einem bundesdeutschen reversiblen Verfahren für die aktuelle Suche nach einem Endlagerstandort für hochradioaktive Abfälle 2023, https://www.itas.kit.edu/projekte_hock19_transens.php
- Kogiomtzigis, A./Walther, C. (2024): Ein interaktives Webtool zur Biosphärenmodellierung, in: Fachverband für Strahlenschutz e.V. (Hg.), Praktischer Strahlenschutz. Eine gesellschaftliche Herausforderung 2024, S. 185, ISSN: 1013-4506
- Kramer, K. et al. (2024a): Gewissheit der Ungewissheit, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 73–92, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_5, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_5
- Kramer, K. et al. (2024b): Transdisziplinarität im Projektvorhaben aus der Perspektive der Arbeitsgruppe Bevölkerung im TRANSENS-Projekt, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 68-79, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240619-1>
- Krütli, P. (2021): Fachjargon und Umgangssprache – das Problem der Verständigung bei transdisziplinärer Forschung, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 31-35
- Krütli, P. (2024): Eine Einordnung: Das transdisziplinäre Vorgehen in TRANSENS im Kontinuum zwischen Mode-1 und Mode-2, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 117-123, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240619-0>
- Krütli, P./Seidl, R. (2024): Einleitung: Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle, in: Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, S. 4-11, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240619-2>

- Kuppler, S./Bechthold, E. (2022): Werte, Wissen und Interessen: Konflikte im Kontext der deutschen und Schweizer Endlagerpolitik, in: *Soziologie Und Nachhaltigkeit*, Vol. 8, Nr. 01 2022, S. 24-63, DOI: <https://doi.org/10.17879/sun-2022-4308>
- Kuppler, S. (2023): Atommüll – Zur Long-term Governance eines sozio-technischen Problems, in: Sonnberger, M./Bleicher, A./Groß, M. (Hg.): *Handbuch Umweltsoziologie*, Springer VS, Wiesbaden 2023, S. 1-13, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-37222-4_29-1
- Kuppler, S./Eckhardt, A./Hocke, P. (2023): Who Decides What is Safe? Experiences from Radioactive Waste Governance in Switzerland, in: Arentsen, M. (Hg.)/Snijders, D. (Hg.)/van Est, R. (Hg.), *The Future of Radioactive Waste. Governance Lessons from Europe*, Springer VS, Wiesbaden 2023, S. 169-198, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40496-3>
- Kuppler, S. et al. (2023): Zehn ITAS-Thesen zu den veränderten Zeitplänen im Standortauswahlverfahren (2031/2046/2068), Karlsruhe 2023, https://www.itas.kit.edu/downloads/fq_endfo_zehn_thesen.pdf
- Lohrum, E. et al. (2021): Digitale Öffentlichkeitsbeteiligung - Erfahrungen (nicht nur) aus der Anwendung des Planungssicherstellungsgesetzes (PlanSiG), in: *Umwelt- und Planungsrecht - UPR*, Vol. 40, Nr. 11 2021, S. 413-418
- Mbah, M./Kuppler, S. (2021): Raumsensible Long-term Governance zur Bewältigung komplexer Lang-zeitaufgaben: Anforderungen im deutschen Entsorgungskontext, in: B. Brohmann et al. (Hg.): *Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche: Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen*, S. 413-446
- Mbah, M. (2022): Participation in decision-making processes as a key to a successful long-term governance. In: Hocke, P. et al. (Hg.): *Technical Monitoring and Long-Term Governance of Nuclear Waste*. Baden-Baden: Nomos (Gesellschaft - Technik - Umwelt. Neue Folge, 21), S. 95-110
- Mbah, M./Hocke, P. (2022): Anforderungen an Transparenz und Partizipation in einem lernenden Verfahren zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, in: Smeddinck, U. et al. (Hg.): *Das "lernende" Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle. Interdisziplinäre Beiträge*, Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin 2022, S. 43-69
- Mbah, M. et al. (2023): Perceptions of surface facilities of a potential dis-posal site and the role of place attachment, in: *Saf. Nucl. Waste Disposal 2*, S. 249-250, DOI: 10.5194/sand-2-249-2023
- Mbah, M./Kuppler, S. (2024): Governing Nuclear Waste in the Long Term: On the Role of Place, in: *Historical Social Research*, Vol. 49, Nr. 01, Köln 2024, S. 193-226, DOI: <https://doi.org/10.12759/hsr.49.2024.09>
- Mbah, M./Kelly, R./Kuppler, S./Leusmann, T./Brohmann, B. (2025): Aspekte einer raumsensiblen Long-term Governance der Endlagerung. Freiburg. TRANSENS-Bericht 27.
- Mintzlaff, V./Stahlmann, J. (2021): Identifikation von Ungewissheiten im Kontext von geologischen und geotechnischen Barrieren., in: *Sicherheitsrelevante Barrieren bei der Endlagerung: Ungewissheiten aus der Perspektive der Ingenieurwissenschaften*, TRANSENS-Bericht Nr. 04, S. 39 - 62, DOI: <https://doi.org/10.21268/20211129-0>, https://dokumente.ub-tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00001895

- Muxlhanga, H. (2021): Einfluss menschlicher Zuverlässigkeit auf die Annahmen und Ungewissheiten bei der Anwendung der TH2M-Modellierung eines Endlagers, Kassel 2021
- Muxlhanga, H./Othmer, J. A. (2024): Ungewissheiten bei der Materialparameterermittlung für numerische Simulationen aus arbeitspsychologischer Sicht, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 194-195, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Muxlhanga, H. et al. (2024): Ein erster methodischer Ansatz zur Identifikation von Ungewissheiten bei der individuellen Durchführung der Materialparameterermittlung für numerische Simulationen aus arbeitspsychologischer Sicht, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 283–312, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_14, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_14
- Neles, J. (2022): Fallstudie zur Platzierung von Oberflächenanlagen bei der Tiefenlagerung in der Schweiz, TRANSENS-Bericht Nr. 06, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20220404-1>
- Neles, J./Becker, F./Hassel, T./Leusmann, T./Metz, V./Scharf, I. (2025): Aspekte im Hinblick auf eine Neugenehmigung von Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente nach 40 Jahren Betriebszeit, TRANSENS-Bericht Nr. 25, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20241213-0>
- Oppen, A. v./Smeddinck, U. (2024): Über Geld spricht man nicht. Doch! Aber wann und wie? – Ein Beitrag aus Sicht einer Bürgerin und eines Wissenschaftlers, in: Müller, M. C. (Hg.), Loccumer Protokolle Band 26/2022, Vol. 1, Rehburg-Loccum 2024, S. 65 - 74, ISBN: 978-3-8172-2622-1
- Ossenberg, C. (2024): Die Regionalkonferenzen nach § 10 StandAG – Die innere Organisation als Herausforderung für regionale Diskussionsräume?, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. S. 41f., DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>
- Othmer, J. A. et al. (2021): Transdisciplinary research on the topic of long-term near-field monitoring of a geological repository with a view to building trust, Berlin 2021, S. 271–273, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-271-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/271/2021/>
- Othmer, J. A. et al. (2022): Investigation of the impact of an additional monitoring level above the disposal level in a radioactive waste repository in rock salt, in: Mechanical Behavior of Salt X, Vol. 1, CRC Press, London 2022, S. 436 - 445, ISBN: 978-1-032-28220-6, DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003295808>
- Othmer, J. A. et al. (2022): Transdisziplinäre, interdisziplinäre und disziplinäre Forschung zur Thematik des Endlagermonitorings, Aachen 2022, <https://standorttage2022.de/wp-content/uploads/2022/06/Tagungsband-Tage-der-Standortauswahl-2022.pdf>
- Othmer, J. A. (2024): Beitrag zur Entwicklung einer soziotechnisch basierten Monitoringkonzeption für ein generisches Tiefen-/Endlager im Salinargebirge unter Anwendung eines transdisziplinären Forschungsansatzes, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024

- Othmer, J. A./Lux, K.-H./Wolters, R. (2024): Erkenntnisse aus drei transdisziplinären Workshops mit Vertretern der interessierten Öffentlichkeit zur Thematik des Endlagermonitoring, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 165-166, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Ott, K. (2020): Zur Einlagerung hochradioaktiver Reststoffe aus ethischer und politischer Sicht: Bestandsaufnahme und Ausblick, in: *Competing Knowledges – Wissen im Widerstreit*, De Gruyter 2020, S. 171-188
- Ott, K. (2021): Zum Begriff der Abwägung, in: *Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“*, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 53-57
- Ott, K. (2021): „Framing“, in: *Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“*, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 99-104
- Ott, K./Sierra, R. (2021): DIPRO: Gedanken zur Kompensation, in: *Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“*, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 71-75
- Ott, K. (2024): Ad Calendas Graecas? Ethische und politische Bemerkungen zum offiziellen „Abschied von 2031“ bei der Endlagersuche, in: *Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle*, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 53–72, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_4, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_4
- Ott, K. et al. (2024): Für mehr Tempo in der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: *FORSCHUNGSJOURNAL SOZIALE BEWEGUNGEN* 37. JG. Heft 4 | 2024, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/ott-roehlig-praeger-von-hirschhausen-fuer-mehr-tempo-in-der-endlagerung-hochradioaktiver-abfaelle/>
- Ott, K. (2025): Kompensation in der transdisziplinären Endlagerforschung. Ethische Perspektiven. In: Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.): *Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge*, Berlin: BWV, S. 71-92
- Peters, I. (2021): Ontologien – oder: Eine formalisierte Repräsentation des Weltwissens, in: *Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“*, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 105-109, DOI: <https://doi.org/10.21268/20210609-0>
- Präger, F./Brunnengräber, A./von Hirschhausen, C. (2023): Atomwende? Ja, Bitte! Warum die Abkehr von der Atomenergie und eine gute Entsorgungspolitik die Energiewende in Deutschland befördern werden, in: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, Vol. 2, Nr. 32 (1), J.B. Metzler, Stuttgart 2023, S. 86-90, ISBN: 0940-5550, ISSN: 2625-

- 5413, DOI: <https://doi.org/10.14512/gaia.32.1.3>, https://www.oekom.de/files_media/zeitschriften/artikel/GAIA_2023_01_86.pdf
- Präger, F. (2024): Aus-, Ein- und Umstiegsprozesse in der sozial-ökologischen Transformation im 21. Jahrhundert. Dissertation, Berlin: Technische Universität Berlin.
- Richert, K. R. et al. (2023): Messung von C-14 und H-3 in Umweltarchiven aus der Umgebung der Schachanlage Asse II 2023, https://www.irs.uni-hannover.de/fileadmin/irs/News/2023/Dezember/Report_Umweltarchive_FINAL_Errat.pdf
- Roßmann, M./Berg, M. (2021): Framing und Narrative der Endlagersuche, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 87-92
- Röhlig, K.-J. et al. (2021): Application-oriented transdisciplinary basic research on nuclear waste management: hollow phrase or sensible concept?, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1 2021, S. 203-204, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-203-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/203/2021/>
- Röhlig, K.-J. et al. (2021): Transdisciplinary research on repository safety: challenges and opportunities, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1 2021, S. 205-207, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-205-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/205/2021/>
- Röhlig, K.-J. (2024): Der Safety Case als Grundlage für Entscheidungen unter Ungewissheit, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 229-251, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_12, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_12
- Röhlig, K.-J. (2024): Ungewissheiten bezüglich der Langzeitsicherheit von Endlagern: Qualitative und quantitative Bewertung, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 253-281, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_13, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_13
- Röhlig, K.-J. (Hg.) (2024): 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Röhlig et al. (2025): Beiträge zur Optimierung des Safety case für nukleare Endlager. Ergebnisse fünfjähriger transdisziplinärer Forschung. TRANSENS-Bericht 30, DOI: <https://doi.org/10.21268/20250213-0>
- Scharpf, Lucia (2025): Ausgleich für endlagerbedingte Belastungen im deutschen Recht. Allgemeine Regelungen und Standortvereinbarung – Insbesondere: Welche finanziellen Nachteile können Gegenstand der Standortvereinbarung sein? In: Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.): Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge, Berlin: BWV, S. 19-52
- Scharpf, L./Hassel, T./Sierra, R./Smeddinck, U. (2025): (Finanzieller) Ausgleich für die Ansiedlung eines Endlagers? Dokumentation des DIPRO-Workshops am 7. und 8 Mai 2022 in Karlsruhe. TRANSENS-Bericht.

- Scheer, D./Flemisch, B./Class, H. (2021): Subsurface Environmental Modelling Between Science and Policy, Springer 2021, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51178-4>
- Scheer, D. et al. (2022): Integrated Policy Package Assessment (IPPA): A Problem-Oriented Research Approach for Sustainability Transformations, in: Sustainability, Vol. 14, Nr. 3 2022, S. 1218, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031218>
- Scheer, D. (2023): Nuclear disposal pathways under conditions of uncertainty, in: Safety of Nuclear Waste Disposal 2 2023, S. 215-216, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-2-215-2023>
- Scheer, D. et al. (2024): Trittsicherheit auf Zukunftspfaden? Ungewissheitsbewältigung bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 113–140, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_7, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_7
- Schmidt-Müller, N. (2024). Veränderung der Risikowahrnehmung in Bezug auf ionisierende Strahlung durch Messung von Radioaktivität in Umwelt- und Alltagsproben. Bachelorthesis. Leibniz Universität Hannover, Hannover
- Schulz, W. et al. (2023): Exploring the potential for transdisciplinary co-production in the case of nuclear waste disposal (W11), in: Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 2 2023, S. 261-262, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-2-261-2023>
- Schulz, W./Krütli, P./Walther, C. (In Vorbereitung). Radioaktivitätsmessungen gemeinsam mit Bürgerinnen und Bürgern in TRANSENS - Ein Erfahrungsbericht.
- Schwarz, L./Bräuer, P. (2021a): Improving participation for the German search for a nuclear waste repository site: an interactive map as a transdisciplinary approach 2021, DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-equ21-10969>, <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-10969.html>
- Schwarz, L./Bräuer, P. (2021b): Improving Participation in the German Search for a Nuclear Waste Repository Site: a WebGIS as a Transdisciplinary Approach to Support Dialogue?, in: Saf. Nucl. Waste Disposal, Vol. 1 2021, S. 209–210, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-209-2021>, <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-10969.html>
- Schwarz, L./Themann, D./Brunnengräber, A. (2021a): Räume erobern, öffnen und verteidigen. Über die Wirkung von Macht beim dritten Beratungstermin der Fachkonferenz Teilgebiet, in: Forschungsjournal Soziale Bewegungen Plus, Vol. 34, Nr. 4 2021, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/schwarz-themann-brunnengraeber-raeume-erobern-oeffnen-und-verteidigen/>
- Schwarz, L./Themann, D./Brunnengräber, A. (2021b): Von Machtasymmetrien zu flachen Hierarchien im Standortsuchprozess für ein Endlager? - Über die Wirkung von Macht beim zweiten Beratungstermin der Fachkonferenz Teilgebiete, in: <http://forschungsjournal.de/node/3158>, Vol. 34, Nr. 3 2021, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/schwarz-themann-brunnengraeber-von-machtasymmetrien-zu-flachen-hierarchien-im-standortsuchprozess-fuer-ein-endlager/>

- Schwarz, L. (2022a): Is It All about a Science-Informed Decision? A Quantitative Approach to Three Dimensions of Justice and Their Relation in the Nuclear Waste Repository Siting Process in Germany, in: *Societies* (online), Vol. 12 (6), Nr. 179, MDPI 2022, DOI: <https://doi.org/10.3390/soc12060179>
- Schwarz, L. (2022b): Intergenerational justice starts now: Recognizing future generations in nuclear waste management, in: *TATuP* (online), Vol. 31, Nr. 3 2022, S. 37-43
- Schwarz, L./Bräuer, P. (2022): An Exploratory PPGIS for the Nuclear Waste Repository Siting Procedure in Germany – a Transdisciplinary Approach to Enable Meaningful Participation?, in: *GI_Forum*, Vol. 10, Nr. 1 2022, S. 77-90, DOI: https://doi.org/10.1553/giscience2022_01_s77
- Schwarz, L. et al. (2023): Ein partizipatives WebGIS für die Endlagerstandortsuche. Eine transdisziplinäre Studie zu einer inklusiven Kommunikationsplattform, *TRANSENS-Bericht Nr. 07*, DOI: <https://doi.org/10.21268/20230327-0>
- Schwarz, Lucas (2024): *Landkarte der Gerechtigkeit – eine integrative Perspektive auf die nukleare Entsorgung in Deutschland*. Göttingen: Cuvillier. ISBN: 9783689520335, <https://cuvillier.de/de/shop/publications/9074-die-landkarte-der-gerechtigkeit>
- Schwarz, L./Othmer, J. A./Gunkler, A. (2024): "Das ist jetzt noch zu früh zu sagen" - Reflexionen zum empfundenen Beitrag akademischer und nicht-akademischer Akteure in *TRANSENS*, in: *Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS*, *TRANSENS-Bericht Nr. 17*, S. 32-51, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-5>
- Schwarz, L. (2025): Eine raumverträgliche Potenzialanalyse als Grundlage für kompensatorische Gerechtigkeit. Der goldene Mix aus Ökonomie, Ökologie und Sozialem. In: Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.): *Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge*, Berlin: BWV, S. 19-52
- Seidl, R. (2021): Vertrauen bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland. Ergebnisse der bundesweiten Befragung, *TRANSENS-Bericht Nr. 05*, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20210921-3>
- Seidl, R. et al. (2021): A citizens workgroup helps researchers reflect on their work, in: *Safety of Nuclear Waste Disposal*, Vol. 1 2021, S. 211-213, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-211-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/211/2021/>
- Seidl, R./Breyer, A./Felder, Z. (2021): Public opinion in the site selection process: survey methodologies, in: *Safety of Nuclear Waste Disposal*, Vol. 1 2021, S. 305-306, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-305-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/305/2021/>
- Seidl, R. et al. (2022): The role of trust and risk perception in current German nuclear waste management, in: *Risk Analysis*, Vol. 42, Nr. 12 2022, S. 2704-2719, DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.13889>
- Seidl, R./Drögemüller, C./Sierra, R. (2023): Intra- vs. intergenerational justice tradeoffs in nuclear waste storage (W01), in: *Safety of Nuclear Waste Disposal*, Vol. 2 2023, S. 27-27, <https://sand.copernicus.org/articles/2/27/2023/>

- Seidl, R./Mintzlaff, V. (2023): Communicating scientific uncertainties, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 2 2023, S. 223-224, <https://sand.copernicus.org/articles/2/223/2023/>
- Seidl, R./Drögemüller, C. (2023): Procedural fairness and safety in the acceptance of nuclear waste disposal in Germany: an empirical study. Data and Resources, in: Journal of Risk Research 2023, DOI: <https://doi.org/10.25835/8c0pvtd9>, https://data.uni-hannover.de/dataset/procedural-fairness-and-safety_jrr_seidl
- Seidl, R. (2024a): Ergebnisse der Interviews mit Mitgliedern der AGBe zum Wissenschaftsverständnis, TRANSENS-Bericht Nr. 16, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-0>
- Seidl, R. (2024b): Vertrauen bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland: Ergebnisse der zweiten bundesweiten Befragung (2022), TRANSENS-Bericht Nr. 19, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240815-0>
- Seidl, R./Drögemüller, C. (2024a): Die Workshops mit der Arbeitsgruppe Bevölkerung im Arbeitspaket TRUST, TRANSENS-Bericht Nr. 23, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240917-1>
- Seidl, R./Drögemüller, C. (2024b): Procedural fairness and safety in the acceptance of nuclear waste disposal in Germany: an empirical study, in: Journal of Risk Research 2024, S. 1-17, DOI: <https://doi.org/10.1080/13669877.2024.2431896>
- Seidl, R./Drögemüller, C. (2024c): Vertrauen, Risiko und Fairness bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 167-168, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612
- Seidl, R. et al. (2024a): Die Arbeitsgruppe Bevölkerung im Projekt TRANSENS: Bestimmung und Rekrutierung, TRANSENS-Bericht Nr. 15, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240219-1>, https://www.transens.de/fileadmin/Transens/TRANSENS_Bericht_15_Rekrutierung_AGBe.pdf
- Seidl, R. et al. (2024b): Die Vielfalt der Ungewissheit bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 1-12, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_1, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_1
- Seidl, R. et al. (2024c): Kommunikation und Wahrnehmung wissenschaftlicher Ungewissheiten, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 313-336, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_15, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_15
- Seidl, R. (2025): Die Interviews mit der AGBe zum Projektabschluss: Ergebnisse aus zwölf Gesprächen, TRANSENS-Bericht 26. TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld. <https://doi.org/10.21268/20241125-0>
- Seidl, R./Drögemüller, C. (im 2. Review): A transdisciplinary approach to nuclear waste management: opening research with a Citizens' Working Group. Ambio.
- Seidl, R./Drögemüller, C./Krütli, P./Walther, C. (im Erscheinen): Positive aspects of high-level waste disposal - What do German citizens think? Journal of Integrative Environmental Sciences.

- Sierra, R., Riemann, M. (2021): Gerechtigkeit in der Endlagerung aus Sicht der Ethik und der politischen Philosophie, in: Smeddinck, U. (Hg.) (2021): Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, Karlsruhe. TRANSENS Bericht 02. S. 44-48. <https://doi.org/10.21268/20210609-0>
- Sierra, R./Ott, K. (2022): Citizen participation in the long-term process of high-level radioactive waste disposal: Future tasks and adequate forms of participation., in: TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Vol. 31/3 2022, S. 44-50
- Sierra, R. (2023a): Partizipation und Gerechtigkeit in der Standortsuche aus Sicht der transdisziplinären Forschung, in: Ulrich, S./Berg, M. (Hg.), Ein Querschnitt durch die Forschung des transdisziplinären Arbeitspakets DIPRO, TRANSENS-Bericht 12, Karlsruhe, Kiel 2023, S. 5-9.
- Sierra, R. (2023b): Classifications of knowledge: actors, disciplines and global traditions (Abstract). Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias. 2023; 2(1):61. <https://doi.org/10.56294/sctconf202361>
- Sierra, R. (2024a): Hoffnung und Zuversicht für 1 Million Jahre, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 31–52, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_3, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_3
- Sierra, R. (2024b): Transdisziplinarität in der Entsorgungsforschung: Erfahrungen aus dem Projekt TRANSENS, in: Heiermann, M. et al. (Hg.) (2024): Transdisziplinäre Ansätze in der nuklearen Entsorgungsforschung. Erfahrungen und Reflexionen aus dem Projekt TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 17, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240529-1>
- Sierra, R. (2025a): Kompensationen in der Standortvereinbarung. Eine Analyse von Begriffen und Gegenständen aus ethischer Sicht. In: Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.): Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge, Berlin: BWV, S. 93-106
- Sierra, R. (2025b): Relaciones entre el presente y el futuro: el problema de los desechos radiactivos en los casos de Argentina y Alemania [Beziehungen zwischen Gegenwart und Zukunft in den Diskursen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland und Argentinien]. In: Bolte, R. et al. (Hg.): Existencias contaminadas: Escenarios ecosistémicos del Antropoceno en América Latina, Berlin, Boston: De Gruyter, 2025. S. 155-176.
- Sierra, R. (Hg.) (2025d): Gerechtigkeit und Kommunikation im Standortauswahlverfahren. Ein Workshopbericht, TRANSENS-Bericht 28
- Sierra, R. (im Erscheinen): Applying Intergenerational Justice Theory to the Case of Radioactive Waste Disposal.
- Sierra, R./Ott, K./Loos, C./Berg, M. (im Erscheinen): Forschungsergebnisse Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. In: Smeddinck, U./Berg, M./Hassel, T. (Hg.): Was lernen wir aus dem transdisziplinären Forschungsansatz für die Standortsuche? Die Ergebnisse aus dem transdisziplinären Arbeitspaket DIPRO.

- Sieveking, J./Brunnengräber, A. (2021): Der socio-technical divide im Endlagerdiskurs. Zur politischen Dimension der Nutzung konkurrierender Begriffe und Bedeutungen – Analyse und kritische Reflexion, in: Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, S. 245-264, ISBN: 978-3-8394-5668-2
- Sieveking, J. et al. (2022): Auf dem Weg zum weichen Endlagerstaat, Stiftung Leben & Umwelt/Heinrich-Böll-Stiftung Niedersachsen 2022, <https://www.slu-boell.de/de/2022/05/18/auf-dem-weg-zum-weichen-endlagerstaat-0>
- Smeddinck, U. (2020a): Der Dialog in Gesellschaft und Politik, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Vol. 29, Nr. 3 2020, S. 80-81
- Smeddinck, U. (2020b): Die gute Regierung, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Vol. 29, Nr. 2, Berlin 2020, S. 66-67
- Smeddinck, U. (2020c): Psycho-Regulierung - Schrecknis, Ressource, Praxis, Aufgabe, in: Die öffentliche Verwaltung, Vol. 7, Kohlhammer 2020, S. 253 - 263, ISSN: 0029-859X, <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000118081>
- Smeddinck, U. (2020d): Wie innovativ ist das Standortauswahlgesetz?, in: BGE-Geschäftsbericht 2019 2020, S. 45-48, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Organisation/Geschaeftsberichte/20200914_BGE_Gescha_ftsbericht_2019_RZ_PDF_Version-WEB.pdf
- Smeddinck, U. (Hg.) (2021a): Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, in: Smeddinck, U. (Hg.), TRANSENS-Bericht, TRANSENS-Bericht Nr. 02, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.5445/IR/1000135017>
- Smeddinck, U. (2021b): Von Fokus und Zusammenhalt: Das TAP DIPRO am Start seiner Arbeit im Forschungsverbund TRANSENS – eine Einführung, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 7-16, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. (2021c): Abwägung – ein Schlüsselbegriff aus rechtlicher Sicht, in: Smeddinck, U. (Hg.), Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 59-63, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. (2021d): Disziplinarität, Interdisziplinarität, Transdisziplinarität, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 17-20, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. (2021e): Gerechtigkeit - ein Impuls aus rechtlicher Sicht, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 50-53, ISSN: 2747-4186

- Smeddinck, U. (2021f): Schlüsselbegriffe – ein Konzept zur Verständigung zwischen wissenschaftlichen Disziplinen?, in: Smeddinck, U. (Hg.), Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 36-40, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. (2021g): Does gentle regulation have a chance?, in: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (Hg.), Safety of Nuclear Waste Disposal, Vol. 1 2021, S. 311-311, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-311-2021>, <https://sand.copernicus.org/articles/1/311/2021/>
- Smeddinck, U. (2021h): Infrastruktur und Öffentlichkeitsbeteiligung – Effizienz oder Nähe? Legalplanung, Standortauswahlgesetz, Online-Beteiligung, in: Zeitschrift für Rechtspolitik, Vol. 54, Nr. 7, C.H.Beck 2021, S. 209-211, ISSN: 0514-6496
- Smeddinck, U. (2021i): Reversibilität in Entscheidungsprozessen – warum brauchen wir ein lernendes Verfahren?, in: Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche – Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, transcript Verlag, Bielefeld 2021, S. 349-360
- Smeddinck, U. (2021j): Standortauswahlgesetz und »Gegen-Demokratie« – Der Rechtsrahmen der »Endlagersuche« im Spiegel von Rosanvillons Demokratie-Analysen, in: Verwaltungsarchiv, Vol. 112, Nr. 4, Carl Heymanns Verlag 2021, S. 490-508
- Smeddinck, U. (2021k): Von Nähe und Sicherheit: Die Artikel-Verordnung nach §§26, 27 Standortauswahlgesetz – Sicherheitsanforderungen, Dogmatik, Öffentlichkeitsbeteiligung, in: Natur und Recht, Vol. 43, Nr. 5, Springer, Berlin 2021, S. 289-297, DOI: <http://doi.org/10.1007/s10357-021-3836-0>
- Smeddinck, U./Roßmann, M. (2021): Die Verschiebung des Fokus: Schlüsselbegriffe, Wissensbegriffe, gemeinsame Arbeit an Objekten – Fazit und Ausblick, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. et al. (2021): Dialog(e) in der Endlagerforschung, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 41-44, ISSN: 2747-4186
- Smeddinck, U. (2022a): Demokratisierung der Technologieabwicklung: Das Standortauswahlverfahren für ein Endlager in Deutschland als Antidot zur Digitalisierung, in: Bogner, A. et al. (Hg.): Digitalisierung und die Zukunft der Demokratie – Beiträge aus der Technikfolgenabschätzung, Baden-Baden 2022, S. 143-154
- Smeddinck, U. (2022b): Lernen ohne Ende? Das lernende Standortauswahlverfahren nach § 1 Abs. 2 S. 1 StandAG (als Ausgangspunkt für Long-term Governance), in: Smeddinck, U. et al. (Hg.): Das "lernende" Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle. Interdisziplinäre Beiträge, Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin 2022, S. 85-105

- Smeddinck, U./Eckhardt, A./Kuppler, S. (2022): Toward a repository for high-level radioactive waste: Perspectives and approaches, in: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT) (Hg.), TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Vol. 31, Nr. 03, Oekom-Verlag, München 2022, S. 11-17, DOI: <https://doi.org/10.14512/tatup.31.3.11>
- Smeddinck, U./Roßmann, M. (2022): Narrative als Regulierung? – Grundlagen, Ansätze, Verfassungsrecht, in: Deutsches Verwaltungsblatt, Vol. 137, Nr. 3 2022, S. 137-145
- Smeddinck, U./Röhlig, K.-J./Sträter, O. (2022): Positionspapier zum Lernenden Verfahren, Berliner Wissenschaftsverlag 2022
- Smeddinck, U./Semper, F. (2022): Long-term Governance zur Begleitung eines Endlagers aus rechtswissenschaftlicher Sicht, in: Hocke, P. et al. (Hg.): Technical Monitoring and Long-term Governance of Nuclear Waste, Nomos/edition sigma, Baden-Baden 2022, S. 111-126
- Smeddinck, U. et al. (Hg., 2022): Das "lernende" Standortauswahlverfahren für ein Endlager radioaktiver Abfälle. Interdisziplinäre Beiträge, Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin 2022, ISBN: 978-3-8305-5182-9, DOI: <https://doi.org/doi:10.35998/9783830555124>
- Smeddinck, U. (2023a): Behavioral Administration – Begriff, Nudging, Wirksam regieren, Standortauswahlgesetz, in: Hermann, H. (Hg.)/Veith, M. (Hg.), Herausforderungen für das Verwaltungsrecht, Duncker & Humblot, Berlin 2023, S. 51-71
- Smeddinck, U. (2023b): Rezension von Étienne Davodeau: Das Recht der Erde - Eine Erzählung über den Boden, der uns trägt, Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS), Hamburg 2023, S. 62–63, <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000160381/150984329>
- Smeddinck, U./Berg, M. (2023): Ein Querschnitt durch die Forschung des transdisziplinären Arbeitspakets DIPRO, TRANSENS-Bericht Nr. 12, ISSN: 2747-4186, DOI: <https://doi.org/10.21268/20231205-0>
- Smeddinck, U. (2024a): Ungewissheit als Regulierungsaufgabe des Standortauswahlgesetzes, in: Entscheidungen in die weite Zukunft. Ungewissheiten bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Springer VS, Wiesbaden 2024, S. 167–186, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-42698-9_9, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-42698-9_9
- Smeddinck, U. (2024b): Zwischen TD-Management und TD-Forschung – das lernende Standortauswahlverfahren als Beispiel, Karlsruhe - Kiel 2024, S. 10 - 15, DOI: <https://doi.org/10.21268/20231205-0>
- Smeddinck (2025): Die Standortvereinbarung. Raumentwicklung, kooperative Gerechtigkeit und Emotionen – Die singuläre Infrastruktur eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle als Anlass für Kompensationen. In: Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.): Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge, Berlin: BWV, S. 19-52
- Smeddinck, U./Sierra, R./Schwarz, L. (Hg.) (2025): Kooperative Gerechtigkeit – blühende Landschaft? Die Standortvereinbarung nach § 10 Abs. 4 S. 3 Standortauswahlgesetz – Interdisziplinäre Beiträge, Berlin: BWV.

- Smeddinck, U./Berg, M./Hassel, T. (Hg.) (im Erscheinen): Was lernen wir aus dem transdisziplinären Forschungsansatz für die Standortsuche? Die Ergebnisse aus dem transdisziplinären Arbeitspaket DIPRO
- Smeddinck, U./Hocke, P./Bechthold, E. (im Erscheinen): Co-evolutive Politikberatung und Normenbildung für das „lernende“ Standortauswahlverfahren für ein Endlager, in: Windeler, A./Seckelmann, M. u.a. (Hg.), Normenbildung in der Energiewende.
- Sonnberger, M. et al. (2021): Climate concerned but anti-nuclear: Exploring (dis)approval of nuclear energy in four European countries, in: Energy Research & Social Science, Vol. Volume 75, Elsevier 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102008>
- Stahlmann, J./Mintzlaff, V. (2024): Geotechnik – die ungewisse Herausforderung, in: Stahlmann, J. (Hg.), Messen in der Geotechnik 2024, Nr. Heft Nr. 116, Mitteilung des Instituts für Geomechanik und Geotechnik Technische Universität Braunschweig, Braunschweig 2024, S. 1-21, DOI: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202402201300-1>, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00076392
- Sträter, O. (2021): Achtsamkeit und Fehlerkultur als notwendige Sicherheitsleistung. Die Bedeutung der Entwicklung einer Hochzuverlässigkeitgemeinschaft für den sicheren Betrieb eines Endlagers, in: Brohmann, B. et al.(Hg.): Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche - Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, S. 447–462, transcript Verlag, Bielefeld, <https://doi.org/10.14361/9783839456682>
- Sträter, O./Krütli, P. (2021): Workshop – psychologically resilient communication between actors based on the example of a transdisciplinary approach, in: Safety of Nuclear Waste Disposal, Nr. 01 2021, S. 307–308, DOI: <https://doi.org/10.5194/sand-1-307-2021>
- Themann, D. et al. (2021a): Power over, power with und power to bei der Standortsuche für ein Endlager. Über die Ausübung von Macht beim ersten Beratungstermin der Fachkonferenz Teilgebiete (FKTG), in: Forschungsjournal NSB plus (online) 2021, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/themann-schwarz-di-nucci-brunnengraeber-power-over-power-with-und-power-to-bei-der-standortsuche-fuer-ein-endlager/>
- Themann, D. et al. (2021b): Zur Besetzung der DIPRO-Begleitgruppe im TAP DIPRO, in: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung am Start – Basis-Texte zum transdisziplinären Arbeitspaket „DIPRO – Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance“, TRANSENS-Bericht Nr. 02, S. 21-25, ISSN: 2747-4186
- Themann, D./Di Nucci, R./Brunnengräber, A. (2021): Alles falsch gemacht? Machtasymmetrien in der Öffentlichkeitsarbeit bei der Standortsuche für ein Endlager, in: Forschungsjournal NSB plus 2021, <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/themann-di-nucci-brunnengraeber-alles-falsch-gemacht/>
- Themann, D. (2022): Commoning in der Standortsuche für ein Endlager? Neue Wege kollektiven Handelns, in: TATuP (online), Vol. 31, Nr. 03 2022, S. 51-57, <https://www.tatup.de/index.php/tatup/article/view/6994>

- TRANSENS (2019): TRANSENS Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland. Forschung zur Verbesserung von Qualität und Robustheit der soziotechnischen Gestaltung des Entsorgungspfades. Vorhabenbeschreibung, https://www.transens.de/fileadmin/Transens/documents/TRANSENS_BMWi-Vorhabenbeschreibung.pdf
- TRANSENS (2023): Drei Jahre transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle – Selbstevaluation des Vorhabens TRANSENS, TRANSENS-Bericht Nr. 09, DOI: <https://doi.org/10.21268/20230509-0>
- TRANSENS-SAFE (2023): Optimierung des Safety Case durch transdisziplinäre Forschung, TRANSENS-Bericht Nr. 10, DOI: <https://doi.org/10.21268/20230605-3>
- von Hirschhausen, C./Präger, F./Wealer, B. (2021): Atomwende: Abschaltung von Kernkraftwerken eröffnet Perspektiven für die Endlagersuche, in: DIW Wochenbericht 47/2021, Vol. 47/2021, Nr. 47, DIW Berlin Leserservice, Berlin 2021, S. 767-774, ISSN: 0012-1304, https://www.diw.de/de/diw_01.c.830219.de/publikationen/wochenberichte/2021_47_1/atomwende_abschaltung_von_kernkraftwerken_eroeffnet_perspektiven_fuer_die_endlager_suche.html
- von Hirschhausen, C./Walther, C./Wimmers, A. (2023): Rückbau von Kernkraftwerken und Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland: ordnungspolitischer Handlungsbedarf, in: Perspektiven der Wirtschaftspolitik, Vol. 24, Nr. Heft 3 2023, S. 286 - 301, DOI: <https://doi.org/10.1515/pwp-2023-0032>, <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/pwp-2023-0032/html?lang=de>
- von Hirschhausen, C./Wimmers, A. (2023): Rückbau von Kernkraftwerken und Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland: ordnungspolitischer Handlungsbedarf. Perspektiven der Wirtschaftspolitik 24 (3). <https://doi.org/doi.org/10.1515/pwp-2023-0032>.
- Wealer, B./von Hirschhausen, C. (2020): Nuclear power as a system good: Organizational models for production along the value-added chain, in: DIW Discussion Papers, Nr. 1883, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin 2020, <https://hdl.handle.net/10419/222865>
- Wolters, R./Othmer, J. A./Lux, K.-H. (2024): Der FTK-Simulator: ein leistungsstarkes Simulationsinstrumentarium, in: Röhlig, K.-J. (Hg.), 4. Tage der Standortauswahl 18./19.04.2024 in Goslar, Institut für Endlagerforschung, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 2024, S. 59-60, DOI: <https://doi.org/10.21268/20240416-1>, https://dokumente.ub.tu-clausthal.de/receive/clausthal_mods_00002612

Anhang EDU: Tabellarische Darstellungen

Betreuung von Promotionen und Abschlussarbeiten

Tabelle 1: Liste der betreuten Promotionsthemen

Möglichkeiten und Grenzen eines transdisziplinären Ansatzes zur Weiterentwicklung des Safety Case im Kontext der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle
Transdisziplinäre Forschung zur Endlagersicherheit: Visualisierung von Ungewissheiten in Simulationsergebnissen
Die Standortvereinbarung
Governance von Gemeinschafts(un)gütern
Die Landkarte der Gerechtigkeit - Eine integrative Perspektive auf die nukleare Entsorgung in Deutschland
Rückholbarkeit und ihre gebirgsmechanischen Konsequenzen
Virtual Reality und Anreizsysteme
Narrative von Energiewende, Dekarbonisierung und Atompolitik
Adaptive Lebensdauerbemessung von Betonbauwerken mit sehr hohen Nutzungsdauern
Diagnostik zur Gestaltung von Einflussfaktoren auf individuelle und kollektive Biases in strategischen Entscheidungsprozessen
Lösung von Zielkonflikten in strategischen Entscheidungssituationen in multimedialer Umgebung
Einfluss menschlicher Zuverlässigkeit auf die Annahmen und Ungewissheiten in der Planung eines Endlagers
Beitrag zur Entwicklung einer soziotechnisch basierten Monitoringkonzeption für ein Tiefen-/Endlager zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle auf der Grundlage eines transdisziplinären Forschungsansatzes
Entwicklung eines Zweiphasenflusssimulators in FLAC3D 7.0 über die Python-Schnittstelle – Implementierung, Validierung, Verifizierung und Ansätze zur Optimierung im Hinblick auf Parallelisierung
Rückholbarkeit und Ungewissheiten
Untersuchungen zur radioökologischen Biosphärenmodellierung im Kontext der geologischen Tiefenlagerung von hochradioaktiven Abfällen in Deutschland

Tabelle 2: Liste der betreuten Abschlussarbeiten

Steinsalz aus der Grube Borth: Bestimmung mechanischer Parameter mittels Triaxialversuch und numerische Modellierung der Versuche in Flac3d	Studienarbeit
Analyse zum Wissenstransfer im Bereich der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland am Beispiel des Standortauswahlverfahrens	Studienarbeit
Analyse der Rolle von Informationsdesign in der Debatte zur Findung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland	Bachelorarbeit

Eine Twitteranalyse zur Glaubwürdigkeit in der Debatte um die Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle in Deutschland	Bachelorarbeit
Konzeptentwicklung für ein Eingangslager am Endlagerstandort für hochradioaktive Abfälle	Bachelorarbeit
Untersuchung des anisotropen mechanischen Verhaltens von Salz in flacher Lagerung mittels triaxialer Kompressionsversuche	Bachelorarbeit
Monitoring eines Tiefenlagers: Akustische Signale als Alternative für die Datenübertragung?	Bachelorarbeit
Die Funktion von Untertagelaboren in einem Entsorgungsprogramm für HAW am Beispiel Frankreichs (Arbeitstitel)	Bachelorarbeit
Methoden zum Umgang mit Ungewissheiten im Ingenieurwesen und in der Endlagerung	Bachelorarbeit
Bestimmung von Tritium und Kohlenstoff-14 in Umweltproben aus der Region Asse	Bachelorarbeit
Die Kommunikation von wicked problems – an den Beispielen der Endlagerung und des Autonomen Fahrens	Masterarbeit
Betrachtung und Bewertung von "Human Intrusion" in Sicherheitsnachweisen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle	Masterarbeit
Indikatoren im Safety Case für nukleare Endlager: Internationale Praxis, Sicherheitsbezug und Kommunikation mit unterschiedlichen Zielgruppen	Masterarbeit
Monitoring bei einer Rückholung hochradioaktiver Abfälle aus einem Tiefenlager in Steinsalz	Masterarbeit
Konzepte für die Auslegung und den Nachweis von geotechnischen Barrieren in einem Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle in Steinsalz	Masterarbeit
Salz in flacher Lagerung: Untersuchung des Bruchverhaltens und dessen Abhängigkeit vom Einfallwinkel mittels triaxialer Kompressionsversuche	Masterarbeit
Numerical investigations into the gravity and thermal induced movement of a POLLUX Cask in viscous rock salt mass	Masterarbeit
Vergleich der Immersion zwischen PC und VR	Masterarbeit
Batch- und Säulenexperimente zur Selensorption in Referenz-Boden	Masterarbeit
Virtual Reality zur Unterstützung des kritischen Denkens über lange Zeiträume	Masterarbeit
KENFO as a Case of State Asset Financialisation in Germany	Masterarbeit
Numerische Modellierungen zur Wärmeausbreitung in Steinsalz mit Berücksichtigung unterschiedlicher Auslegungstemperaturen für ein Endlager wärmeentwickelnder Abfälle	Masterarbeit

Veranstaltungen

Ringvorlesung

Tabelle 3: Themen der TRANSENS-Ringvorlesung

• Themen Wintersemester	• Themen Sommersemester
• Energiesituation 1	• Strahlenschutz und Emissionen
• Energiesituation 2	• Endlager-Governance und ihre komplexen Randbedingungen
• Urangewinnung	• Das StandAG im aktuellen Kontext
• Politische Ökonomik von Atomenergie - Fokus auf Finanzierung von Rückbau und Entsorgung	• Behältertechnik für die Endlagersuche von L/M und HAW-Abfällen
• Anreicherung	• Geologie, Wirtsgesteine, Rückholbarkeit und Monitoring
• Transporte	• Nahfeld-Monitoring
• Spaltung	• Laborversuche und numerische Simulation in der Geomechanik
• Reaktoren	• Der transdisziplinäre Ansatz in der Endlagerforschung
• Gen IV/Transmutation	• Informationsdesign für das transdisziplinäre Arbeiten
• Entsorgung	• Menschliche Zuverlässigkeit und Sicherheitskultur im Endlagerprozess
• Technische Grundprinzipien der Endlagerung	• Philosophische und ethische Reflexionen zur Entsorgung
• Rückbau	• Die Arbeitsgruppe Bevölkerung in TRANSENS
• Risikowahrnehmung und hochradioaktive Abfälle	•

Organisation von Sessions auf (internationalen) Konferenzen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die (internationalen) Sessions und Arbeitsgruppen/Workshops mit wesentlicher organisatorischer Beteiligung durch TRANSENS-Wissenschaftler:innen.

Tabelle 4: Organisation von Sessions

Konferenz	Session
EGU2020	Towards a safe nuclear waste repository – assessment of barrier integrity, geoscientific, technological, societal and regulatory challenges and approaches
EGU2021	Towards a safe nuclear waste repository – assessment of barrier integrity, geoscientific, technological, societal and regulatory challenges and approaches
Safe-ND2021	<p>3 Workshops:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interdisciplinary workshop on safety and uncertainties – engineering approaches embedded in the social context (I+II) - Transdisciplinary and psychologically resilient communication in the interaction of the stakeholders <p>5 Sessions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herausforderungen und Lösungen bei der Transdisziplinarität in der Endlagerforschung - Interdisciplinary insights on decommissioning and disposal (I+II) - Participation in the search for a nuclear disposal site (I+II)
MARC2022	Education Session
EGU2022	Towards a safe nuclear waste repository – assessment of barrier integrity, geoscientific, technological, societal and regulatory challenges and approaches
Safe-ND2023	<p>6 Workshops:</p> <p>Optimizing the safety case through transdisciplinary research? I + I</p> <p>Exploring the potential for transdisciplinary co-production in the case of nuclear waste disposal.</p> <p>Learning through participation processes. Putting nuclear waste on the sustainability agenda integration into the concept of planetary boundaries.</p> <p>Intra- vs. intergenerational justice tradeoffs in nuclear waste storage.</p> <p>2 Sessions:</p> <p>International organizational models in nuclear decommissioning.</p>

	Geosciences behind regulatory, technical and social challenges: best practices and lessons learned.
Forum Endlagersuche2023	AG 1: Geologie und Technik; AG 2: Zusammenarbeit und Transparenz; AG 5: Das lernende Verfahren: Eine Aufgabe für alle; AG 7 Bürger:innen stärken die Endlagersicherheit – Das SAFE-Forschungsteam des Vorhabens TRANSENS; AG 11: Wissenschaft und Bürger:innen: Wie können Sie voneinander lernen? Einsichten aus TRANSENS-Projektergebnissen
WM2024	Optimising the Safety Case Based on Input by Non-Specialists
EGU2024	Deep Geological Repositories – characterization of barrier materials assessment of barrier integrity and regulatory lessons learnt

Öffentliche Vorlesungen/Workshops

Tabelle 5: Dezentral organisierte Vorlesungen und Workshops im Rahmen von EDU

Titel	N	Format	Beteiligte	Zielgruppe
„Weiterbildung Tiefenlagerung“	5	Blockveranstaltung	TUBS	Extern + Studierende
„Wissenschaft und Demokratie“	1	Seminar	HAFF	Studierende
„Nachhaltigkeit“	3	Ringvorlesung	TUBS, TUC, (IRS, ETH)	Studierende
„Technikfolgeschätzung und Governance“ Das Beispiel Nukleare Entsorgung mit seinen Pfeilern Politikberatung und Governance.	3	Ausbildungsmodul (EDU 5)	ITAS	Doktorand:innen -Weiterbildung
Zum Verhältnis von Politik und Wissenschaft in der Standortsuche für ein Endlager	1	Workshop	FU	Politikwissenschaft

Tabelle 6: Liste weiterer öffentlicher Veranstaltungen

Titel	Beteiligte	Zielgruppe
„Univercity“, Uni in der Stadt	IRS, TUC, TUBS, IW, CAU, AGBe	Bürger:innen
Techniksalon	IRS, risicare, AGBe	Bürger:innen
TRANSENS-Abschlussveranstaltung	TRANSENS-Alle	Fachöffentlichkeit + Bürger:innen

Themen und Vortragende der beiden Sommerschulen

Tabelle 7: Themen der Sommerschule 2022: Transdisciplinary research for nuclear waste disposal – Science meets society

	Thema	Vortragende:r
Friday		
afternoon	Arrival and registration at Physikzentrum Bad Honnef	
Saturday	Setting the scene 1: Scientific basics and transdisciplinary roots	
morning	Welcoming/Organizational	Walther, Röhlig, Schulz
	Radiation Basics	Clemens Walther, LUH
afternoon	Technical Basics in Nuclear Power	Clemens Walther, LUH
	Disposal Options	Klaus-Jürgen Röhlig, TUC
Sunday	Setting the scene 2: Global approaches towards transdisciplinarity problem solution	
morning	HLW/SNF disposal: Status internationally	Klaus Jürgen Röhlig, TUC
	Status internationally	Rebecca Tadesse, NEA OECD
afternoon	What ist TD; TD in other countries	Christian Pohl, ETH
Monday	Society interface	
morning	The Swiss approach to final disposal	Thomas Flüeler, ETH
	Parallels to non-nuclear hazardous waste disposal	Thomas Flüeler, ETH
afternoon	Risk communication	Oliver Sträter, Uni Kassel
Tuesday	Participation/10 steps: science - Society Interface	
morning	Participatory Process, Deliberate Spaces, Input lectures	Anne Bergmans, Uni Antwerpen
	World Cafe	Vesa Lakaniemi, Eurajoki
		Jacob Spangenberg, Osthamar
afternoon	10 steps: Showcasing the Td-approach	Pius Krütli, ETH

Wednesday	Stakeholder/Science Policy Interface	
morning	Science policy interface: The role of the BASE	Jochen Ahlswede, BASE
	Making science-based decisions in a societal and political context	Steffen Kanitz, BGE
afternoon	Role of the Commission on Radiological Protection - SSK	Ursula Nestle, SSK
	Role of the Nuclear Waste Management Commission - ESK	Barbara Reichert, ESK
Thursday	Field trip	
morning	Group work on final presentation	Pius Krütli, ETH
	Group work on final presentation	Wolfgang Schulz, LUH
afternoon	Field trip to Koblenz	Clemens Walther, LUH
Friday	Risks and human factor	
morning	Input and Panel: 'Risk Governance' and 'Risk perception + communication of uncertainty'	Ortwin Renn, IAAS Ferdiana Hoti, SCK CEN
afternoon	Human factors	Harald Schaub, Uni Bamberg
	Error culture (negotiation case)	Simon Maurer, Safety Expert
Saturday	Civil society and the role of the 'Loccum Conferences'	
morning	Civil Society and the 'Loccum Conferences'	Monika Müller, Loccum
	The role of NBG (National Citizens' Oversight Committee)	Werner Rühm, HZM/NBG
afternoon	The role of PFE 'Planungsteam Forum Endlager'	Daniel Lübbert, PFE
	Citizens's Working Group (AGBe)	
Sunday	Closing	
morning	Presentation by the students	Pius Krütli, ETH
	Summarizing and Outlook	Walther/Krütli

Tabelle 8: Themen der Sommerschule 2024: Going Beyond – Requirements for long-term strategies

	Thema	Vortragende:r
Sunday	Arrival and registration at Physikzentrum Bad Honnef	
Monday	Challenges in radioactive waste disposal: setting the scene	
morning	Introduction and technical basics I	Walther, Röhlig, Krütli
	Introduction and technical basics II	Philipp Kreye, BGE
afternoon	Workshop/Group work	
Tuesday	Transition from interim storage to final disposal	
morning	Prolonged interim storage in Germany	Benjamin Cwikla, BGZ
	Regulation of Interim Storage in the Netherlands	Lutz Lindhorst
	Challenges at the interface interim storage/final disposal	

afternoon	Workshop/Group work	
Wednesday	Ethical norms and implementation in Radiation protection	
morning	Ethical aspects in interim and final storage	Rainer Gellermann
	The ICRP - a framework for the practical implementation of radiation protection	Jean-Francois Lecomte, ICRP
afternoon	Workshop/Group work	
Thursday	Decommissioning and release from regulatory control	
morning	Release of very low radioactive material	Jörg Feinhals, FS
	Coffee break	
	Road map, disposal strategies?	Daniel Delort, ANDRA
afternoon	Field Trip	
Friday	Solutions for countries with low amounts of SNF	
morning	Challenges of countries with small amount of radioactive waste - national solutions vs. shared solutions	Eileen Langegger, TU Wien
	Small programme with limited amount of SNF - Slovenia	Nadja Zeleznik, EIMV
afternoon	Workshop: Nuclear Decommissioning from a disposal point of view	Sebastian Bahl, KTE
Saturday	International perspectives on handling unexpected developments	
morning	Small programme with limited amount of high-level reprocessing waste - the Netherlands	Marie-Noëlle Martin, MINIENW
	Development and employment of new reactor technologies	Janne Wallenius, KTH
afternoon	Workshop/Group work	
Sunday	Conclusion	
morning	Final presentations by participants	

Übersicht der Projektpartner

A. TU Clausthal mit	
• Fachgebiet Endlagersysteme	TUC-ELS*
• risicare GmbH Zürich (im Unterauftrag)	risicare
• Fachgebiet für Geomechanik und multiphysikalische Systeme	TUC-GEMS*
B. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel mit	
• Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt	CAU-LPEU
• Institut für Informatik/Web Science	CAU-IfI
C. Freie Universität Berlin, Forschungszentrum für Nachhaltigkeit	FUB-FFN
D. Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Nukleare Entsorgung	KIT-INE
E. Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse	KIT-ITAS
F. LU Hannover mit	
• Institut für Werkstoffkunde	LUH-IW
• Institut für Radioökologie und Strahlenschutz	LUH-IRS
• ETH Zürich, Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umweltsystemwissenschaften (im Unterauftrag)	ETH-TdLab
G. Öko-Institut e.V.	ÖI
H. TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik	TUB-WIP
I. TU Braunschweig mit	
• Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz	TUBS-iBMB
• Institut für Geomechanik und Geotechnik	TUBS-IGG
J. Universität Kassel, Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie	UK-A&O

Hinweise:

An der TU Clausthal wurde zum 01.01.2025 ein neues Institut „Institute of Geotechnology and Mineral Resources“ eingerichtet, in dem auch die bisherigen Fachgebiete ELS und GEMS aufgehen. Bereits zuvor wurde an der TUC das Fachgebiet LfDG in Lehrstuhl für Geomechanik und multiphysikalische Systeme umbenannt und dem IELF zugeordnet. Die Akronyme wurden zu diesem Zeitpunkt von IELF zu ELS (Endlagersysteme) und von LfDG zu GEMS geändert. Im Sinne der Nachvollziehbarkeit verwenden wir in TRANSENS weiterhin diese nun etablierten Kürzel „ELS“ und „GEMS“.

An der TU Braunschweig wurde das IGB umbenannt in „Institut für Geomechanik und Geotechnik“, das Akronym wurde entsprechend angepasst zu IGG. An der FU Berlin wurde das FFU umbenannt in „Forschungszentrum für Nachhaltigkeit“, das Akronym wurde entsprechend angepasst zu FFN.

Abkürzungsverzeichnis

AGBe	Arbeitsgruppe Bevölkerung
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
BGZ	Bundesgesellschaft für Zwischenlagerung
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ¹²⁸
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
DBG	DIPRO-Begleitgruppe
DIPRO	Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance
EDU	Aus- und Weiterbildung als Komponente des Vorhabens TRANSENS
ELB	Endlagerbehälter
ENTRIA	Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (Verbundvorhaben)
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
HAFF	Handlungsfähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren
I-TD	Integrationsgruppe Transdisziplinarität
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik
NBG	Nationales Begleitgremium
SAFE	Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität
SGW	Sozial- und Geisteswissenschaften
StandAV	Standortauswahlverfahren
TAP	transdisziplinäres Arbeitspaket
td	transdisziplinär
TN	Teilnehmer:innen
TRUST	Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen
TU	Technische Universität

¹²⁸ In den Jahren 2013-2021; seit 2021 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz