



# TRANSENS

## Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland

Forschung zur Verbesserung von Qualität und  
Robustheit der soziotechnischen Gestaltung des  
Entsorgungspfades

Vorhabenbeschreibung,  
August 2019

Kontakt: Klaus-Jürgen Röhlig  
[klaus.roehlig@tu-clausthal.de](mailto:klaus.roehlig@tu-clausthal.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Überblick</b> .....	<b>2</b>
1.1 Zusammenfassung des Vorhabens.....	2
1.2 Beteiligte Institutionen.....	4
<b>2. Gesamtvorhaben</b> .....	<b>5</b>
2.1 Hauptziele des Vorhabens TRANSENS und Bezug zu den förderpolitischen Zielen des BMWi-Förderkonzeptes .....	5
2.2 Transdisziplinärer Forschungsansatz.....	7
<b>3. HAndlungsFähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (TAP HAFF)</b> .....	<b>17</b>
3.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz .....	17
3.2 Stand von Wissenschaft und Technik .....	18
3.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes HAFF .....	19
3.4 Arbeitsprogramm.....	21
3.5 Meilensteine .....	27
<b>4. Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität (TAP SAFE)</b> .....	<b>28</b>
4.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz .....	28
4.2 Stand von Wissenschaft und Technik .....	29
4.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes SAFE .....	31
4.4 Arbeitsprogramm.....	33
4.5 Meilensteine .....	39
<b>5. Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TAP TRUST)</b> .....	<b>41</b>
5.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz .....	41
5.2 Stand von Wissenschaft und Technik .....	45
5.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes TRUST .....	47
5.4 Arbeitsprogramm.....	48
5.5 Meilensteine .....	55

<b>6.</b>	<b>Dialoge und Prozessgestaltung in Wechselwirkung von Recht, Gerechtigkeit und Governance (TAP DIPRO)</b> .....	<b>57</b>
6.1	Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz .....	58
6.2	Stand von Wissenschaft und Technik .....	59
6.3	Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes DIPRO .....	60
6.4	Arbeitsprogramm.....	62
6.5	Tätigkeiten und Meilensteine.....	70
<b>7.</b>	<b>Formative und reflektierende Begleitung der transdisziplinären Entsorgungsforschung</b> .....	<b>73</b>
7.1	Begründung der begleitenden Untersuchung .....	73
7.2	Stand von Wissenschaft und Technik .....	74
7.3	Ziele der begleitenden Untersuchungen.....	75
7.4	Arbeitsprogramm.....	76
7.5	Meilensteine .....	80
<b>8.</b>	<b>Aus- und Weiterbildung (EDU)</b> .....	<b>81</b>
8.1	Ziele von EDU .....	82
8.2	Arbeitsprogramm (geplante Arbeiten) .....	83
<b>9.</b>	<b>Wissenschaftliche Koordination</b> .....	<b>87</b>
9.1	Ziele und Begründung der Notwendigkeit .....	87
9.2	Geplante Arbeiten .....	88
<b>10.</b>	<b>Fachkompetenzen der Antragsteller</b> .....	<b>91</b>
10.1	Öko-Institut e.V. Darmstadt (ÖI).....	93
10.2	FU Berlin, Forschungszentrum für Umweltpolitik (FUB-FFU) .....	94
10.3	risicare GmbH, Zürich .....	95
10.4	Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde (LUH-IW) .....	96
10.5	TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (TUB-WIP) .....	97
10.6	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe (KIT-ITAS) .....	98
10.7	ETH Zürich, Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umweltsystemwissenschaften (ETH-TdLab).....	100

10.8	TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (TUBS-iBMB) .....	101
10.9	TU Clausthal, Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik (TUC-LfDG) ....	102
10.10	Institut für Nukleare Entsorgung, Karlsruhe (KIT-INE).....	103
10.11	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt (CAU-LPEU).....	104
10.12	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informatik/Web Science (CAU-IfI).....	105
10.13	TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung (TUC-IELF).....	106
10.14	TU Braunschweig, Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TUBS-IGB) .....	107
10.15	Universität Kassel, Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (UK-A&O) .....	108
10.16	Leibniz Universität Hannover, Institut für Radioökologie und Strahlenschutz (LUH-IRS).....	109
<b>11.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>110</b>

## **Kurzfassung**

TRANSENS ist ein Verbundvorhaben, in dem 16 Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten.

In TRANSENS soll transdisziplinär geforscht werden: Die interessierte Öffentlichkeit und andere außerakademische Akteure werden planvoll in Forschungskontexte, konkret in Transdisziplinäre Arbeitspakete (TAP) eingebunden:

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

Die Möglichkeiten transdisziplinärer Forschung in der nuklearen Entsorgung werden im Verbund systematisch reflektiert (Transdisziplinaritätsforschung). Spezielle Aktivitäten zielen auf Nachwuchsförderung und Kompetenzerhalt.

## 1. Überblick

### 1.1 Zusammenfassung des Vorhabens

TRANSENS öffnet Räume für die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Gesellschaft in einem schwierigen Themenfeld. Dies geschieht planvoll und kontinuierlich über mehrere Jahre hinweg. Gerade ein hochumstrittenes Projekt wie die Auswahl des Standortes mit der bestmöglichen Sicherheit und die Realisierung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle wird mit hoher Wahrscheinlichkeit gesellschaftliche Kontroversen und Widerstände provozieren. Daher ist die Klärung und Bearbeitung vielschichtiger und soziotechnisch anspruchsvoller Fragestellungen zur nuklearen Entsorgung unerlässlich.

Dissens und Konsens prägen bereits heute den wissenschaftlichen ebenso wie den gesellschaftlichen Diskurs. Bei der nuklearen Entsorgung sind jedoch zwei Aspekte besonders zu berücksichtigen. Einerseits hat die technokratische Engführung und eingeschränkte Bereitschaft zu öffentlichen Diskussionen, die die Entsorgungspolitik über viele Jahre prägten, dazu beigetragen, dass Vertrauen verspielt wurde. Dies gilt insbesondere auch für das Vertrauen zivilgesellschaftlicher Akteure in das Agieren und die Aussagen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Andererseits hat sich die Gesellschaft generell gewandelt. Bürgerinnen und Bürger erwarten deutlich erweiterte Mitsprache- und Mitgestaltungsmöglichkeiten und misstrauen Expertinnen und Experten oder wissenschaftlichen Einrichtungen ebenso wie formal zuständigen Unternehmen und Behörden.

Öffentlichkeitsbeteiligung ist heute bei vielen Themen eine allgemein geteilte Erwartung. Das geplante Einbinden von Laien sowie der interessierten Öffentlichkeit in Forschungskontexte, die sich mit umstrittenen Projekten wie der nuklearen Entsorgung auseinandersetzen, bezeichnet die Wissenschaft als transdisziplinäre (TD) Forschung. Wissenschaft wirkt dabei – über den akademischen Bereich hinausgehend – mit Bürgerinnen und Bürgern zusammen. Das kann zu einem frühen Zeitpunkt bereits bei der gemeinsamen Formulierung von Forschungsfragen, in der kollaborativen wissenschaftlichen Arbeit mit Bürgerinnen und Bürgern oder in der kritischen Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Ergebnissen geschehen.

Hier setzt das Projekt TRANSENS an: Begegnung, Austausch, Dialoge, Widerspruch, Kontroversen, Verständigung und Dissens prägen das Miteinander und führen zu einer Wissens-Co-Produktion. Gerade strittige Themen über die technisch-konzeptionellen Herausforderungen, die Verfahrensschritte oder Fragen der Gerechtigkeit sollen verhandelt werden. TRANSENS bietet die Chance, Meinungen auszutauschen, gemeinsame Sichtweisen zu entwickeln und in die Forschung einzubringen.

TRANSENS macht dafür eine Vielzahl dialogischer Angebote. Diese sind nach Themenkorridoren sortiert und reagieren auf die Dringlichkeit, mit der nukleare Abfälle möglichst sicher eingelagert werden müssen. Dabei sind erhebliche Gestaltungsaufgaben zu bewäl-

tigen. Aber auch die zu Grunde liegenden Annahmen und Prämissen sind problemorientiert zu reflektieren und durch anwendungsorientierte Grundlagenforschung aufzuarbeiten. TRANSENS macht dafür transdisziplinäre Angebote, die von einschlägig kompetenten und erfahrenen, interdisziplinären Teams vorbereitet werden. Eine wissenschaftsbasierte, experimentelle Landschaft soll entstehen, die die Möglichkeit der Einbindung von Laien und Öffentlichkeit ermöglicht. So sollen im transdisziplinären Prozess wissenschaftliche Rückschlüsse auf den einzuschlagenden Entsorgungspfad gewonnen werden.

TRANSENS ist als Verbundvorhaben von 13 Instituten und Fachbereichen deutscher Universitäten und Großforschungseinrichtungen, einem Fachbereich der ETH Zürich und zweier unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtungen konzipiert (s. Kap. 1.2). Die transdisziplinäre Forschung erfolgt in vier für die Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle relevanten Themenkorridoren (s. Kap. 2.2 und die jeweils ersten Unterkapitel in Kap. 3-6) die in jeweils einem transdisziplinären Arbeitspaket (TAP) bearbeitet werden (Kap. 3-6). Die transdisziplinäre Forschung wird formativ, d. h. auf die Verbesserung des laufenden Vorhabens gerichtet, und reflektierend begleitet (Kap. 7). Mit der geplanten transdisziplinären Aus- und Weiterbildung (Kap. 8) leistet das Vorhaben einen Beitrag zu „Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz und zur Nachwuchsförderung im Bereich der nuklearen Entsorgung in Deutschland“ (Förderkonzept des BMWi), der der TD-Ausrichtung des Vorhabens entsprechend konzipiert ist.

Das Vorhaben wird für eine Laufzeit von fünf Jahren beantragt. Diese Laufzeit ergibt sich aus der Komplexität der Aufgabe: Transdisziplinäre Entsorgungsforschung ist in Deutschland ein Novum und besitzt daher zwangsläufig auch experimentellen Charakter. Es wird daher eingeschätzt, dass das erste Jahr des Vorhabens benötigt wird, um die Organisationsformen und Instrumente der transdisziplinären Forschung (s. Kap. 2.2) zu schaffen, zu etablieren und zu konsolidieren. In den folgenden drei Jahren muss dann die eigentliche transdisziplinäre Forschung erfolgen, im letzten Jahr wird der Schwerpunkt der Arbeit bei der Integration der Einzelergebnisse und insbesondere bei der Verbreitung und Diskussion in Öffentlichkeit und Fachwelt liegen.

## 1.2 Beteiligte Institutionen

Im Verbundvorhaben TRANSENS arbeiten 16 Institute bzw. Fachgebiete von neun deutschen und zwei Schweizer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammen:

- A. TU Clausthal mit
  - Institut für Endlagerforschung (TUC-IELF)  
Univ.-Prof. Dr. Klaus-Jürgen **Röhlig**
  - risicare GmbH Zürich (risicare, im Unterauftrag)  
Dr. Anne **Eckhardt**
  - Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik (TUC-LfdG)  
Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz **Lux**
- B. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel mit
  - Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt (CAU-LPEU)  
Univ.-Prof. Dr. Konrad **Ott**
  - Institut für Informatik/Web Science (CAU-IfI)  
Univ.-Prof. Dr. Isabella **Peters**
- C. Freie Universität Berlin, Forschungszentrum für Umweltpolitik (FUB-FFU)  
PD Dr. habil. Achim **Brunnengräber**
- D. Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Nukleare Entsorgung (KIT-INE)  
Dr. Volker **Metz**
- E. Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT-ITAS)  
Dr. Peter **Hocke-Bergler**  
apl. Prof. Dr. Ulrich **Smeddinck**
- F. LU Hannover mit
  - Institut für Werkstoffkunde (LUH-IW)  
Dr. Thomas **Hassel**
  - Institut für Radioökologie und Strahlenschutz (LUH-IRS)  
Univ.-Prof. Dr. Clemens **Walther**
  - ETH Zürich, Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umwelt-systemwissenschaften (ETH-TdLab, im Unterauftrag)  
Dr. Pius **Krütli**
- G. Öko-Institut e.V. (ÖI)  
Dr. Bettina **Brohmann**
- H. TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (TUB-WIP)  
Univ.-Prof. Dr. Christian **von Hirschhausen**
- I. TU Braunschweig mit
  - Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (TUBS-iBMB)  
Univ.-Prof. Dr. Dirk **Lowke**
  - Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TUBS-IGB)  
Univ.-Prof. Dr. Joachim **Stahlmann**
- J. Universität Kassel, Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (UK-A&O)  
Univ.-Prof. Dr. Oliver **Sträter**



## 2. Gesamtvorhaben

Das hier beantragte Vorhaben TRANSENS soll erstmalig in Deutschland transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle betreiben. Nicht-Spezialistinnen und -Spezialisten (s. u.) werden gezielt in Forschungsaktivitäten von Spezialistinnen und Spezialisten eingebunden.<sup>1</sup> Das fördert Wissenstransfer, Lernprozesse, Kritikfähigkeit und wechselseitiges Verständnis.

### 2.1 Hauptziele des Vorhabens TRANSENS und Bezug zu den förderpolitischen Zielen des BMWi-Förderkonzeptes

Im Bericht der Endlagerkommission wird transdisziplinäre Entsorgungsforschung eingefordert, ohne dass dies näher spezifiziert wird. Transdisziplinäre Forschung ist in Deutschland im Bereich der nuklearen Entsorgung bislang nicht erfolgt. Für einen Forschungsverbund, der sich erstmalig einer solchen Forschung verpflichtet, ergeben sich daher folgende Hauptziele:

1. Es ist zu prüfen, ob und, falls ja, welchen Beitrag transdisziplinäre Forschung leisten kann, die soziotechnischen Prozesse in Zusammenhang mit der nuklearen Entsorgung zu begreifen.
2. Es ist transdisziplinäre anwendungsorientierte Grundlagenforschung durchzuführen, um die Lösung bedeutsamer sozialer und technischer Fragestellungen voranzutreiben.
3. Gleichzeitig wird ein Beitrag zur Nachwuchsförderung und zum Kompetenzerhalt durch (disziplinäre, interdisziplinäre und transdisziplinäre) Aus- und Weiterbildung geleistet.

Alle drei Ziele tragen in unterschiedlicher Weise zur „Schaffung der wissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Realisierung eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle“ (BMW-Förderkonzept) bei und leisten somit einen Beitrag zur Verbesserung der Qualität und Robustheit der Gestaltung des eingeschlagenen deutschen Entsorgungsweges.

Die Forschung soll zu vier für die Entsorgungsproblematik zentralen und relevanten „Themenkorridoren“ (siehe Abschnitt 2.2.1) erfolgen, die an der Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlich-technischer Forschung einerseits sowie sozial- und geisteswissenschaftlicher Forschung andererseits angesiedelt sind. Jeder dieser Themenkorridore wird in einem „transdisziplinären Arbeitspaket“ (TAP) bearbeitet (Kap. 3-6). In einem weiteren, alle

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden oftmals nur die männliche Form gewählt, nichtsdestoweniger beziehen sich die Angaben auf Angehörige beider Geschlechter.

beteiligten Institutionen umfassenden Arbeitspaket EDU wird ein Beitrag zu „Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz und zur Nachwuchsförderung“ (Förderkonzept des BMWi) geleistet (Kap. 8). Zudem wird der Projektkern, also die TAP, forschend begleitet, um kontinuierlich Erkenntnisse über Wissen, Methoden, Prozess und Interaktionen spezialisierter Wissenschaftler sowie dem Wissen und der häufig plausibel begründbaren Skepsis nicht spezialisierter, auch „außer-wissenschaftlicher“ Akteure zu gewinnen und im Sinne einer Reflexion in die Projektarbeit zurück zu spiegeln (vgl. Kap. 7).

Damit beschreitet TRANSENS mit seinem transdisziplinären (TD) Ansatz Neuland sowohl methodisch als auch bezogen auf den Forschungsprozess selbst, zu dem es im Kontext nuklearer Entsorgung – insbesondere im deutschen Forschungskontext – kaum Erfahrungen gibt und entsprechend wenig wissenschaftliche Literatur vorhanden ist (vgl. Cowan 2007; Scholz et al. 2007; Krütli et al. 2010b; Seidl et al. 2016).

Dies geschieht in einem Ansatz, in dem Nicht-Spezialisten systematisch in den Forschungsprozess als Co-Designer (Problemdefinition) einbezogen und auch mit ihren spezifischen Wissensbeständen als Mitgestalter in die Ergebnissicherung eingebunden werden (Co-Produktion von Wissen). Dies soll aus der Beobachtung heraus geschehen, dass Differenzen zwischen Spezialistenwissen zur Entsorgung einerseits dem Wissen und ggf. auch der Skepsis anderer interessierter, aber nicht-spezialisierter Akteure andererseits offenbar nicht allein durch „bessere“ Kommunikation wissenschaftlich-technischer Sachverhalte zu überbrücken sind. Es wird daher eine gezielte „Öffnung für die Zusammenarbeit [von Wissenschaftlern] mit nicht-wissenschaftlichen Institutionen und Individuen“ (Völcker 2004) erfolgen. Dies geschieht thematisch nicht nur im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften, sondern auch im Kontext der Sozial-, Geistes- und Rechtswissenschaften.

Das beantragte Vorhaben steht daher in direktem Bezug zu dem im Förderkonzept des BMWi genannten FuE-Bereich 5: „Wissensmanagement und sozio-technische Fragestellungen“ des Förderprogramms. Dies gilt insbesondere zu Feld 5.2: „Sozio-technische Fragestellungen“.

In den Themenkorridoren wird keine naturwissenschaftlich-technische Grundlagenforschung durchgeführt, es erfolgt jedoch transdisziplinäre Forschung zu Fragestellungen mit Bezug zu den folgenden FuE-Bereichen:

- den FuE-Bereich 2 „Wissenschaftliche Grundlagen der Standortauswahl“ (FuE-Feld 2.3 „Methodische Grundlagen eines Standortvergleichs“),
- den FuE-Bereich 3 „Endlagerkonzepte und Endlagertechnik“ (FuE-Felder 3.1 „Endlagerkonzepte“ und 3.4 „Monitoring“) und
- den FuE-Bereich 4 „Sicherheitsnachweis“ (FuE-Felder 4.2 „Methodische Grundlagen der Nachweisführung“, 4.4 „Unterstützende Elemente für den Sicherheitsnachweis“).

Mit der multidisziplinären Zusammensetzung des Verbunds (s. Kap. 10), der geplanten interdisziplinären Kooperation und der transdisziplinären Forschung entspricht das vorgeschlagene Vorhaben dem Anspruch des Förderkonzepts, dass „aufgrund der Komplexität eines Endlagersystems und aller damit zusammenhängender Entsorgungsfragen (...) eine langfristig angelegte, inter- bzw. multidisziplinäre Vorgehensweise bei der Bearbeitung von FuE-Maßnahmen zielführend“ sei.

## 2.2 Transdisziplinärer Forschungsansatz

TRANSENS ist ein transdisziplinäres Forschungsvorhaben, das auf interdisziplinärer Forschungsk Kooperation aufbaut und darüber hinaus nicht-spezialisierte Akteure gezielt, strukturiert und funktional bezogen auf den Gegenstand (Krütli et al. 2010a) an den Forschungsarbeiten zu einem gesellschaftlich relevanten Problem beteiligt (Jahn et al. 2012; zum Begriff der nicht-spezialisierten Akteure siehe Abschnitt unten).

Die Akteurslandschaft im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle ist vielfältig und sowohl durch unterschiedliche Rollen im Prozess der Standortauswahl (z. B. Vorhabenträger, Aufsicht und Genehmigung, Forschung und Entwicklung, institutionalisierte Vertreter der Zivilgesellschaft, interessierte Öffentlichkeit) als auch durch unterschiedliche Wissensbestände, Spezialisierungen und Erfahrungen gekennzeichnet (z. B. in unterschiedlichen Disziplinen, aber auch bei verschiedenen Akteursgruppen). Wissenschaftliche Forschung betreibende Akteure agieren zudem zum Teil im Prozess (z. B. Vorhabenträger, Aufsicht, Genehmigung), zum Teil stehen sie außerhalb desselben (Universitäten und Forschungseinrichtungen, sofern sie keine Auftragsforschung für die Vorgenannten betreiben). Für die im Vorhaben geplante transdisziplinäre Forschung wurden fall- und themenweise Akteursgruppen außerhalb der am Vorhaben TRANSENS beteiligten Einrichtungen identifiziert (vgl. die nachfolgenden Kapitel), eine systematische Charakterisierung und Einordnung von Akteursgruppen im Hinblick auf transdisziplinäre Forschung steht jedoch aus und ist im ersten Jahr des Vorhabens zu leisten.

Zu den oben genannten Nicht-Spezialisten zählen im Kern Personen, die außerhalb der wissenschaftlichen Welt zu verorten sind. Sie werden in dialogischen Formaten in die hier praktizierte transdisziplinäre Forschung systematisch und reflektiert einbezogen. Besonderes Interesse gilt dabei, auch im Hinblick auf die Minimierung von Bias-Effekten, nicht-institutionalisierten Vertretern der Zivilgesellschaft bzw. der interessierten Öffentlichkeit. Ausgangspunkt ist dabei das neue deutsche Standortauswahlverfahren, das durch den Bericht der Endlagerkommission und das novellierte StandAG (2017) entscheidend geprägt wurde. So erachtet die Endlagerkommission die Form eines unabhängigen, neutralen und ganzheitlich agierenden „transdisziplinären Forschungsverbunds“ als notwendig, „um einen konstruktiven gesellschaftlichen Beitrag“ für die nukleare Entsorgung zu leisten (Endlagerkommission 2016). Damit wird auch für die Entsorgungsforschung in Deutschland ein neuer Weg vorgezeichnet, dessen Ausrichtung jedoch der Präzisierung im Detail bedarf.

Ungeachtet dieser dezidierten Ausrichtung auf Transdisziplinarität wird TRANSENS auch mit interdisziplinären Herausforderungen umgehen müssen. Einerseits können etliche Beteiligte auf wertvolle Erfahrungen aus dem ENTRIA-Projekt zurückgreifen. Andererseits stehen sehr viele wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus ENTRIA, die in besonderem Maße die interdisziplinäre Forschung getragen haben, aufgrund beruflicher Neuorientierungen nicht mehr zur Verfügung. Schließlich sind es auch neue Themen, die in TRANSENS in neuen personellen Konstellationen Disziplinen übergreifend aufgegriffen werden. Hier braucht es weitere Anstrengungen und neue Verständigungsprozesse zwischen den Projektpartnern.

### *2.2.1 Ansatz und Forschungsstand*

Vereinfachend kann zwischen zwei Lesarten von Transdisziplinarität (TD) unterschieden werden (für eine umfassende Übersicht vgl. Klein 2017): Zum einen wird TD als eine Form der institutionalisierten bzw. verstärkt gelebten Interdisziplinarität verstanden (Bogner et al. 2009, Jantsch 1970, Mittelstraß 2005, Sukopp 2010). Zum anderen wird TD begriffen als Verschränkung zwischen interdisziplinärer wissenschaftlicher Forschung und außerwissenschaftlichen Akteuren (z. B. Brandt et al. 2013, Klein et al. 2001, Lang et al. 2012, Lawrence 2015, Scholz und Steiner 2015). TRANSENS folgt diesem zweiten Verständnis, welches außerwissenschaftliche Akteure im Sinne einer „extended peer community“ (Funtowicz und Ravetz 1993) funktional und strukturiert in die wissenschaftliche Forschung einbezieht. Die Differenz zwischen Inner- und Außerwissenschaftlichkeit wird hier in der Weise aufgelöst, dass innerwissenschaftliche Akteure als Akteure mit Expertise für Fragen der nuklearen Entsorgung verstanden werden („Spezialisten“ in diesem Sinn). Außerwissenschaftliche Akteure dagegen sind „Nicht-Spezialisten“, die der interessierten und mindestens informationsbereiten Öffentlichkeit zugeschlagen werden können.

Da dieses Konzept von Transdisziplinarität, das für beide Akteursgruppen intensive Formen von Dialog und (teilweise) gemeinsame Wissensgenerierung vorsieht, heute das gängige Verständnis von Transdisziplinarität darstellt, wird es in diesem Forschungsverbund mit guten Gründen als Stand von Wissenschaft und Forschung eingestuft (z. B. Pohl und Hirsch Hadorn 2006) (vgl. auch Abschnitt „Zum TD-Verständnis in TRANSENS“). Der interdisziplinäre Austausch auch weit voneinander positionierter Disziplinen (wie z. B. Sicherheitsanalyse einerseits und philosophische Ethik andererseits) wird zwar als notwendig anerkannt, er wurde im Bereich der nuklearen Entsorgung auch in Vorhaben wie SITEX, InSOTEC oder ENTRIA bereits erprobt (<http://sitexproject.eu/>, [https://cordis.europa.eu/project/rcn/97435\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/97435_en.html), [www.entria.de](http://www.entria.de)) – ihm fehlt jedoch der Praxistest in der interessierten Öffentlichkeit. Die Anerkennung der wissenschaftlichen Paradigmen und Fragestellungen sind ebenso einem Testlauf zu unterziehen wie kritische Positionen und die ihnen innewohnenden Argumente mit ihren jeweils speziellen thematischen Hintergründen. Die verschiedenen Argumente mit ihren hinterlegten Wissensbeständen erleben also ihren Praxistest, wenn von den beteiligten Akteuren anerkannt wird, dass es sich bei

der nuklearen Entsorgung um ein gesellschaftlich relevantes Problem mit einem besonderen Charakteristikum handelt. Dieses Charakteristikum kulminiert in den soziotechnischen Problemen (z. B. Flüeler 2006), die in zentraler Weise mit der hohen „Ungewissheit“ technisch-naturwissenschaftlicher, aber auch sozialer Prozesse („the value-loadings“) zusammenhängen (Funtowicz und Ravetz 2003). Gerade diese Gesichtspunkte machen es erforderlich, die interessierte Öffentlichkeit zu beteiligen, da das komplexe und kontrovers diskutierte Thema der nuklearen Entsorgung nicht nur Wissensbestände tangiert, die außerhalb des akademischen Systems liegen, sondern auch Positionen (z. B. wie ist mit Ungewissheit umzugehen) und Werthaltungen (z. B. welche Bedeutung kommt der Fairness im Standortauswahlverfahren zu) beachtet werden müssen. Mitunter gilt es auch, die Unterstellung der Willkürlichkeit des Vorgehens bei der Planung und Verwirklichung eines Entsorgungskonzepts zu entkräften. Gerade in „Wissensgesellschaften“ (Stehr 2001) wie der deutschen besitzt die Verknüpfung von abstrahierender Wissenschaft und fallspezifisch relevantem Wissen besondere Bedeutung, um das Erarbeiten von praktischen Lösungen von gesellschaftlichen Problemen zu ermöglichen, die sich am Gemeinwohl orientieren (Pohl und Hirsch Hadorn 2006).

Nach Maasen (2010) können vier Typen von TD unterschieden werden: Dabei handelt es sich neben der „intervenierenden“ um eine „methodologische“ sowie eine „explorative“ und eine „verteilte & arbeitsteilige Transdisziplinarität“ (für eine andere Form der Typologisierung vgl. Pohl und Hirsch Hadorn 2006). In TRANSENS wird nach zweien dieser TD-Typen vorgegangen: Neben der „methodologischen“ wird die „verteilte“ Transdisziplinarität aufgenommen, die jeweils von einer wissenschaftsinternen Problemformulierung ausgeht, jedoch außerwissenschaftliche Akteure im „Co-Design“ einbezieht, d. h. gesellschaftliches Problemverständnis wird in einem methodisch gesteuerten Prozess eingebracht (Maasen 2010). Eine Durchführung der Beteiligung außerwissenschaftlicher Akteure am Forschungsprozess im Co-Design meint somit, dass diese zwar zentral, aber nicht ausschließlich in den Forschungsprozess einbezogen werden. Fallweise ist es notwendig, Spezialisten für einzelne Fragen oder interdisziplinäre Zusammenhänge mittels klassischer Methoden einzubeziehen (wie z. B. in Fokusgruppen oder Szenario-Workshops).

Dies steht im Gegensatz oder Ergänzung zu einer anderen transdisziplinären Ausrichtung, in der die „Co-Produktion“ von Wissen zentral ist. In der Co-Produktion von Wissen, in welcher außerwissenschaftliche Akteure entweder als Partner in den Forschungsprozess eingebunden werden, oder im Sinne eines Reallabors (z. B. Wagner und Grunwald 2015) breit angelegte Beteiligungsmöglichkeiten angeboten werden (intervenierende TD), steht die Wissensproduktion praktisch allen Akteuren offen. Damit wird die Grenze zwischen wissenschaftlichem und gesellschaftlichem Wissen und der zugehörigen Fortschreibung voneinander getrennter Wissensbestände grundsätzlich in Frage gestellt (explorative Transdisziplinarität) (Maasen 2010, Meyer-Soylu et al. 2016). Diese intervenierende TD wird in TRANSENS nur in begrenzter Weise eingesetzt.

Als Voraussetzung für einen transdisziplinären Forschungsprozess gilt zum einen die Anerkennung realweltlicher Gegebenheiten (Jahn et al. 2012). D. h., dass es sich bezogen

auf die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle nicht nur um ein technologisch komplexes, sondern auch um ein sozial komplexes Problem handelt, das konzeptionell die Einbeziehung der Öffentlichkeit erfordert (Krohn et al. 2017, Kuppler 2017: 26). Zum anderen müssen Kontingenzen und Flexibilitäten berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass sowohl Offenheiten als auch Unsicherheiten im Forschungsprozess zur nuklearen Entsorgung und letztlich auch im gesellschaftlichen Prozess der Implementation eines Tiefenlagers auftreten können. Da dies sogar erwartbar ist, sind diese Unsicherheiten so früh wie möglich zu reflektieren. Weiterhin muss mit der Veränderung von Randbedingungen gerechnet werden und ein offenes Aufeinander-Zugehen ermöglicht werden, d. h. die Sichtweisen anderer sind anzuerkennen und die eigenen zu hinterfragen (Krohn et al. 2017). Gleichzeitig stellt TD hohe Anforderungen an die am Forschungsprozess beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sowohl Reflexivität als auch Rekursivität im Forschungsprozess zu gewährleisten haben (vgl. Pohl und Hirsch Hadorn 2006). Reflexivität bezeichnet hier die Bereitschaft, außerwissenschaftliche Akteure und ihre begründbaren Positionen bei Bearbeitung der Forschungsfrage ausreichend fruchtbar zu machen. Rekursivität bedeutet, die Überarbeitung der Problemdefinition ernsthaft zu betreiben und das Forschungsdesign entsprechend der Entwicklung des *Themenkorridors* anzupassen. 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.

Nach Auffassung der Antragsteller sind Gegenstände eines Themenkorridors für transdisziplinäre Forschung geeignet, wenn (i) unterschiedliche Sichtweisen und Wertungsspielräume mit Konfliktpotential bestehen und Aussagen von Spezialisten – auch aus Misstrauen den Handelnden gegenüber heraus – in Frage gestellt werden, (ii) die vorgesehenen Themen für Nicht-Spezialisten relevant und auch einer Diskussion mit ihnen zugänglich sind und (iii) Potential hinsichtlich eines Beitrags zur Lösung eines gesellschaftlichen Problems besteht.

Die Entwicklung des Themenkorridors im Sinne von TD ist dann gegeben, wenn zwar die Inhalte als unterschiedlich anerkannt, gleichzeitig aber auch gemeinsam vorangetrieben und fokussiert werden (verteilte & arbeitsteilige Wissensproduktion, vgl. Maasen 2010).

In der vorliegenden Skizze werden für die vorgeschlagenen transdisziplinären Arbeitspakete (TAP) die Themenkorridore skizziert und ihre Eignung als Gegenstände transdisziplinärer Forschung anhand der drei genannten Kriterien diskutiert.

## *Fokussierung*

In TRANSENS werden zwei Stränge transdisziplinären Forschens unterschieden:

- Dies ist einerseits die (Wissens-)Produktion in der „transdisziplinären Forschung“, die inhaltlich auf die nukleare Entsorgung ausgerichtet ist. Die ermittelten Ergebnisse sollen für die nukleare Entsorgungsforschung produktiv und gleichzeitig integrativ genutzt werden. Diese Forschung erfolgt in den TAP.
- Daneben gibt es die „Transdisziplinaritätsforschung“, welche Forschung über die Konzepte, Methoden und Praxis von „transdisziplinärer Forschung“ betreibt. Damit ist die methodologische Transdisziplinarität gemeint, in der es darum geht, den praktischen transdisziplinären Forschungsprozess (Methoden, Integration, etc.) im Sinne von Mittelstraß (2005) zu reflektieren. Dies ist notwendig, um die im Bericht der Endlagerkommission angemahnte transdisziplinäre Forschung zur nuklearen Entsorgung zu konkretisieren und ihre Stärken und Grenzen auszuloten. Der besseren Unterscheidbarkeit halber wird sie in diesem Antrag unter der Überschrift „Formative und reflektierende Begleitung der transdisziplinären Entsorgungsforschung“ behandelt (vgl. Kap. 7).

Innerhalb der soziotechnischen Perspektive bei der nuklearen Entsorgung (Hocke 2016) wird der thematische Fokus speziell auf die deutsche Problemstellung ausgerichtet. Dies bedeutet aber nicht, dass die Umgestaltung der zu verändernden Prozesse durch die Forschung, z. B. durch Reallabore, praktiziert werden soll. Reallabore sind auf Zeit institutionalisierte Forschungen, die Praxis (hier also die Entsorgungspraxis) grundlegend mitgestalten wollen. Sie erscheinen heute zwar methodisch konzeptionell als ein bedeutender Forschungsstrang (Jahn und Keil 2016). Bei vielen Themen der Nachhaltigkeitsforschung gehört dies auch zum akzeptierten Aufgabenprofil (Wagner und Grunwald 2015: S.28). Das Mitgestalten eines konkreten Themenfeldes und seiner Fachpolitik und ihrer praktischen Umsetzung an einem konkreten Ort sind hier jedoch nicht Teil des Designs, da dies dem Verständnis einer anwendungsorientierten Grundlagenforschung (in Abgrenzung zum konkreten Standortauswahlverfahren) entgegensteht. TRANSENS übernimmt aus dieser Vorstellungswelt nur das Charakteristikum des Experiments. Wie in einem Labor werden in den verschiedenen transdisziplinären Arbeitspaketen unter kontrollierten Randbedingungen (z. B. Festhalten an den Aspekten der Forschungsfrage) einschlägige Themenkorridore abgesteckt und mit verschiedenen empirischen Untersuchungstechniken erforscht. Diese Themenkorridore werden durch die Oberthemen Flexibilität & Reversibilität im Verfahren (TAP HAFF), Safety Case (TAP SAFE), Ungewissheiten und Vertrauen (TAP TRUST) sowie Dialog, Governance & Gerechtigkeit (TAP DIPRO) eingegrenzt. Im Mittelpunkt aller TAP steht dabei die Zusammenarbeit zwischen Spezialisten und Nicht-Spezialisten sowie der dabei stattfindende themenbezogene Austausch von Argumenten.

### 2.2.2 Zur Struktur des transdisziplinären Vorgehens

An dieser Stelle werden wichtige Formate und die Grundstrukturen des methodischen Vorgehens knapp umrissen. In Kap. 7 des Antrags sind detailliertere Erläuterungen zu diesen methodischen Querschnittsaktivitäten zu finden. Konzeptionell ist wichtig, dass wir – wie oben erläutert – zwischen zwei Typen von Forschung unterscheiden: Einerseits der „transdisziplinären Forschung“ in den TAP, die inhaltlich auf die nukleare Entsorgung ausgerichtet ist, und andererseits der „Transdisziplinaritätsforschung“, die Forschung über die Konzepte, Methoden und Praxis der „transdisziplinären Forschung“ betreibt. Das dazu gehörige Arbeitspaket ist in Kap. 7 abgebildet.

Wichtige Institutionen in der Struktur des Forschungsverbundes sind (i) die Integrationsgruppe TD (I-TD), der auch (ii) das Sprecherteam angehört, (iii) der Beirat TD, (iv) die Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe), (v) die TD-Beobachter, (vi) die Laien-Begleitgruppe im TAP DIPRO sowie verschiedene „Formate“ an Veranstaltungen, in denen transdisziplinärer Austausch und Kommunikation zum Zweck wissenschaftlicher Selbstberatung und Wissensproduktion zwischen Wissenschaftlern, Experten und interessierten Laien entlang wissenschaftlicher Standards und methodischer Kompetenz betrieben wird. Verschiedenste Formen naturwissenschaftlich-technischer als auch sozial-, geistes- und rechtswissenschaftlicher sowie interdisziplinärer Kompetenz werden dabei parallel mit interner Qualitätssicherung in den transdisziplinären Forschungsverbund eingebracht.

(i) Integrationsgruppe TD (I-TD): Diese besteht aus dem (ii) Sprecherteam (Sprecher / Koordinator und seinen Stellvertretern, verantwortlich für die kontinuierliche Vorhabenkoordination sowie die Binnen- und Außenkommunikation), den Verantwortlichen für die TAP sowie aus maximal zwei TD-Spezialisten. Sie wirkt hinsichtlich zentraler inhaltlicher und strategischer Fragen eng mit dem Personal des AP „Wissenschaftliche Koordination“ (s. Kapitel 9) zusammen, leitet dieses an und sichert mit dessen Unterstützung

- die Abstimmung der Vorgehensweisen in der transdisziplinären Forschung,
- die Koordinierung der formativen und reflektierenden Begleitung (Transdisziplinaritätsforschung, vgl. Kapitel 7) sowie die Berücksichtigung des aus dieser Begleitung entstehenden Feedbacks,
- die Interaktion mit dem Beirat TD sowie den Umgang mit dessen Empfehlungen,
- das Zusammenführen der Ergebnisse der einzelnen TAP und der interdisziplinären Teams und
- die regelmäßige Berichterstattung.

Hierzu erfolgen halbjährlich Treffen der I-TD mit Kurzberichten durch deren Mitglieder zum Vorhabenfortschritt, die durch die I-TD zusammengeführt und mit Anleitungen und Hinweisen zum weiteren Vorgehen in den TAP ergänzt werden. Mindestens jährlich wird dem Beirat TD Bericht erstattet. Dieser sowie die TD-Beobachter (s. u.) werden zur transdisziplinären Forschung konsultiert. Die Ergebnisse finden Eingang in die o. g. Anleitungen und Hinweise.



(iii) Beirat TD: Der Beirat TD wird in Absprache mit dem Auftraggeber mit einer kleinen Zahl (ca. drei Personen) von renommierten TD-Forschern besetzt und trifft sich regelmäßig mit der Integrationsgruppe TD (s. o.) sowie nach Bedarf separat mit TAP- und Modul-Verantwortlichen. Er reflektiert die TD-Arbeiten und berät diesbezüglich die I-TD. Er hat das Recht, unabhängig vom Personal des Vorhabens Stellungnahmen und Empfehlungen zu verfassen und diese an die I-TD zu richten. Zu Beginn des Vorhabens formulieren I-TD und Beirat ein diesbezügliches Mandat. Die Arbeit des Beirats ist auf TD-Fragen fokussiert. Inhalte der Themenkorridore (s. o.) werden nicht vom Mandat des Beirat berührt, eine Selbstbefassung des Beirats – also sich innerhalb des jeweiligen Zuständigkeitsbereiches aus eigener Initiative mit einem Sachverhalt zu beschäftigen – ist auf dessen Wunsch jedoch möglich. Der Beirat wird zu den jährlichen Treffen eingeladen und dort sowie optional bei weiteren Anlässen von der I-TD konsultiert (s. o.). In welcher Form die Empfehlungen des Beirats verschriftlicht werden, wird Gegenstand des noch auszuarbeitenden Mandats sein.

(iv) AGBe: Die Arbeitsgruppe Bevölkerung (vgl. Kap. 5, TAP TRUST) trägt zur (Wissens-)Produktion in der „transdisziplinären Forschung“ zur nuklearen Entsorgung in den Themenkorridoren insbesondere der TAP TRUST und SAFE bei. Sie wird über das Modul der quantitativen Umfrageforschung nach TD-Standards zusammengestellt. D. h. das erwähnte Online-Panel (vgl. Kap. 5.4) wird wie alle Befragungsmethoden nicht „bias-frei“ sein, die Auswahl der auf Anfrage reagierenden Teilnehmer wird nach bestimmten Kriterien (z. B. Geschlecht, Alter) vorausgewählt und in einem persönlichen Interview auf die definitive Eignung geprüft. Die Arbeitsgruppe Bevölkerung wird regelmäßig während der Projektlaufzeit tagen. Die AGBe setzt sich aus Personen der allgemeinen Bevölkerung (keine Spezialisten oder Interessenvertreter / Stakeholder) zusammen. Die Antragsteller gehen von einer Gruppe von ca. 15 interessierten ‘Laien’ bezogen auf das Thema nukleare Entsorgung aus, die jedoch über ein Grundverständnis technisch-naturwissenschaftlicher Sachverhalte verfügen sollten. Die AGBe wird von einem kleinen operativen TRANSENS-Team (LUH-IRS, ETH-TdLab) betreut.

(v) TD-Beobachter: Die TD-Beobachter sind eine Institution der Transdisziplinaritätsforschung. Sie werden im ersten Jahr des Vorhabens benannt. Es handelt sich um ca. acht Vertreter der Projektteams. Möglichst sollen Nachwuchswissenschaftler ausgewählt werden, die mit ihrer Arbeit als Beobachter gleichzeitig zu TD-Forschung ausgebildet werden. Die TD-Beobachter begleiten die transdisziplinären Formate und orientieren sich dabei an Konzepten der teilnehmenden Beobachtung (Lamnek 1989). Sie spiegeln der AGBe und anderen Akteuren transdisziplinärer Kommunikationen ihre Ergebnisse regelmäßig wider. Dies geschieht mit dem Ziel der Optimierung der Formate und ihrer methodischen Fortentwicklung jenseits der Einzelthemen. Gleichzeitig werden die Kompetenzen der eingesetzten Moderatoren in diesen Formaten erhöht und Chancen zur kritischen Selbstreflexion geschaffen. Die Steuerungsgruppe für die TD-Beobachter ist bereits eingerichtet, sie besteht aus drei Teamleitern (ETH-TdLab, KIT-ITAS, FUB-FFU). Sie wird zu den jährlichen Konsultationen mit dem Beirat TD (s. o.) zugezogen.

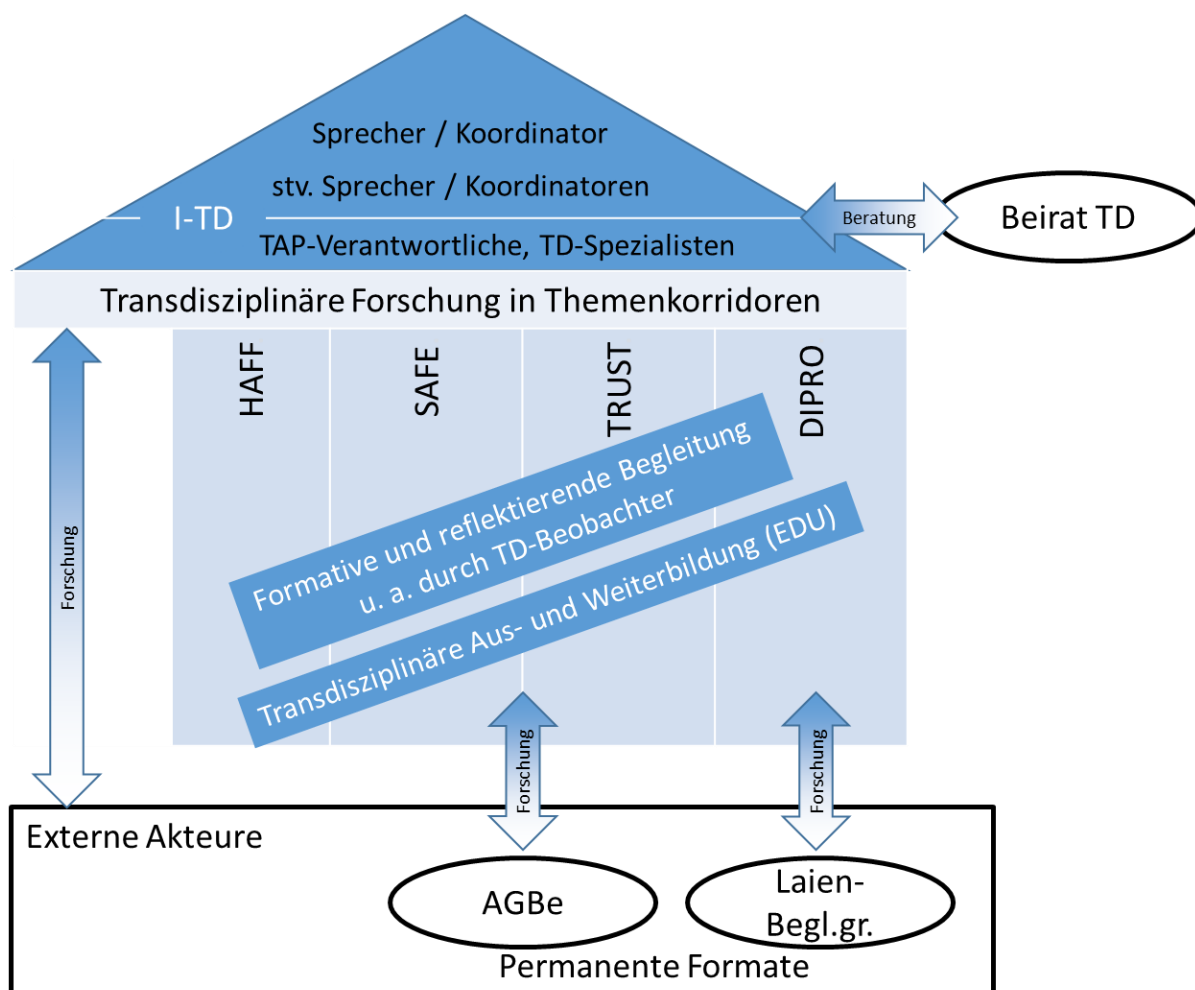
(vi) Laien-Begleitgruppe: Im TAP DIPRO wird das Diskussionsgeschehen in den dort vorgesehenen Workshops zudem von einer Gruppe mit ausgewählten Bürgerinnen und Bürgern (i. d. R. gut ausgebildete Laien) begleitet, die nicht zum Kreis der Endlager-Spezialisten gehören. Diese Gruppe evaluiert die Qualität der Workshop-Dialoge und kooperiert mit den TD-Beobachtern (s. o.). So sollen zusätzliche Erkenntnisse zur Wahrnehmung, Kommunikation und Prozessierung der dort verhandelten Inhalte aus außerwissenschaftlicher Perspektive gewonnen werden (Transdisziplinaritätsforschung, zur Bildung der Laien-Begleitgruppe vgl. Abschnitt 6.4).

Zu den Formaten: Die AGBe ist für die TD mehrerer TAP ein ausgesprochen wichtiges Gremium, ist aber nicht für alle Themenkorridore von der gleichen Bedeutung. Sie wird je nach TAP unterschiedlich eingebunden und durch zusätzliche Formate und Veranstaltungen ergänzt. Zu diesen Formaten gehören Fokusgruppen, in denen z. B. die Prämissen konzeptioneller Grundsatzentscheidungen explorativ auf ihre verschiedenen Effekte und Nebenfolgen durchgespielt werden. Ähnliche diskursive Überprüfungen von Mehrheits- und Minderheitsmeinungen können in moderierten „Gruppendiskussionen“ auf den Prüfstand gestellt und mit Ergebnissen des Desk Research in Beziehung gesetzt werden.

Allgemein formuliert bleibt festzuhalten: „Fokusgruppen“, „Leitfaden-gestützte Interviews“, methodisch-abgesicherte „expert judgements“, „themenzentrierte Workshops“, „psychologische Experimente“, „Survey“ und andere etablierte Formate der empirischen Sozialforschung werden in der Zusammenarbeit mit Nicht-Spezialisten und Spezialisten für die Versorgungsforschung weiterentwickelt (zu den quantitativen und qualitativen Methoden siehe Lamnek und Krell 2006, Mayring 2015, Diekmann 2017). Quantitative Methoden sind dabei (siehe TAP TRUST) ebenso im Portfolio wie qualitative Methoden (Teilnehmende Beobachtung z. B. in Kap. 7 und Fokusgruppen im TAP SAFE). Das methodische Vorgehen wird in den einschlägigen Berichten jeweils ausgewiesen.

Festgelegt wird die methodische Ausgestaltung der Arbeiten aufbauend auf der gemeinsamen Problemformulierung im ersten Projektjahr. Sie erfolgt jeweils spezifisch nach den vier Themenkorridoren. Die genaue zeitliche Abfolge und die Abstände zwischen den verschiedenen Formaten und einschlägigen Veranstaltungen sind spätestens mit dem Ende des ersten Projektjahres festgelegt (vgl. dazu auch Kap. 7). Handlungsleitend ist dabei das bereits entwickelte TRANSENS-Verständnis von Transdisziplinarität.

Eine schematische Darstellung der Vorhabensstruktur zeigt Abb.1.



**Abb.1:** Struktur des Verbundes TRANSENS mit den vier TAP HAFF, SAFE, TRUST und DIPRO, sowie den Querschnittsaufgaben zu wissenschaftlicher Koordination, reflektierender Begleitung und Ausbildung (blau: TRANSENS-Konsortium)

### Zum TD-Verständnis in TRANSENS

Die beteiligten Forschungsteams haben sich unter Berücksichtigung einschlägiger TD-Literatur bei der Antragsvorbereitung auf folgendes, anleitendes Verständnis von TD für das Vorhaben verständigt:

- 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-Produktion 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.
- Ziel ist die (gemeinsame) Erarbeitung von lösungsorientiertem und gesellschaftlich robustem Wissen: Wissenschaftler treten in einen Dialog mit außerwissenschaftlichen Akteuren, indem sie ihre 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.

Der Ort der TD sind die Themenkorridore, die durch die TAP-Struktur verbindlich voneinander abgegrenzt werden und nach ihren Untersuchungen ihre Ergebnisse zusammenführen. Das Ziel ist dabei, eine möglichst differenzierte Sichtweise auf zentrale Herausforderungen der nuklearen Entsorgung zu liefern und reflexiv mit unterschiedlichsten Wissensbeständen zu verknüpfen. Die trans- und interdisziplinäre Forschung liefert Interpretationsangebote über spezifische Sachfragen und ebenso einschlägiges disziplinäres Wissen. Dabei wird angestrebt, diese Wissensbestände in den TD-Formaten (AGBe, Fokusgruppen etc.) zu vermitteln und dialogisch zu beraten und teilweise gemeinsam zu erarbeiten.

Da mittlerweile – insbesondere durch das formelle Standortauswahlverfahren – eine Vielzahl von Beteiligungsmöglichkeiten eröffnet wird, zugleich aber die Zahl der letztlich Beteiligungswilligen überschaubar ist, wird in TRANSENS ein professionelles Rekrutierungsmanagement eingerichtet. Dazu gehört auch ein „Risikomanagement“, das vorausschauend plant, um z. B. mit konkurrierenden Terminen und mit etwaigen Absagen und möglichen Nachrückern umzugehen. Dazu kann auf vielfache Vorerfahrungen zurückgegriffen werden.

### **3. HAndlungsFähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren (TAP HAFF)**

Im transdisziplinären Arbeitspaket „HAndlungsFähigkeit und Flexibilität in einem reversiblen Verfahren“ (TAP HAFF) arbeiten die Disziplinen Arbeits- und Organisationspsychologie (UK-A&O), interdisziplinäre Endlagerforschung (KIT-ITAS, ÖI), Sozialgeographie (ÖI), Politikwissenschaften (KIT-ITAS), Soziologie (KIT-ITAS), Technikfolgenabschätzung (KIT-ITAS), Geowissenschaften (ÖI, KIT-INE), Radiochemie (KIT-INE), Strahlenschutz (KIT-INE), Rechtswissenschaften (KIT-ITAS), Organisationspsychologie (UK-A&O) und Ingenieurwissenschaften (TUBS-iBMB, LUH-IW) mit.

Innerhalb des Vorhabens TRANSENS sind folgende Kooperationen vorgesehen:

- Haltepunkte und Rückschritte als Verfahrenselement in Zusammenhang mit Safety-Case-Analysen (SAFE)
- Chancen und Risiken eines schrittweisen Verfahrens (Workshop F bei DIPRO)

#### **3.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz**

Das neue deutsche Standortauswahlverfahren nach StandAG und die Arbeiten der Endlagerkommission legen eine Reihe von Merkmalen fest, nach denen das Verfahren bis zur Ermittlung eines Tiefenlager-Standortes selbst, aber auch die Endlagerpolitik darüber hinaus geprägt sein soll. In besonderer Weise wird dabei Reversibilität ins Zentrum des Themenkorridors gerückt und so werden lineare Entwicklungsvorstellungen relativiert (Endlagerkommission 2016, NEA 2012). Neben der Festlegung von wissenschaftlichen Kriterien wird auch das Moment der Flexibilität in das Verfahren aufgenommen. Haltepunkte im Verfahrensablauf, die Option von begründeten Rückschritten und neue Forschungsergebnisse sollen dabei in angemessener Weise berücksichtigt werden. Das TAP HAFF leistet Grundlagenforschung zur Unterstützung dieser Arbeiten. Dazu wird das Konzept der Transdisziplinarität problemorientiert aufgegriffen und zu den wissenschaftlichen Standards der Disziplinarität und der Interdisziplinarität, die beide als Basis zu integrieren sind, ins Verhältnis gesetzt. Das TAP HAFF ist folglich sowohl durch einen spezifischen inhaltlichen Themenkorridor als auch durch unterschiedliche Sichtweisen verschiedenster Akteure bestimmt, die im Entsorgungsprozess konkret beteiligt oder an ihm in besonderer Weise interessiert sind. Durch diese pluralen Perspektiven wird sowohl die Zugänglichkeit der verschiedenen Teilthemen als auch das Konfliktpotential bestimmt, das mit ihnen verbunden ist. Die transdisziplinären Formate, die in das TAP integriert sind, greifen diese Herausforderungen auf und arbeiten zusammen mit dem interdisziplinären TRANSENS-Forscherteam die Pfadabhängigkeiten, die mit Verfahren selbst verbunden sind, wie auch die Chancen, Herausforderungen und Risiken konstruktiv auf. Das Lösungspotenzial wird in einem systematischen „Denken in Alternativen“ (Grunwald 2012) gesehen, das an anderer Stelle genauer erläutert wird.

### 3.2 Stand von Wissenschaft und Technik

Ein langfristiger Entsorgungspfad über Generationen hinweg bedarf der Einrichtung definierter Haltepunkte, an denen die absolvierten Schritte und die zu Grunde gelegten Analysen (u. a. zu Sicherheit in Betriebs- und Nachbetriebsphase) bewertet werden und an denen über die zukünftige Ausrichtung des Entsorgungspfads entschieden wird. Solch ein langfristiges Verfahren braucht Langzeit-Institutionen, die relevante Kompetenz an Ingenieur-, Natur-, Rechts- und Sozialwissenschaften bereitstellen sowie die Sicherheitsinfrastruktur weiterentwickeln (Kuppler und Hocke 2018). Aktuell wird darauf verwiesen, dass hinsichtlich des Ineinandergreifens von Oberflächen- und Tiefenlagerung hochradioaktiver Abfälle ein hoher Forschungsbedarf für technische und soziotechnische Fragestellungen besteht (z. B. JOPRAD 2017). Einschlägige Forschung zu Fragen in diesem Kontext liegt bisher nicht vor. In einem entsprechenden Forschungsprofil sind anlagentechnische und sicherheitstechnische Aspekte ebenso zu berücksichtigen wie institutionelle Notwendigkeiten und entsprechende Infrastrukturen. Die Konzeptionierung eines Tiefenlagers in möglicherweise geeigneten Regionen hat nicht nur räumliche und sicherheitstechnische Auswirkungen, sondern ist auch konfrontiert mit Erwartungen der jeweiligen Standortbevölkerung. Neben Pfadabhängigkeiten im Entsorgungspfad, die durch vergangene Konfliktkonstellationen und gegenwärtige Entscheidungsprozesse ebenso bestimmt sind wie von technischen Gestaltungsmöglichkeiten, nehmen „räumliche Kontexte“ innerhalb derer diese Prozesse und Veränderungen stattfinden, eine bedeutende Rolle ein. Die technische Umsetzung eines Entsorgungspfades impliziert immer auch einen Landschaftswandel in konkreten Regionen.

Räume und Orte sind charakterisiert durch spezifische Kontexte, welche eine Veränderung von Landschaft durch Infrastrukturmaßnahmen als Wandel sozialer Gegebenheiten erscheinen lassen. Dadurch verändern sich auch die Bedeutungen, die einem bestimmten Ort zugeschrieben werden und damit die räumliche Identität von Akteuren und Akteursgruppen, auf die häufig kollektiv reagiert wird (Kühne 2018, Werlen 2010). In der Konsequenz können politische Konflikte und Dissens auftreten, die sich zu massiven Auseinandersetzungen ausweiten können – je nachdem wie die jeweils eigene Handlungsmacht eingeschätzt wird und welche Möglichkeiten der Beteiligung während des Verfahrens und im gesamten Governance-Prozess gegeben werden (Gailing und Leibenath 2017). In jeder Phase einer technologischen Implementierung einer Infrastruktur verändern sich die Landschaft und deren Wahrnehmung und führen somit zu neuen Erwartungen oder schreiben vergangene Muster fort, die jeweils zu Dissens und neuen Konflikten führen können. Kollektive räumliche Identitäten gewinnen zunehmend an Aufmerksamkeit in der Forschungsliteratur (Llewellyn et al. 2017, Kuppler und Mbah 2018).

Für Beratungsprozesse zwischen Endlager-Spezialisten, Stakeholder-Vertretern und Laien sind neben verständlichen Darstellungen des Endlagers auch konzeptionelle Überlegungen zur baulichen Infrastruktur unter Tage sowie für obertägige Anlagen am Standort

notwendig. Das nationale Entsorgungsprogramm sieht vor, nach der Festlegung des Endlagerstandortes dort auch ein Eingangslager mit entsprechender Konditionierungsanlage zu errichten (BMUB 2015). Solche obertägigen Anlagen können nach unterschiedlichen Konzepten erstellt werden und bergen u. a. aufgrund ihrer unmittelbaren Sichtbarkeit für die Bevölkerung ein hohes gesellschaftliches Konfliktpotential. Die Nagra hat z. B. Vorschläge für mögliche Standortareale in der Schweiz für die Oberflächenanlage und deren Erschließung in einem Bericht zusammengestellt. Der Bericht beschreibt u. a. die Oberflächeninfrastruktur, visualisiert die Anlagenteile der Oberflächenanlage und bezeichnet verschiedene generellen Möglichkeiten zur Anordnung und Erschließung der Anlage, stellt also Alternativen zur Diskussion (Nagra 2011). Auch verschiedene Zugangsvarianten (Schachtanlagen, Rampe, Kombinationen mit Zugangstunneln etc.) wurden früh zur Diskussion gestellt (Nagra 2014). In Frankreich wurde seitens des CEA und der ANDRA intensiv Forschung zu Zwischenlagerkonzepten betrieben, die auch immer in Komplementarität zur Endlagerung betrachtet wurden (vgl. Köhnke et al. 2017). Der Dialog über die Anlagenstrukturen kann Hinweise auf die Raumwirkung und mögliche Konflikte bereitstellen. Das kürzlich vom BfE eingerichtete Fachforum Zwischenlagerung, zu dessen Konzeption ein Mitarbeiter des iBMB beratend hinzugezogen wurde, ist ein Beispiel für einen solchen Dialog.

### 3.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes HAFF

Hier werden die Ziele der einzelnen Module vorgestellt, die in ihrer Gesamtheit das Transdisziplinäre Arbeitspaket (TAP) strukturieren.

**Modul 1:** „Pfadabhängigkeit als Risiko und Herausforderung“ (KIT-ITAS, KIT-INE, ÖI, TUBS-iBMB, UK-A&O)

**M1-AP 1:** *Sicherung von Handlungsfähigkeit im Standortauswahlverfahren und der Betriebsphase* (KIT-ITAS, KIT-INE, ÖI)

Offene Fragen, plausible Prozessregeln und Qualitätsmerkmale für ein stufenweises Vorgehen mit Haltepunkten und der systematischen Reflexion von Entscheidungen und Wissenstand sind auf der Grundlage von Literatur und Experteninterviews herauszuarbeiten. Prospektive Raumplanung ist dabei ebenso zu berücksichtigen wie Erfahrungswissen und rechtliche Rahmenbedingungen (Smeddinck 2017, Haug und Zeccola 2018). Von Bedeutung ist hier auch, die Kriterien hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den organisatorischen und gesellschaftlichen Entscheidungsprozess hin zu bewerten und zu evaluieren.

**M1-AP 2:** *Technische und verfahrenstechnische Komponenten von Entsorgungspfaden und deren Nebenfolgen (KIT-INE, KIT-ITAS, TUBS-iBMB)*

Das Auswahlverfahren zur Entwicklung eines Endlagersystems in einer tiefen geologischen Formation in Deutschland ist eingebettet in einen langfristig angelegten Prozess. Dieser reicht von der Standortauswahl über die Errichtung eines Tiefenlagers deutlich hinaus. Ein solches Verfahren über mehrere Jahrzehnte hinweg bedarf einschlägiger „Haltepunkte“ zur Überprüfung der Entscheidungen und dem Abwägen von Handlungsoptionen. Das übergeordnete Ziel der hier vorgeschlagenen transdisziplinären Arbeiten ist die Entwicklung wesentlicher Grundlagen, mit Hilfe derer an Haltepunkten in informierter und transparenter Weise über die weitere Ausrichtung des Entsorgungspfad zur Tiefenlagerung hochradioaktiver Abfälle entschieden werden kann.

Als wesentlicher Beitrag zu diesem Ziel sollen geeignete Kommunikationsformen für komplexe Sachverhalte in Bezug auf die obertägigen Anlagen identifiziert werden, wie z. B. die dreidimensionale Darstellung der Bauwerke. In diesem Zusammenhang werden idealtypische Konzepte für obertägige Anlagen, bestehend aus einem Eingangslager mit Konditionierungsanlage und heißer Zelle, dessen Infrastruktur sowie der baulichen Transportinfrastruktur unter Tage (wie Eingangsbauwerke, Zugangstunnel etc. mit realistischen Abschätzungen von Dimensionen etc.) erarbeitet und visualisiert. In Abhängigkeit der noch festzulegenden Haltepunkte werden nach Bedarf auch weitere bautechnische Anlagen skizziert.

Hierbei sind technische Aspekte wie institutionelle Implikationen und Erwartungen der Standortbevölkerung zu untersuchen; dazu werden ausgewählte Dialogformate analysiert. Es wird darauf abgezielt, räumliche und sicherheitstechnische Auswirkungen mit Erwartungen aus der Bevölkerung in Beziehung zu setzen, da diese für die potenziell betroffenen Bevölkerungsgruppen von hoher Bedeutung sind.

**Modul 2:** *„Raumwirkungen und Governance“ (ÖI, KIT-ITAS)*

Ziel des Modul 2 ist, basierend auf den Ergebnissen von Modul 1, die möglichen räumlichen Veränderungen der Landschaft durch die erforderlichen infrastrukturellen Maßnahmen im Rahmen des angestrebten Entsorgungspfad bezogen auf konkretisierte Örtlichkeiten aufzuzeigen. Darauf aufbauend werden Untersuchungen der räumlichen Wahrnehmung von landschaftlichen Veränderungen und deren Einfluss auf die räumliche Identität von Bevölkerungsgruppen an Standorten mit Nuklearerfahrungen und weiteren Vergleichsfällen durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Notwendigkeiten einer partizipativen Ausgestaltung eines langfristigen Governance-Prozesses, der sowohl raum- als auch zeitsensibel ist und folglich alle Phasen der technologischen Implementierung im Blick hat (Standortauswahl, Bau- und Betriebsphase, Monitoring- und Verschlussphase), werden in Form von Handlungsempfehlungen herausgearbeitet.



**Modul 3:** „Konzeptionelle Grundlagen und Basisinformationen“ (UK-A&O, KIT-ITAS, ÖI, TUBS-iBMB)

Ziel des Modul 3 ist eine strategisch ausgerichtete Zuarbeit zu spezifischen Fragen und transdisziplinären Formaten der Module 1 und 2.

### 3.4 Arbeitsprogramm

**Modul 1:** „Pfadabhängigkeit als Risiko und Herausforderung“ (KIT-ITAS, KIT-INE, ÖI)

Im Kontext mit Handlungsfähigkeit besitzt der Risikobegriff mehrere Bedeutungen. Risiko verweist nicht auf Gefahren, sondern auch auf Chancen. Diese Chancen beinhalten jedoch nur ein Versprechen – ein Versprechen, das u. U. nicht eingelöst werden kann. In diesem Zusammenhang ist die Situation dann für die agierenden Akteure sozial gefährlich. Diese mehrfach komplizierte Situation ist bekannt. Sie wird fachlich als Debatte über notwendige Robustheit und Offenheit in westlichen demokratischen Gesellschaften geführt, die sowohl die Wissenssoziologie als auch die Science-and-Technology-Studies und die interdisziplinäre Technikforschung einbindet. Sich kontinuierlich auf einen Pfad zu bewegen, verspricht Robustheit. Gleichzeitig verstellt diese Ausrichtung den Blick auf Handlungsoptionen und auch immer wieder auf plausible Alternativen.

**M1-AP 1:** *Sicherung von Handlungsfähigkeit im Standortauswahlverfahren und der Betriebsphase* (KIT-ITAS, KIT-INE, ÖI, UK-A&O)

Das TAP-Modul prüft Fragestellungen, die im Kontext des neuen Standortauswahlverfahrens mit seinen Kriterien Reflexivität, Reversibilität und Rückholbarkeit von besonderer Bedeutung sind. Dazu gehören sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die prozeduralen Anpassungen, die im Verlauf des stufenweisen Vorgehens vorgenommen werden (Blum 2014).

Fragestellungen: (1) An welchen Punkten des Verfahrens bieten sich Haltepunkte zur Überprüfung des schrittweisen Vorgehens an? (2) Welche Herausforderungen sind durch das schrittweise Vorgehen und die Option, auch Rückschritte vorzunehmen, zu erwarten? Welche Lösungen sind möglich? (3) Welche Effekte hat die Diskussion über Entscheidungsalternativen und Haltepunkte sowie das übergeordnete Prinzip der Reversibilität auf die Erreichung des Ziels des StandAGs, in etwa drei Jahrzehnten ein Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle zu eröffnen?

**M1-AP 2:** *Technische und verfahrenstechnische Komponenten von Entsorgungspfaden und deren Nebenfolgen* (KIT-INE, KIT-ITAS, ÖI, TUBS-iBMB)

Für die Behandlung von Pfadabhängigkeiten ist zum einen die Verzahnung von Infrastruktur-, Strahlenschutz- und Betriebssicherheitsaspekten verschiedener Komponenten des

Entsorgungspfad zu analysieren. Zum anderen sind die Themen einer Balance zwischen Betreibern von Zwischen- und Tiefenlagern auf der einen Seite und unabhängigen sowie starken Genehmigungs- und Aufsichtsinstitutionen auf der anderen zu bearbeiten. Es werden Haltepunkte definiert, an denen der Sicherheitsstatus überprüft werden sollte und ein Dialog mit der Bevölkerung angestrebt wird (hierfür Mitarbeit im DIPRO-Workshop F: Was lernen wir aus der Transdisziplinarität für die Standortsuche?).

Fragestellungen: (1) Welche Nebenfolgen haben Entscheidungen an Haltepunkten? (2) Welche technischen Sachzwänge werden identifiziert? (3) Welche anlagentechnischen Alternativen gibt es und welche Monitoringkonzepte können der Entscheidungsvorbereitung dienen? (4) Welche „Nebenfolgen“ haben plausible Handlungsalternativen an Haltepunkten (z. B. interdisziplinäre Doktorarbeit am KIT-INE) und ihre Auswirkungen auf Infrastrukturanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Rückholbarkeit? (5) Wie müssen Oberflächenanlagen ausgestaltet werden, die die notwendigen Arbeitsschritte bei einer Rückholung berücksichtigen? (6) Welche Erkenntnisse liefert die aktuelle Diskussion um Oberflächenanlagen im Schweizer Verfahren und inwiefern können diese auf den deutschen Fall übertragen werden?

Folgende Arbeitsschritte sind in Modul 1 vorgesehen:

- a) Literaturrecherche
- b) Experteninterviews zu den technischen, institutionellen und soziotechnischen Aspekten des Entsorgungspfad
- c) Leitfaden-Interviews mit Vertretern von Anlagen zum Umgang mit hochradioaktiven Abfällen, relevanten Behörden, Zwischenlager-Betreibern und anwendungsorientierten Forschungsinstitutionen
- d) Leitfaden-Interviews mit Akteuren aus dem Schweizer Verfahren
- e) Ingenieurtechnische Analyse der Konzepte obertägiger Anlagen der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle
- f) Entwicklung von Entscheidungskriterien und -prozessen sowie Handlungsempfehlungen

## **Modul 2:** „Raumwirkungen und Governance“ (ÖI, KIT-ITAS)

### **M2-AP 1:** *Raumwirkungen und die Ausprägung räumlicher Identitäten (ÖI)*

Die Untersuchung von Raumwirkungen komplexer Infrastrukturen in der Tiefe und an der Oberfläche ist angesichts des aktuellen Standes der deutschen Entsorgungspolitik notwendig, da erwartbare Betroffenheit bei der Standortauswahl wie bei Errichtung und Betrieb eines Tiefenlagers und der dazugehörigen Oberflächenanlagen sowie damit einhergehenden weitergehenden Veränderungen der Landschaft von besonderer Bedeutung sind. Diese räumlichen Veränderungen bestimmen ortsspezifische Gegebenheiten und kollektive Identitäten, die wiederum die Wahrnehmung dieser Veränderungen entscheidend beeinflussen.

Fragestellungen: (1) Welche Formen des Wandels räumlicher Wahrnehmung gibt es generell in Bezug auf infrastrukturelle Veränderungen von Landschaften? (2) Wie verändern sich räumliche Wahrnehmungen in den verschiedenen Phasen der technologischen Implementierung von Entsorgungsinfrastruktur? (3) Können Typen der räumlichen Identität für Entsorgungsinfrastrukturen identifiziert werden, die Rückschlüsse für Handlungsempfehlungen in einem Governance-Prozess ermöglichen?

**M2-AP 2: Governance und Partizipation in Betroffenheitsräumen (KIT-ITAS, ÖI)**

Anknüpfend an M2-AP 1 zeigt das Konzept der Long-term Governance die Möglichkeiten der Kooperation und Koordination auf. Hier wird Partizipation als ein Schlüsselaspekt in einem solchen Governance-Konzept begriffen, um auch räumliche Kontexte umfassend berücksichtigen zu können.

Fragestellungen: (1) Wie muss eine partizipative Governance ausgestaltet sein, um Partizipation in allen Phasen des Entsorgungspfades zu gewährleisten? (2) Welche Herausforderungen stellen sich hier und welche Möglichkeiten der Lösung derselben bieten sich an? (3) Wie kann eine solche Governance frühzeitig implementiert werden? Welche Voraussetzungen müssen hierfür geschaffen werden?

**M2-AP 3: Raumplanerische Konzepte für Entscheidungsvorbereitung und Foresight (KIT-ITAS, ÖI)**

Nachfolgend entwickelt das Modul M2-AP 3 konkrete raumplanerische Konzepte zur Gestaltung eines raum- und zeitsensiblen sowie partizipativen Governance-Prozesses in der Entsorgungspolitik, die sowohl für die Entscheidungsvorbereitung an Haltepunkten als auch der vorausschauenden Planung (Foresight-Entwicklung) dienen. Hierbei sollen diese raumplanerischen Konzepte jeweils eine größtmögliche Gemeinwohlorientierung aufweisen und entsorgungspolitische Herausforderungen benennen.

Fragestellungen: (1) Wie müssen konkrete raumplanerische Konzepte ausgestaltet sein, die eine raum- und zeitsensible Governance berücksichtigen? (2) Welche Voraussetzungen müssen diese erfüllen, um an Haltepunkten der Entscheidungsvorbereitung zu dienen und eine mögliche Foresight-Entwicklung mit zu berücksichtigen?

Folgende Arbeitsschritte sind in Modul 2 vorgesehen:

- a) Literaturstudie und anschließende Experten-Interviews zu Raumwirkungen von kerntechnischen Entsorgungsanlagen
- b) Leitfaden-Interviews zum Thema Raum und Identität im Kontext kerntechnischer Entsorgungsanlagen mit Stakeholdern sowie Bürgerinnen und Bürger
- c) Qualitative Inhaltsanalyse (Mayring 2010) der Interviews und Identifikation von Typen (Kelle und Kluge 2010) von kollektiven, räumlichen Identitäten in verschiedenen Phasen der technologischen Implementierung

- d) Transdisziplinäre Fokusgruppe zu Anforderungen an eine raumsensible, partizipative Long-term Governance
- e) Konzept für eine raumsensible, partizipative Long-term Governance an kerntechnischen Entsorgungsanlagen mit transdisziplinärem Workshop mit Bürgern und Stakeholdern.
- f) Synthese der Ergebnisse aus Modul 2

**Modul 3:** „Konzeptionelle Grundlagen und Basisinformationen“ (UK-A&O, KIT-ITAS, ÖI, TUBS-iBMB)

Modul 3 liefert mit seinen fünf vertiefenden Zuarbeiten Basisinformationen zu den Modulen 1 und 2. Sie werden aus inhaltlichen Gründen vom transdisziplinären Forschungsprozess getrennt. Die Zuarbeit erfolgt strategisch ausgerichtet zu Zwischenberichten und transdisziplinären Formaten.

**M3-AP 1:** *Expertendissens und Laienwissen (KIT-ITAS)*

Für die Fortsetzung der neuen Entsorgungspolitik (nach StandAG und den Vorschlägen der Endlagerkommission) besitzen Koordinations- und Kooperationsprozesse für die Endlager-Governance besondere Bedeutung. Da im Rahmen dieser Governance fachpolitische Entscheidungen wissenschaftsbasiert getroffen werden sollen, ist bereits heute zu reflektieren, welche Form des Inputs aus Expertenkommissionen, akademischer Wissenschaft und Nichtspezialisten in das neue stufenweise Standortauswahlverfahren integriert werden. Dabei ist nicht nur zu berücksichtigen, wie Laien und Spezialisten sich verständigen und sich gegenseitig über Erwartungen und gangbare Wege informieren (Hesse 1998), vielmehr geht es auch darum, wie Wissenschaftssoziologie und Technikfolgenabschätzung die Verhältnisse zwischen Akademie, Experten, semiprofessioneller Öffentlichkeit, Staatsbürgern und kompetenten Laien betrachten (Sutter 2005, Weingart 2006).

Forschungsfrage: Welche Fokussierungen und Problemwahrnehmungen verschiedener kollektiver Akteure sind zu erwarten? Welche Koordination ist erfolgversprechend? Welchen Einfluss haben dabei neue Konzepte wie „citizen science“ (Finke 2014) oder „Transformative Wissenschaft“ (Schneidewind et al. 2016)?

**M3-AP 2:** *Sicherheits- und Fehlerkultur in komplexen technischen Systemen (UK-A&O, KIT-ITAS)*

Die sichere Planung von Prozessen ist das Thema des Forschungsteams der Arbeits- und Organisationspsychologie der Universität Kassel. Sicherheitsrelevante Entscheidungsfindung in Organisationen besitzt besonders in einem flexiblen Verfahren mit Haltepunkten und der grundsätzlichen Option von Rückschritten besondere Bedeutung, da Kritiker bei soziotechnischen Entscheidungen oft ein erhebliches Maß an Unsicherheit und eindimen-

sionalem Denken an den Tag legen (Dörner 1997). Hier liefert die Forschung zu technischen Systemen, die fehlerfrei arbeiten müssen (z. B. Flugsicherung), wichtige Erkenntnisse (Sträter 2005). Mit einer anspruchsvollen Sicherheits- und Fehlerkultur und einem entsprechenden Methodeninventar erreicht eine Organisation Kompetenzen, um typischen Fehlentwicklungen präventiv entgegenzuwirken oder rechtzeitig zu erkennen, dass eine Fehlerkorrektur möglich wird (Sträter 2018).

Zielgruppen dieser Grundlagenforschung, deren Grundmuster und Professionalität zu reflektieren sind, sind Betreiber- und Gutachterorganisationen sowie Aufsichtsbehörden ebenso wie Ausführende und Zulieferer. Strategisch ist zu untersuchen, welche Auswirkungen Strukturen eines offenen Umgangs mit Fehlern und strategisch schwierigen Situationen auf die Entscheidungsfindung bei Beschreiten eines nuklearen Entsorgungspfades haben. Wie lassen sich gute sicherheitsgerichtete Entscheidungen treffen? So lautet die Forschungsfrage. Dabei sind solche Entscheidungen geprägt von unterschiedlichen Problemstellungen (wie beispielsweise Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Anforderungen und Eigenschaften bei den beteiligten Organisationen) wie auch der großen Zahl sehr unterschiedlicher Entscheidungsträger.

***MP3-AP 3: Fallstudie zur Platzierung von Oberflächenanlagen bei der Tiefenlagerung in der Schweiz (ÖI)***

Zur aktuellen Diskussion in der Schweiz über die Lage und Ausprägung der Oberflächenanlagen eines Tiefenlagers arbeiten Öko-Institut unter Mitarbeit von INE und iBMB und betrachten Möglichkeiten zur Übertragung von Erfahrungen auf Deutschland: Dazu gehören eine vertiefte Reflexion, wie externe Erwartungen im Entscheidungsverlauf aufgegriffen werden und wie die komplementäre fachliche Prüfung geschieht; die Auseinandersetzung mit einschlägigen Meilensteinen, Handlungsalternativen und Abwägungsprozessen zur Reversibilität von Entscheidungslagen (Ansatz: Analyse der Lagerkonzepte in überörtägigen Anlagen, strategische Vorausplanung, Rückholbarkeit in der Offenhaltungsphase des Tiefenlagers).

***M3-AP 4: Ansätze für umfassende Gestaltung von Endlagerbauwerken und Grundlagen für eine prospektive Reflexion (TUBS-iBMB, KIT-ITAS, ÖI)***

Unterschiedliche bestehende nationale und internationale Konzepte für oberörtägige kern-technische Anlagen werden eingangs analysiert. Als Beispiel dient die aktuelle Diskussion in der Schweiz über die Lage und Ausprägung der Oberflächenanlagen eines Tiefenlagers. Ebenso wird der in Deutschland stattfindende Dialog im Fachforum Zwischenlagerung (s. o.) verfolgt und, soweit eine Übertragbarkeit auf die im Rahmen des TAP formulierten Fragestellungen erkennbar ist, interdisziplinär ausgewertet (in Kooperation mit M1-AP 2).

Besonders geeignete Konzepte für die jeweiligen Anlagenteile werden ausgewählt und auf ihre Anwendbarkeit in der obertägigen Anlage eines Endlagers überprüft und ggf. angepasst. Es folgt die Visualisierung der Bauwerke unter Berücksichtigung der Vorkehrungen für das Monitoring und die Rückholbarkeit. Die Konsequenzen für den Materialbedarf und die Baukosten aus der bautechnischen Anpassung an die räumlichen Gegebenheiten und das einzulagernde Inventar werden in Fallstudien untersucht. Dabei wird der komplette Lebenszyklus der Bauwerke betrachtet. Wesentliches Element ist dabei ein lernfähiges Lebenszyklusmanagementsystem, aufbauend auf dem vorhandenen Wissensstand, mit dem zu jedem Zeitpunkt der aktuelle bauliche Zustand der Infrastruktur bewertet werden kann. Diese Informationen können dann an etwaigen Haltepunkten im weiteren Entscheidungsprozess berücksichtigt werden.

***M3-AP 5: Verfahrensrechtliche und planungswissenschaftliche Herausforderung eines Verfahrens „Denken in Alternativen“ (KIT-ITAS)***

Handelt es sich bei diesem Konzept um einen Irrweg oder eine plausible Innovation? Das Konzept „soziotechnischer Prozess“ wird als Teil eines wissenschaftsbasierten Elements integriert (Kallenbach et al. 2018). Darauf aufbauend werden analytische Betrachtungen für Navigation unter Bedingungen der Ungewissheit und dem Einbezug wissenschaftlicher Daten angestrebt (KIT-ITAS, LUH-IW).

Expertenzentrierte Formate finden in den Projektjahren 1 und 2 statt, Laien und interessierte Öffentlichkeit werden in den Jahren 3 und 4 hinzugezogen. Die Einschätzung der Handlungsfähigkeit in einem reversiblen Verfahren ist dabei in Abstimmung von Öffentlichkeit und Spezialisten weiterzuentwickeln. Die TAP-spezifischen transdisziplinären Methoden und ihre Formate werden den inhaltlichen Fachfragen angepasst.

Zentraler Bestandteil der Ergebnissynthese in HAFF sind die jährlichen HAFF-Workshops (ohne Gäste), in denen die Team-Verantwortlichen Impulsvorträge auf der Grundlage übersichtlicher Berichte zu den jeweiligen Zwischenergebnissen der verantworten Module halten. In Gruppendiskussionen (nach Friedrichs 1990) werden dabei Ergebnisse zusammengefasst.

### 3.5 Meilensteine

- M1: Konzept für Sicherung der Handlungsfähigkeit (mit Literaturlauswertung)
- M2: Bericht zu den Experteninterviews
- M3: Zwischenbericht Prospektive Raumplanung
- M4: TD-Format
- M5: Verknüpfung Konzept Handlungsfähigkeit / Transfer Zwischenergebnisse M1-AP 2
- M6: Gemeinsamer Zwischenbericht Modul 1
- M7: Endbericht M1-AP 2 zu Reversibilität und Nebenfolgen für die Infrastruktur
- M8: Konzept Raumwirkungen und Identität
- M9: Endbericht M2-AP 1 zu Raumwirkungen und Identität
- M10: Konzept Governance und Partizipation
- M11: Endbericht M2-AP 2 zu Governance und Partizipation
- M12: Raumplanerische Konzepte und Foresight
- M13: Ergebnisse Literaturstudie Expertendissens und Laien
- M14: Endbericht Sicherheits- und Fehlerkultur
- M15: Ergebnisse Fallstudie Schweiz
- M16: Zwischenbericht Gestaltung Endlagerbauwerke
- M17: Endbericht Gestaltung Endlagerbauwerke
- M18: Endbericht Denken in Alternativen
- M19: Integrierter Zwischenbericht und Kooperation mit DIPRO
- M20: Robuste Zwischenergebnisse zu Handlungsfähigkeit und Reversibilität
- M21: Endbericht HAFF gesamt

	Jahr 1 Quartal:				Jahr 2 Quartal:				Jahr 3 Quartal:				Jahr 4 Quartal:				Jahr 5 Quartal:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
HAFF Modul 1																				
M1-AP 1				M1				M2				M3			M4					
M1-AP 2					M5							M6				M7				
HAFF Modul 2																				
M2-AP 1							M8									M9				
M2-AP 2									M10							M11				
M2-AP 3											M12									
HAFF Modul 3																				
M3-AP 1					M13															
M3-AP 2											M14									
M3-AP 3						M15														
M3-AP 4								M16					M17							
M3-AP 5													M18							
Integri- ation der Ergeb- nisse										M19						M20				M21

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

Im Transdisziplinären Arbeitspaket „Safety Case: Stakeholder-Perspektiven und Transdisziplinarität“ (TAP SAFE) arbeiten die Disziplinen Endlagerforschung (TUC-IELF), Technikfolgenabschätzung (KIT-ITAS), Multiphysikalische Simulation (TUC-LfDG), Radioökologie (LUH-IRS), interdisziplinäre Risikoforschung (risicare), Organisationspsychologie (UK-A&O), Umweltpsychologie (ÖI) und Sozialpsychologie (LUH-IRS) mit. Eine Kooperation mit Spezialisten für Sicherheitsanalyse der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH ist vorgesehen (im Unterauftrag).

Innerhalb des Vorhabens TRANSENS sind folgende Kooperationen vorgesehen:

- Gerechtigkeit und Trade-offs in Zusammenhang mit Monitoring und Sicherheit (TRUST und DIPRO)
- Ungewissheiten (TRUST)
- Normative Aspekte mit Sicherheitsbezug (DIPRO)
- Transdisziplinäre Fallstudie und Lehrveranstaltung im Studium Generale (EDU)

##### 4.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz

Das Konzept des Safety Case (SC) für Endlager ist 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-Spezialisten in Bezug auf den in Deutschland einzuschlagenden Entsorgungsweg anzupassen oder weiterzuentwickeln ist und damit die Diskurs- und Beratungsfähigkeit verbessert werden kann. Dabei sind immer auch normative Aspekte zu behandeln: Welche Argumente gibt es für den Einbezug von Sichtweisen von Nicht-Spezialisten in Sicherheitsuntersuchungen, welche sprechen dagegen? Hierbei sind die konkret in Deutschland vorgesehenen prozessualen Abläufe und die Eigenlogiken risikobezogener Debatten an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Forschung, Massenmedien und Öffentlichkeit zu beachten.

Im Laufe der Debatte um die Endlagerung radioaktiver Abfälle wurde bereits frühzeitig aus Teilen der interessierten Öffentlichkeit Kritik an der Vorgehensweise beim Nachweis der Langzeitsicherheit geübt (vgl. etwa Appel 2000). Diese Kritik betrifft neben der Methodik auch Paradigmen wie das der passiven Sicherheit (Schröder et al. 2016), das des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) (Mehnert 2016) oder das des Betrachtungszeitraums von einer Million Jahren

(<https://www.bundjugend.de/endlagerung/>, zuletzt besucht am 13.03.2019). Aus der Literatur wie auch aus den Erfahrungen der Antragsteller ergibt sich, dass insbesondere die Möglichkeit, Sicherheit für eine Million Jahre zu gewährleisten und zu zeigen, häufig angezweifelt wird und dass in diesem Zusammenhang, aber auch aus anderen Gründen, dem Konzept der passiven Sicherheit der Wunsch nach langfristiger aktiver Überwachung gegenübergestellt wird.



Massive Kritik wurde z. B. im Fall der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) auch hinsichtlich der handelnden Personen geäußert (vgl. z. B. <https://wendland-net.de/post/rechtshilfe-gorleben-der-atomfilz-und-die-sicherheitsanaly-32031>, zuletzt besucht am 1.8.2018). Vorbehalte gegen das Werkzeug SC *per se* manifestierten sich zuletzt in den Kontroversen um die Sicherheitsuntersuchungen in der Endlagerkommission selbst (Endlagerkommission 2016, Sondervotum Zdebel) sowie in der Kommentierung ihrer Ergebnisse (Mehnert 2016). Aus dieser Historie ergibt sich, dass die Verwendung des Konzepts des SC zur Konzipierung von Sicherheitsuntersuchungen und ihre Anwendung im Standortauswahlverfahren auch künftig Gegenstand von Kontroversen sein wird, die das Verfahren beeinträchtigen könnten.

Die Relevanz für Nicht-Spezialisten ergibt sich im Standortauswahlverfahren aus der vom StandAG vorgesehenen wichtigen Rolle von Sicherheitsuntersuchungen bei Auswahlentscheidungen. Die Zugänglichkeit für Nicht-Spezialisten ist nach Auffassung der Antragsteller einerseits durch die oben zitierten (und weitere) Veröffentlichungen und andererseits durch Erfahrungen aus dem Vorhaben ENTRIA (Schülerveranstaltungen „Endlagerung und Mathematik“ der TU Clausthal 2016 und 2018, Speeddating „Langzeitsicherheitsnachweis“ im Rahmen der Veranstaltung „Radioaktiver Abfall – was nun? Befragen Sie ENTRIA!“ 2017) belegt.

Es wird angestrebt, wissenschaftliche Grundlagen als Beitrag zur Lösung des Problems der Standortauswahl speziell hinsichtlich der dabei vorgesehenen Sicherheitsuntersuchungen zu schaffen bzw. weiterzuentwickeln: Das SC-Konzept wird die Grundlage der Sicherheitsuntersuchungen in dem stufenweisen Standortauswahlverfahren sein. Die transdisziplinäre Forschung zum SC soll die Stärken und Grenzen des Konzepts herausarbeiten und zeigen, was es für eine Sicherheitsdiskussion interessierter Akteure beitragen kann. Dabei wird gleichzeitig geprüft, welche Rolle es als professionelles Tool in einem transparenten Verfahren einnehmen kann.

## 4.2 Stand von Wissenschaft und Technik

Werkzeuge und Methoden des Safety Case (SC) wurden in nationalen Vorhaben sowie in Projekten der EU und der OECD/NEA entwickelt (Cadelli et al. 1988, Hirsekorn et al. 1991, Cadelli et al. 1996, Baudoin et al. 1999, Galson und Richardson 2011, OECD/NEA 2012, OECD/NEA 2013). Die Methodik ist weit entwickelt und in Sicherheitsstandards der IAEA verankert (IAEA 2011, IAEA 2012). In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich der SC zu einem starken Werkzeug entwickelt, das erfolgreich zur Stützung von Entscheidungen zu Gesetzgebungsverfahren, zum Endlagerkonzept, zur Standortauswahl und zur Genehmigung in den verschiedenen nationalen Endlagerprogrammen Anwendung findet (OECD/NEA 2013).

In Deutschland wurde aufbauend auf früheren Forschungsvorhaben erfolgreich ein geschlossenes Sicherheits- und Nachweiskonzept für Endlager im Steinsalz erstellt und er-

probt (Krone et al. 2008), das eine der methodischen Grundlagen der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben war (Fischer-Appelt et al. 2013) und im Vorhaben KOMTESSA (FKZ 02E10719 und 02E10729) weiterentwickelt wurde. Konzepte und methodische Grundlagen für die Wirtsgesteine Tonstein und kristallines Hartgestein wurden in einer Reihe von Forschungsvorhaben erarbeitet (vgl. insbesondere Jobmann et al. 2017 und Jobmann et al. 2016). Die methodischen Grundlagen und Konzepte sind an den gegenwärtig gültigen Sicherheitsanforderungen (BMU 2010) ausgerichtet. Forschung zur vergleichenden Bewertung von Endlagersystemen erfolgte bislang im BfS-Vorhaben VerSi (Vergleichende Sicherheitsanalysen) (Fischer-Appelt und Baltés 2010), auch auf die Erfahrungen im Schweizer Sachplanverfahren kann diesbezüglich zurückgegriffen werden. Im naturwissenschaftlich-technischen Bereich ergeben sich in methodischer Hinsicht in den nächsten Jahren in Deutschland folgende Herausforderungen:

- Das StandAG fordert in den Schritten des Verfahrens vorläufige Sicherheitsuntersuchungen als ganzheitliche Entscheidungsgrundlage. Deren Methodik ist ausgehend vom Konzept des SC und im Hinblick auf eine vergleichende Bewertung bei unterschiedlicher Informationslage (je nach Phase des Auswahlverfahrens) zu entwickeln (DAEF 2017).
- Hierbei ist zu berücksichtigen, dass dem StandAG entsprechend gegenwärtig Verordnungen zu Sicherheitsanforderungen sowie zu Sicherheitsuntersuchungen erstellt werden. Die Sicherheits- und Nachweiskonzepte sind entsprechend anzupassen bzw. weiterzuentwickeln.

Darüber hinaus ergibt sich eine besondere Herausforderung hinsichtlich der Akzeptabilität von Sicherheitsuntersuchungen im gesellschaftlichen Prozess der Standortauswahl. Es besteht zunächst das Erfordernis einer adäquaten Kommunikation über die Inhalte des SC bzw. von Sicherheitsuntersuchungen (Hocke und Röhlig 2014, OECD/NEA 2017).

Von den verschiedenen Akteuren im Verfahren werden jedoch möglicherweise unterschiedliche Wahrnehmungsmuster und Risikoansichten vertreten (Renn et al. 2007, Marti 2016), die z. B. durch Framing-Effekte sowie die Komplexität der Fragestellung und mit ihr verbundene Unsicherheiten und Ambiguität bzgl. der Bewertung von potentiellen (z. B. radiologischen) Konsequenzen bedingt sein können (Renn 2014). Daher ist darüber hinaus von Interesse, ob und in wie weit die dem bestehenden Konzept des SC zugrunde liegenden Paradigmen und Methoden auch im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung als valide Entscheidungsbasis anerkannt werden, und ob eine aktivere Beteiligung von Stakeholdern an der Konzeption und Erstellung von Sicherheitsuntersuchungen oder SCs zu einem gemeinsamen Verständnis und damit zur Akzeptabilität des Gesamtverfahrens mit seinen Zwischenschritten beitragen kann (Röhlig und Hocke 2016, Röhlig und Eckhardt 2017). Hierzu wird auch argumentiert, dass eine solche Beteiligung zur Verbesserung der Sicherheitskultur beitragen könne (Baudé und Hériard Dubreuil 2017). Es stellt sich die Herausforderung transdisziplinärer Forschung zur Nachweismethodik, also einer „Wissensproduktion unter Modus 2“, die problemorientiert zusätzliche Wissensbestände – insbe-

sondere aus dem nicht akademischen Raum – hinzuzieht (Modus 2) (Nowotny 2011). Saltelli und Funtowicz (2014) plädieren im Hinblick auf einen adäquaten Umgang mit Ungewissheiten für die Einbeziehung von „stakeholder viewpoints“. Kahnemann (2011, Kap. 13) diskutiert das Spannungsfeld zwischen dem (für ihn unerwünschten) Einfluss „irrationaler Ängste“ auf Strategien einerseits und der Notwendigkeit, die Bevölkerung nicht nur vor „realen“ Gefahren, sondern auch vor Ängsten zu schützen andererseits. Er merkt allerdings auch an, dass das differenzierte Risikoverständnis breiter Kreise der Öffentlichkeit politische Entscheidungen bereichern könne und in demokratischen Entscheidungsprozessen berücksichtigt werden solle.

#### 4.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes SAFE

Über Ansätze zur „Kommunikation des Safety Case (SC)“ (OECD/NEA 2017) hinausgehend, sollen Potentiale und Gründe für Dissens zum SC herausgearbeitet, unterschiedliche Ansichten jenseits der Fachwelt identifiziert und eingeordnet und der Bezug zu technischen Inhalten hergestellt werden. Änderungswünsche bzgl. wissenschaftlich-technischer Ansätze sollen systematisch, klar und konstruktiv formuliert, Änderungsbedarf erkannt und wissenschaftlich-technisch sowie im Hinblick auf Verfahrens- und Planungssicherheit bewertet werden. Durch den Test im Diskurs erfolgt ein Beitrag zur Qualitätssicherung des Konzepts des SC und möglicherweise zu dessen Weiterentwicklung. Möglichkeiten und Grenzen wissenschaftlich-technischer Bewertung werden herausgearbeitet und Vorschläge zur Optimierung der SC-Elemente formuliert. Die Beteiligten erhalten Möglichkeiten zur Strukturierung von Konflikten und eventuell zur Auflösung von Dissens oder sogar zu einem gemeinsamen Verständnis des Konzepts.

Mit den so formulierten Vorschlägen entsteht ein potentieller Beitrag zur Konfliktlösung. Im Einzelnen sind folgende Fragen zu betrachten:

1. In welchem Verhältnis steht der SC als Instrument mit seiner Rolle, seinen Prämissen, organisatorischen Voraussetzungen und Inhalten zu den Erwartungen der interessierten Öffentlichkeit?
2. Welche Wahrnehmungsmuster (Renn et al. 2007) und Framing-Effekte (Renn 2014) stehen im Vordergrund? Welche Heurismen (z. B. Gedankenanker, Verfügbarkeit, Repräsentationsschluss, Affekt-Heurismus nach Renn 2014) sind von Bedeutung?
3. Welche zentralen Paradigmen, Aspekte des Sicherheits- und des Nachweiskonzepts und Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen bzw. des SC werden von Stakeholdern und in der interessierten Zivilgesellschaft als relevant angesehen und wie wird ihre Rolle im Standortauswahlverfahren eingeschätzt?
  - Zentrale Paradigmen (z. B. passive Sicherheit / Wartungsfreiheit, Bewertungszeitraum) und ihr Bezug zu Weltsicht- und Wertefragen sowie Interessensfragen als Konfliktebene der Risikopartizipation

- Aspekte des Sicherheits- und Nachweiskonzepts, z. B. Einschluss durch unterschiedliche Barrieretypen, Redundanz und Diversität, Konservativitäten, Szenarien, numerische Modellierung und Indikatoren, Umgang mit Ungewissheiten / Vertrauensbildung, Umgang mit Wahrscheinlichkeitsaussagen (Renn 2014), generelle Ausrichtung des Safety Case auf den Nachweis der Sicherheit
  - Ergebnisse, z. B. Verwendung von Dosis-ähnlichen Größen zur Sicherheitsbewertung, Aussagen zum Verhalten von Barrieren und zur Robustheit
  - Rolle von Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren und Bezug zu Kriterien des Standortauswahlgesetzes
4. Wie können Ungewissheiten, die von Menschen verursachten Entwicklungen (Future Human Actions, Human Intrusion) in näherer und fernerer Zukunft betreffen, differenzierter als bisher in den SC einbezogen werden?
5. Herausarbeiten der Möglichkeiten, über einen transdisziplinären Ansatz zu Änderungen oder Ergänzungen bezüglich der Gestaltung des SC zu gelangen. Im Einzelnen sind folgende Fragen zu betrachten:
- Wie sind die sicherheitsrelevanten Vor- und Nachteile von Monitoring zu bewerten und gegeneinander abzuwägen (Kooperation mit den TAP TRUST und DIPRO)?
  - Wie werden Leistungsprofil, Kompetenz und Erfahrung sowie Integrität der beteiligten Institutionen, sowohl aufseiten der Planung und Umsetzung als auch aufseiten der Aufsicht und Genehmigung wahrgenommen? Wie werden sie bzgl. der „Kriterien zur Zuschreibung von Vertrauenswürdigkeit“ (Renn 2014, Tab. 12) eingeschätzt? Welche Anforderungen sind an die Sicherheitskultur dieser Institutionen und möglicher partizipativer Foren / Gremien zu stellen?
  - Wie kann aktive Partizipation im SC transdisziplinär gestaltet werden? Welche Möglichkeiten bestehen zu Ausrichtungen kommunikativer Konzepte für den Safety Case?
  - Wie sollten diese Änderungen oder Ergänzungen ausgestaltet werden?
6. Kann die Integration von Risikoabschätzung und –wahrnehmung und damit die Akzeptabilität des Standortauswahlprozesses durch gelebte diskursive Beteiligung am SC gefördert werden?

Mit den geplanten Forschungsarbeiten sollen wissenschaftliche Grundlagen geschaffen werden, die einen Beitrag zur Standortauswahl als lernendes Verfahren und zur Prozessgestaltung als selbsthinterfragendes System leisten können. Dies bezieht sich insbesondere auf die im StandAG vorgesehenen Sicherheitsuntersuchungen. Es wird die Möglichkeit eröffnet, den Bedürfnissen der interessierten Öffentlichkeit entgegenzukommen und damit zur Verminderung von Konflikten im Verlauf des Standortauswahlverfahrens beizutragen.

#### 4.4 Arbeitsprogramm

Zentrale Forschungsfragen sind:

- Welche Paradigmen, Gegenstände und Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen werden von Stakeholdern und interessierten Laien als relevant angesehen?
- Führt ein transdisziplinärer Ansatz zu Änderungen oder Ergänzungen bezüglich der Gestaltung des Safety Case?
- Wie sollten diese Änderungen oder Ergänzungen ausgestaltet werden?

Ausgehend von der Prämisse, dass dem existierenden Konzept des SC diskursive Verfahren der Typen 1 (innerhalb der agierenden Institutionen) und 2 (zwischen den Institutionen) (nach Renn et al. 2007) zu Klärungen auf der Wissensebene zugrunde liegen, sollen in einem gestuften Vorgehen unterschiedliche Akteursgruppen in die transdisziplinäre Forschung einbezogen werden, um so die drei Konfliktebenen der Risikopartizipation (Wissensebene, agierende Institutionen, Weltsicht- und Wertefragen, Renn et al. 2007) sowie Interessenfragen zu adressieren: Im Rahmen der analytischen Vorbereitung werden zunächst Akteure mit Erfahrungen zum Werkzeug SC zur Strukturierung der weiteren Arbeit herangezogen (Typ 3, externe Experten). Davon ausgehend wird dann in transdisziplinären empirischen Untersuchungen über die Gruppe der Spezialisten hinausgegangen:

- In mindestens zwei Veranstaltungen wird sich die AGBe mit den Grundlagen des SC-Konzeptes auseinandersetzen und Meinungen, Kritiken, Wünsche und Empfehlungen formulieren (stellvertretend für eine Beteiligung der Öffentlichkeit, Typ 5).
- Parallel dazu wird das Konzept Gegenstand der TD-Fallstudie (ETH-TdLab) sowie der Lehrveranstaltung im Studium Generale des EDU-Moduls 8 sein (stellvertretend für eine Beteiligung der Öffentlichkeit, Typ 5).
- Beteiligte aus der Schweiz (beratende Expertenkommissionen, Fachgruppen Sicherheit, kantonale Experten) und Deutschland (rekrutiert z. B. aus Teilnehmern der Regionenworkshops der Endlagerkommission, NGO-Beratern) werden in Dialogformaten durch Spezialisten-Input informiert und formulieren Meinungen, Kritiken, Wünsche und Empfehlungen (betroffene Personengruppen, Typ 4).

Die Ergebnisse und ggf. die Schlussfolgerungen zur Erweiterung des Konzepts des SC werden dann zum Abschluss des Vorhabens der Kritik von Spezialisten und weiteren sozialen Akteuren ausgesetzt, anschließend reflektiert und ggf. modifiziert. Die Ergebnisse werden in einer zu publizierenden Dissertation zusammengefasst.

**TAP-Modul SAFE 1: Analyse (TUC-IELF, KIT-ITAS, risicare, GRS / angefragt, UK-A&O)**

Es erfolgt eine Analyse und Synthese zu folgenden Fragestellungen:

Welche Erfahrungen gibt es international mit SC-Konzepten in den verschiedenen Phasen von Entsorgungswegen? In welchem Verhältnis steht der SC als Instrument mit seiner

Rolle, seinen Prämissen und Inhalten zu den Erwartungen der interessierten Öffentlichkeit?

Welche einheitlichen oder unterschiedlichen Wahrnehmungsmuster und Verständnisse des SC-Konzepts sind damit jeweils in verschiedenen Ländern verbunden? Welche Hintergründe bestehen, welche Reibungen und Probleme entstanden im Lauf der Entsorgungsprogramme? Ergeben sich Hinweise für mögliche Verbesserungen?

Folgende Methoden kommen zum Einsatz:

1. Desk Research: Erfahrungen mit SC-Konzepten in den verschiedenen Phasen von Entsorgungswegen (international, ausgewählte Beispiele). Paradigmen der Sicherheitsuntersuchungen und des SC nach Kommissionsbericht, BMU-Sicherheitsanforderungen, OECD- bzw. IAEA-Papieren, nationalen Sicherheitsberichten. (TUC-IELF, GRS)
2. Literaturstudie zu Ungewissheiten, abgestützt auf Publikationen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (unter anderem von internationalen Organisationen wie OECD/NEA), Resilienzforschung, Zukunftsforschung und weiteren Gebieten. Strukturierte Interviews mit Gesprächspartnern, die über Expertenwissen (wissenschaftliche Expertise bzw. Erfahrungswissen) zum Thema „Ungewissheiten“ verfügen. (risicare)
3. Bestandsaufnahme zur Rolle der Sicherheits- und Aufsichtskultur bei Vorhaben zur Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle sowie zu Aspekten der Sicherheits- und Aufsichtskultur bei der Entsorgung, die in der Zivilgesellschaft kritisch reflektiert wurden und werden, vorwiegend mit einer Literatur- und Internetrecherche. (UK-A&O)
4. Zusammenstellung zu Szenarien: Wie werden diese abstrakt definiert, kategorisiert und bestimmten Untersuchungen zugeordnet, welche konkreten Szenarien werden in einzelnen Berichten betrachtet? (TUC-IELF, GRS)
5. Zusammenstellung von Botschaften und Informationen sowie deren Darstellungen (Indikatoren, Abbildungen) in Sicherheitsbetrachtungen. (TUC-IELF, GRS)
6. Literaturrecherche (Quellen: Berichte von Interessengruppen, mediale Darstellungen, Umfragen, wissenschaftliche Veröffentlichungen von Nicht-Spezialisten): Welche Vorstellungen und Erwartungen werden in Zusammenhang mit der Sicherheit von Tiefenlagern geäußert, insbesondere hinsichtlich der unter 1.-3. genannten Gesichtspunkte? Wie werden diese begründet? (KIT-ITAS)

**TAP-Modul SAFE 2: Synthese und Konzept (KIT-ITAS, TUC-IELF, risicare, ÖI, UK-A&O)**

1. Systematische Gegenüberstellung von TAP-Modul SAFE 1, 1.-3. einerseits und 4. andererseits: Gemeinsamkeiten / Unterschiede, Schnittmengen / disjunkte Mengen. (TUC-IELF, KIT-ITAS)
2. Fokusgruppe mit ausgewählten Akteuren mit Erfahrungen zum Tool SC, z. B. BGE, Forschungseinrichtungen, Behörden, Politik, NBG, Fachverbände: Welche zentralen

Botschaften des SC sollten Gegenstand transdisziplinärer Forschung werden? Zusammenstellung von normativen Aspekten und Argumenten. (KIT-ITAS, Kooperation mit TAP DIPRO)

3. Konzepte und Wahrnehmung von Ungewissheiten, Ansätze zum Umgang mit Ungewissheiten sowie kritischer Diskurs von Ungewissheiten bei der Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle unter Spezialisten und in bzw. mit der Zivilgesellschaft, insbesondere im Kontext von Standortauswahlverfahren. (risicare)
4. Auswirkungen von Rahmenbedingungen und übergeordneten Arbeitsebenen auf die Ausführung des SC und auf sicherheitsrelevante Entscheidungen. Wechselwirkungen im Bereich von Sicherheit und Sicherung (Safety und Security). (UK-A&O)
5. Methodisches Konzept für eine fokussierte empirische Untersuchung: Fragestellung, Präsentationsformen, Methodenentwicklung (TUC-IELF, KIT-ITAS, risicare, Öl)

***TAP-Modul SAFE 3: Transdisziplinäre Kommunikation und Auswertung (Experiment) (KIT-ITAS, TUC-IELF, TUC-LfDG, risicare, Öl, UK-A&O, GRS)***

Auf der Basis des in SAFE 2 entwickelten Konzepts erfolgt transdisziplinäre Forschung zu folgenden drei Hauptfragestellungen:

Welche Rahmenbedingungen und organisatorischen Voraussetzungen müssen aus der Sicht von Stakeholdern und Zivilgesellschaft gegeben sein, damit ein SC als akzeptabel betrachtet werden kann?

Welche Paradigmen, Gegenstände und Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen bzw. des SC werden von Stakeholdern und in der interessierten Zivilgesellschaft als relevant angesehen? Welche sollten es nach Auffassung der Spezialisten sein? Welche Stärken und welche Schwächen messen Spezialisten und Nicht-Spezialisten dem Werkzeug zu?

Wie stellen sich Nachweis-Charakter, Zeitrahmen, Grenzwerte, Wahrscheinlichkeitsklassen, Optimierungsgedanke, Einschluss-Gedanke (einschlusswirksamer Gebirgsbereich bzw. technische und geotechnische Barrieren) etc. für verschiedene Akteure dar? Sind sie angreifbar? Mit welchen Gründen?

Wie können Ungewissheiten, die von Menschen verursachte Entwicklungen (Future Human Actions, Human Intrusion) in näherer und fernerer Zukunft betreffen, differenzierter als bisher in den SC einbezogen werden? Wie sollten diese Änderungen oder Ergänzungen ausgestaltet werden?

Es werden folgende Formate zur Datenerhebung in zwei aufeinander folgenden Runden genutzt:

- Mindestens zwei Workshops mit AGBe
- EDU-Modul 8 TD-Fallstudie sowie Lehrveranstaltung im Studium Generale
- Dialogformat über Gruppe der Spezialisten hinaus, mit Spezialisten-Input. Beteiligte aus der Schweiz (beratende Expertenkommissionen, Fachgruppen Sicherheit,

kantonale Experten) und Deutschland (rekrutiert z. B. aus Teilnehmern der Regionen-Workshops der Endlagerkommission, NGO-Beratern)

- Parallel: kontinuierlicher Austausch mit dem „Uncertainty Management Multi-Actor Network“ (UMAN) im Rahmen des Joint Programming der EU (Leitung des Topic “Meaning for different actors of uncertainty management and of its relationships with risk, safety and the safety case”, Beteiligung am Topic “Methods for a pluralistic assessment of uncertainties and their management along the disposal programme”)
- Abschluss-Workshop mit Anmeldung: Spezialisten (vgl. SAFE 1) (Einladung auch an die interessierte Öffentlichkeit)

***TAP-Modul SAFE 4: Ergebnisdarstellung von Modellrechnungen, Indikatoren, Ungewissheiten (TUC-IELF, risicare, ÖI)***

Die im Vorhaben ENTRIA entwickelte Softwareplattform ReSUS (Li 2015, Ghofrani 2016) soll im Hinblick auf ihren Einsatz im TAP SAFE weiterentwickelt und Hinweise zur Gestaltung der Nutzer-Schnittstellen (Dateneingabe, Ergebnisdarstellung, Berücksichtigung von Ungewissheiten) aus der transdisziplinären Forschung des TAP aufgenommen werden. Dies soll im Hinblick auf Wahrnehmungen zu Modellrechnungen und insbesondere zu Unsicherheitsanalysen sowie zu deren Kommunikation erfolgen. ReSUS wird entsprechend im Modul SAFE 3 in der AGBe sowie in der Arbeit mit MSc-Studierenden eingesetzt.

Hintergrund: Einerseits sind deterministische und probabilistische Modellrechnungen essentieller und zentraler Bestandteil des Safety Case, andererseits ist bislang ungeklärt, welche Wahrnehmungen bzgl. der Rolle solcher Rechnungen in der interessierten Öffentlichkeit bestehen. Ungewissheiten werden zwar in Diskussionen immer wieder thematisiert, im Modul soll jedoch geklärt werden, in welchem Bezug die Behandlung von Ungewissheiten im SC im Allgemeinen und im Bereich der Modellierung im Besonderen (u. a. mit probabilistischen Methoden) zu den Risikoansichten und Erwartungen der interessierten Öffentlichkeit steht und welche Formen der Darstellung von Ergebnissen sinnvoll sind (Kooperation mit TRUST). In Zusammenarbeit mit anderen Arbeitspaketen werden Fragen der Modellvereinfachungen und konservativer Annahmen sowie der Verwendung von verschiedener Sicherheits- und Verhaltensindikatoren zur Diskussion gestellt.

***TAP-Modul SAFE 5: Analyse des langzeitigen Systemverhaltens von Tiefenlagern (TUC-LfDG)***

Generelle Zielsetzung dieses AP ist es, für generische Tiefen-/Endlagerkonfigurationen im Salinar- und Tonsteingebirge die raumwirksamen und sicherheitstechnischen Konsequenzen aus der im Rahmen des Vorhabens ENTRIA vorgeschlagenen konfigurativen Gestaltung des 2-söhligen Tiefen-/Endlagersystems zu ermitteln und die möglicherweise notwendigen trade-offs dem transdisziplinären Diskurs im Modul SAFE 3 in der AGBe sowie



in der Arbeit mit MSc-Studierenden zu unterwerfen. Dabei stehen im Mittelpunkt die optimierte Ausgestaltung der Tiefen-/Endlagerkonzeption mit Blick auf den Erhalt der Barrierenintegrität und die Sicherheitsdokumentation im Rahmen des SC.

Als Teilziele des Moduls sind zu nennen:

- Ermittlung und Darstellung des zusätzlichen Bedarfs an untertägigem Raum innerhalb des ewG durch das Zweisohlen-Endlagerbergwerk und Diskurs zu den Konsequenzen für die Standortauswahl (Kooperation mit TAP DIPRO und TRUST),
- Ermittlung und Darstellung der Auswirkungen der zusätzlichen Beanspruchungen infolge des Zweisohlen-Endlagerbergwerks auf den Erhalt der Barrierenintegrität und Diskurs diesbezüglicher trade-offs (Kooperation mit TAP DIPRO und TRUST),
- Optimierung der Visualisierung orts- und zeitbezogener Zustandsgrößenentwicklungen im Hinblick auf Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit.

### ***TAP-Modul SAFE 6: Die Rolle der radioökologischen Modellierung im SC (LUH-IRS)***

Bei einer Sicherheitsanalyse sind im Bereich des Fernfelds radioökologische Modelle notwendiger Bestandteil (Förderprogramm 3.1). Es erfolgen Berechnungen für eine „effektive Dosis“ aufgrund potentiell austretender Radionuklide für z. B. die repräsentative Person, die als Sicherheitsindikator verwendet wird.

#### *Teilziele des Moduls*

- Desk Research: Sichtung der bereits bestehenden Modelle im deutschen gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerk und Auswertung speziell des Grundwasserpfads hinsichtlich Überkonservativitäten mit speziellem Fokus auf der Verwendung des  $k_D$  Konzeptes.
- Eine realistischere Dosismodellierung versprechen Prozessverständnis auf mikroskopischer Ebene und der sogenannte probabilistische Ansatz des  $k_D$  Konzeptes (SMART KD Brendler 2018). Exemplarische Fälle des Transports im Boden sollen untersucht und modelliert und in Zusammenarbeit mit der AGBe iterativ projektbegleitend bewertet werden, ob mehr Realismus in den Modellierungen einen positiven Einfluss auf die Wahrnehmung hat.
- Die Dosisabschätzung – selbst wenn sie nur als Indikator verwendet wird – erfordert Annahmen über Klima-, Nutzungs-, Lebens- und Verzehrsgewohnheiten. Diese haben für die ferne Zukunft erhebliche Unsicherheiten. Deren Einfluss und Wahrnehmung soll mit der AGBe hinterfragt und beraten sowie in einem Workshop mit Wissenschaftlern, aber auch z. B. Fachverbänden und Vertretern aus Politik und Aufsichtsbehörden eventuell Alternativen erarbeitet werden.
- Üblicherweise werden ausgesprochene „worst-case“ Szenarien, die im Safety Case betrachtet werden, nicht als solche, sondern gefühlt als wahrscheinliche Entwicklung wahrgenommen (Diskussion um den  $10\mu\text{Sv}$ -Grenzwert). In die gleiche Richtung geht die Wahrnehmung von den in 1-3 genannten Überkonservativitäten.

In einer Studierendenumfrage (in EDU Modul 8) soll die Ausprägung dieser Wahrnehmung erhoben und in zwei abschließenden Sitzungen mit der AGBe erarbeitet werden, wie diesem Eindruck begegnet werden kann.

***TAP-Modul SAFE 7: Lösungsorientierte Berichterstattung und Empfehlungen (TUC-IELF, KIT-ITAS, risicare, Öl, LUH-IRS, UK-A&O)***

Aufgrund einer fortlaufenden Beobachtung der Arbeiten in den Modulen SAFE 2 und SAFE 3 durch das Öl erfolgt in Zusammenarbeit mit dem UK-A&O eine Auswertung aus psychologischer und sozialpsychologischer Sicht. Dies wird in einem Bericht dokumentiert.

Im Rahmen des Promotionsvorhabens (TUC-IELF) erfolgt eine Berichterstattung zu folgenden Themen:

- Welche Möglichkeiten ergeben sich, über einen transdisziplinären Ansatz zu Änderungen oder Ergänzungen bezüglich der Gestaltung des SC und damit zu einer besseren Integration von Risikoabschätzung und -wahrnehmung zu gelangen?  
Synthese zu Ungewissheiten  
Empfehlungen zur Weiterentwicklung von SCs, Dokumentation der Erkenntnisse in allgemein zugänglichen Publikationen
- Welche Tools und Ausrichtungen kommunikativer Konzepte sind für den SC zu entwickeln? Welche Informationen sollten dargestellt werden? Wie sollten sie aufbereitet werden? Welche Sicherheits-, Verhaltens- und Funktionsindikatoren sollten kommuniziert werden? In welcher Tiefe sollte eine Kommunikation hierüber stattfinden?

#### 4.5 Meilensteine

- M1 Fokusgruppe: Monat 6
- M2 Zwischenbericht SAFE 1 Punkte 1-3: Monat 12
- M3 Zwischenbericht SAFE 1 Punkt 4: Monat 12
- M4 Konzept empirische Untersuchungen: Monat 15
- M5 Datenerhebungen (Durchführung): Monat 18
- M6 Datenerhebungen (Auswertung): Monat 24
- M7 Datenerhebungen (Runde 2, Durchführung): Monat 27
- M8 Datenerhebungen (Runde 2, Auswertung): Monat 33
- M9 Workshop: Monat 36
- M10 Dissertation: Monat 42
- M11 Feedback-Runde mit an Datenerhebungen Beteiligten, Publikation(en): Monat 51
- M12 Input zur Schnittstellengestaltung für Fokusgruppe
- M13 Modifikation Schnittstellengestaltung
- M14 Modifikation Schnittstellengestaltung
- M15 Modifikation Schnittstellengestaltung
- M16 Neugestaltung Schnittstellen
- M17 Input für TD-Formate (Modellergebnisse, Visualisierung)
- M18 Input für TD-Formate (Modellergebnisse, Visualisierung)
- M19 Abschlussbericht Systemverhalten / soziotechnisch fokussierte Sicherheitsdokumentation
- M20 Zwischenbericht Recherche
- M21 Parameter RÖ-Modelle
- M22 Smart  $k_D$
- M23 Berichterstattung Radioökologie
- M24 Bericht: Bewertung der Ergebnisse der empirischen Untersuchungen aus psychologischer und sozialpsychologischer Sicht: Monat 54
- M25 Abschlussbericht: Monat 60

	Jahr 1 Quartal:				Jahr 2 Quartal:				Jahr 3 Quartal:				Jahr 4 Quartal:				Jahr 5 Quartal:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SAFE 1				M 2, 3																
SAFE 2					M 4															
SAFE 3		M 1				M 5				M 7				M 9				M 11		
SAFE 4		M 12						M 13			M 14						M 15			M 16
SAFE 5					M 17			M 18												M 19
SAFE 6		M 20								M 21						M 22				M 23
SAFE 7								M 6			M 8			M 10				M 24		M 25

## 5. Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen (TAP TRUST)

Während das generelle Vertrauen in Deutschland (politisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich) sich im europäischen Mittelfeld bewegt (Enste und Möller 2015), war das Vertrauen in Akteure im Bereich der Nukleartechnik bzw. der nuklearen Entsorgung zumindest in der Zeit vor dem StandAG jedoch deutlich unter dem europäischen Durchschnitt (Datenerhebung 2009) (Eurobarometer324 2014). Der Begriff Akteure umfasst alle Personen, Gruppen und auch Institutionen, die in die Problematik der Entsorgung radioaktiver Abfälle eingebunden oder hiervon betroffen sind. Der Begriff ist daher umfassender zu verstehen als der Terminus Stakeholder, der sich auf eine bestimmte Gruppe von Akteuren bezieht, nämlich diejenigen, die ein bestimmtes Interesse bezogen auf die Thematik verfolgen. Ein ähnlicher Mangel an Vertrauen wird auch für die Informationskanäle, Entscheidungsprozesse und Konzepte im technischen Bereich der nuklearen Entsorgung beobachtet.

Im transdisziplinären Arbeitspaket „Technik, Unsicherheiten, Komplexität und Vertrauen“ (TAP TRUST) arbeiten die Disziplinen transdisziplinäre Forschung (ETH-TdLab), Radioökologie und Strahlenschutz, Sozialpsychologie (LUH-IRS), Ingenieurwissenschaften (TUBS-IGB) und Geomechanik (TUC-LfDG). Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit SAFE sowohl inhaltlich (z. B. Fragen hinsichtlich der Rolle von Unsicherheiten) als auch organisatorisch (Einbindung der AGBe bei gemeinsamen Veranstaltungen).

Ein erfolgreich verlaufender Prozess von der Standortsuche bis zur Einlagerung der Abfälle und Verschluss eines geologischen Tiefenlagers bedarf aber, wie jedes großtechnische Vorhaben, eines Mindestmaßes an Vertrauen in die Akteure. Dieses TAP widmet sich diesbezüglich exemplarisch zwei kritischen Aspekten: (1) Wie kann sehr frühzeitig ein vertrauensvolles Verhältnis zwischen Akteuren und Bevölkerung hergestellt werden, das als Grundlage des ganzen weiteren Prozesses dienen kann? (2) Wie kann aus soziotechnischer Sicht die potentiell erforderliche Rückholung im Rahmen der zurzeit in Deutschland favorisierten Option *Endlagerung mit Reversibilität* mit der Möglichkeit der Fehlerkorrektur (Endlagerkommission 2016) technisch vorgeplant und ihre Notwendigkeit faktisch im Tiefenlager identifiziert werden?

### 5.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz

Damit eine hochtechnisierte Gesellschaft funktionieren kann, braucht es eine gut strukturierte Arbeitsteilung. Das impliziert, dass bestimmte gesellschaftliche Aufgaben an Institutionen und Personen delegiert werden müssen, die über das notwendige Sachwissen verfügen. Ein Beispiel dafür ist die fachgerechte Entsorgung nuklearer Abfälle. Das setzt Vertrauen derjenigen, die nicht über das notwendige Sachwissen verfügen (das sind die meisten Bürgerinnen und Bürger), in diejenigen voraus, welche diese Expertise haben, weil diese stellvertretend für eine gesamte Gesellschaft Sicherheit gewährleisten müssen. Vertrauen in die involvierten Akteure spielt daher bei sicherheitsrelevanten Themen wie der Entsorgung des nuklearen Abfalls eine zentrale Rolle.

Dieses Vertrauen in die Experten und Institutionen ist nicht per se gegeben, sondern wird u. a. wesentlich durch den wahrgenommenen Sachverstand sowie Integrität, Unabhängigkeit, Transparenz etc. der handelnden Experten/Institutionen bestimmt und aufgebaut. Vertrauensaufbau (und Halten des Vertrauens) wird bei einem so kontrovers diskutierten Thema, das mitunter auch emotional aufgeladen ist, sehr schwierig. In TAP TRUST wird daher untersucht, welche Wege neben (oder gar als Alternative zu) der Erzeugung, Vermittlung und Beurteilung von Wissen dem Vertrauensaufbau förderlich sind. Hier kommt vor allem das transdisziplinäre Element des Co-Designs zum Einsatz.

Der Einbezug von Bürgerinnen und Bürgern wird vielfach gefordert, aber beim Thema nukleare Entsorgung nur punktuell praktiziert. Jegliches Beteiligungsverfahren hat aber immer auch eine Grenze, jenseits derer legitimierte Entscheidungsträger – wie der Deutsche Bundestag, Gerichte, aber auch z. B. Mitarbeiter der Bundesbehörden – Entscheidungen fällen. Akzeptiert werden (können) solche Entscheidungen mitunter nur bei Vorhandensein von Vertrauen in die an den Verfahren beteiligten Institutionen und Akteure sowie in die Technik selbst. Auf das Thema nukleare Entsorgung bezogen betrifft dies den künftigen Zeitraum der Errichtungs-, Einlagerungs- und Betriebsphase und in noch stärkerem Maße den Entscheidungsprozess im Falle einer Rückholung. Für diese künftigen Phasen des Entsorgungspfades, die nach den jetzt bereits laufenden Vorbereitungen zur Standortauswahl anschließen und bereits Einfluss auf die Standortfindung haben, muss die Grundlage für dieses Vertrauen jetzt schon geschaffen werden. Dazu müssen Instrumente erarbeitet werden, die in Zukunft erfolgversprechend zur Anwendung kommen, um dieses Vertrauen in Verbindung mit adäquaten Beteiligungsverfahren zu gewährleisten.

Das Setting bietet Raum für den folgenden transdisziplinären Forschungsansatz:

Das TAP TRUST sieht vor, durch den Verbund von ingenieurtechnischen und naturwissenschaftlichen sowie sozialwissenschaftlichen Disziplinen Akteuren aus der Bevölkerung und idealerweise auch Akteuren und Institutionen aus dem Feld nuklearer Entsorgung eine transdisziplinäre Plattform zu einem soziotechnischen Themenkorridor zu schaffen. Ziel ist, das Zusammenwirken dieser Akteure besser zu verstehen und gleichzeitig Wege aufzuzeigen, wie und unter welchen Bedingungen Vertrauen gewonnen werden kann.

Dabei kommt den technischen Disziplinen eine Doppelrolle zu. Zum einen schaffen sie notwendiges Grundlagen-Wissen für das bessere Verständnis der oben angesprochenen Errichtungs- und Einlagerungsphase und der möglicherweise erforderlichen Rückholung; zum anderen sind sie Teil des zu untersuchenden Zusammenwirkens von naturwissenschaftlich-technischer Expertise, systemimmanenten Ungewissheiten, Kommunikation, Öffentlichkeitsbeteiligung und Vertrauen.

### *Leitfragen des Themenkorridors*

- Wie spielen technik- und zeitbedingte Unsicher- und Ungewissheiten sowie Vertrauen in der nuklearen Entsorgung zusammen (und welche Implikationen ergeben sich für die damit verbundenen Entscheidungsprozesse)?

- Eine wichtige sozialwissenschaftliche Frage ist die nach der Rolle des Vertrauens in Akteure und aufsichtführende Stellen. Besondere Komplexität erhält der Themenkomplex beim Anwendungsfall nukleare Entsorgung durch die mit den immens langen Zeiträumen zusammenhängenden Unsicherheiten. Dabei muss nicht einmal an die 1 Million Jahre der Sicherheitsanforderungen gedacht werden. Schon der über viele Jahrzehnte bis zu einem Jahrhundert dauernde Zeitraum der Standortauswahl, Inbetriebnahme bis hin zum Verschluss eines Endlagers ist kaum überschaubar. Welche Implikationen hat das auf Wahrnehmung und Verhalten der betroffenen Akteure? Welche Einschätzungen ergeben sich bzgl. der „Kriterien zur Zuschreibung von Vertrauenswürdigkeit“ (Renn 2014, Tab. 12, vgl. auch TAP SAFE, Kap. 4.3)? In TAP TRUST soll mit dem Modell einer Einbeziehung von Bürgern in Messungen der Umweltradioaktivität erprobt und beobachtet werden, ob eine solche kontinuierliche Mitarbeit und die auf diese Weise erreichbare Praxiserfahrung vertrauensfördernd wirken kann.
- Auf naturwissenschaftlich-technischer Seite stellen sich Fragen, wie per se schon technisch komplexe Sachverhalte in Verbindung mit systemimmanenten (inhaltlichen und zeitlichen) Unsicherheiten und Ungewissheiten im Ablauf technisch-naturwissenschaftlicher Prozesse kommuniziert und behandelt werden können. Hier im TAP TRUST wird dies behandelt am Beispiel der zum Monitoring eines Endlagers notwendigen Modelle und Techniken.
- Zusammenfassend heißt das für TAP TRUST: Wie kann Ingenieur- und naturwissenschaftliche Forschung gestaltet werden, damit sie im Verbund mit sozialwissenschaftlichen Forschungsansätzen und unter Einbezug weiterer Akteure aus der allg. Bevölkerung im Sinne der Vertrauensbildung unter den Akteuren bei der nuklearen Entsorgung einen Mehrwert erzeugt?

### *Sichtweisen und Wertungsspielräume, Konfliktpotential*

Vertrauen ist ein vielschichtiges Konzept, und der Begriff wird entsprechend uneinheitlich verwendet (Chrysochoidis et al. 2009). Vertrauen hängt u. a. von individuellen Faktoren des Betrachters, der Charakteristik des Risikos, der Informationsquelle, der Institution usw. ab. Einige postulieren z. B. auch, dass der Grad an Vertrauen auch mit der Übereinstimmung der Wertesysteme zu tun hat (Siegrist et al. 2000): Je mehr eine Person von einer Institution oder anderen Person wahrnimmt, dass sie für ein ähnliches Wertesystem steht wie sie selbst, desto mehr vertraut sie ihr. Wertesysteme sind eher stabil und wandeln sich nicht schnell. Jedoch kann durch intensive, gleichberechtigte (!) Zusammenarbeit die Erkenntnis reifen, dass man zumindest partiell Wertesysteme teilt. Z. B. kann man die gleichen Schutzziele für die Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe fordern, unabhängig davon, ob man Kernenergienutzung befürwortet oder ablehnt (Seidl et al. 2013).

Diejenigen, die in den transdisziplinären Forschungs-Prozess von TAP TRUST eingebunden werden, könnten im günstigen Fall eine solche Erfahrung machen. Das wäre neben dem besseren Verständnis des Zusammenspiels von technischer Expertise, Partizipation,

Kommunikation und Vertrauen ein Zusatznutzen, von dem das weitere Verfahren profitieren kann.

Offizielle Messstellen und Betreiber werden oft von den Akteuren in der Gesellschaft eher kritisch wahrgenommen. Z. B. wurden in Gorleben auch Daten der GNS angezweifelt. Erst nachdem Vertreter der Bürgerinitiativen selbst Messungen durchführen durften und deren (Ortsdosisleistungs-)Werte sogar niedriger als die des Betreibers lagen, konnte der Streit beigelegt werden (Schulze 2013). In diesem Punkt zeigte sich besonders die Notwendigkeit langfristiger gemeinsamer Messungen, da die gemessene Neutronendosis über den Anteil kosmogener (natürlicher) Neutronen stark vom 11-jährigen Sonnenzyklus dominiert wurde. Ein Anstieg, der rein natürliche Ursachen hatte, wurde aufgrund von Unkenntnis dieser Tatsache als eine erhöhte Dosis aus dem Zwischenlager interpretiert. Eine Sensibilisierung für diese natürlichen Schwankungen ist am besten durch langjährige und kontinuierliche Messungen der Bevölkerung selbst zu erreichen.

Das Konzept der geologischen Tiefenlagerung hochaktiver Abfälle wird international in Fachkreisen und auch in der Bevölkerung mehrheitlich als beste Option gesehen (Jin 1994, Meserve 2004, Rempe 2007, Filbert et al. 2008, NEA 2008, Eurobarometer297 2014). Während die Einlagerungs- bzw. Betriebsphase noch nicht wirklich Gegenstand der öffentlichen Debatte ist, wird die mögliche Rückholung der Abfälle im Falle des Versagens des Lagerkonzepts durchaus öffentlich diskutiert (insbesondere durch Asse 2). In der Schweiz hat der heftige Widerstand rund um den geplanten Standort Wellenberg zur Planung einer prinzipiellen Rückholbarkeit im künftigen Schweizer Lagerkonzept geführt (EKRA 2000). Entscheidend ist, wie die technische community mit der Diskrepanz zwischen gesellschaftlicher Wahrnehmung und Wissenschaftsmodell umgeht. Dies scheint eine zentrale Frage, wenn es darum geht, Vertrauen zwischen Wissenschaft und gesellschaftlichen Akteursgruppen und auch in die beteiligten Institutionen herzustellen.

Ein weiterer möglicher Grund für Misstrauen ist, dass technische Systeme sich oft anders verhalten als prognostiziert. Die Ursachen für derartige Abweichungen finden sich oftmals in vereinfachenden Modellvorstellungen, die aber notwendig sind, da sich reale Systeme infolge Kenntnislücken, Datendefiziten und Komplexität einer naturgetreuen Abbildung entziehen. Simplifizierungen der realen Situation in Modellen machen die Aufgabenstellung zwar handhabbar, es bestehen aber Ungewissheiten hinsichtlich der Realitätsnähe der gefundenen Lösung. Weitere Ungewissheiten ergeben sich aus der natürlichen Bandbreite der Eigenschaften von Materialien, insbesondere des Wirtsgesteins. Diese Art von Ungewissheit ist natürlich nur dann akzeptabel, wenn alle innerhalb einer gewissen Bandbreite möglichen Entwicklungen die vorgegebenen Sicherheitsanforderungen (z. B. BMU 2010) erfüllen.



### *Relevanz und Zugänglichkeit für Nicht-Spezialisten*

Die im Rahmen des TAP TRUST zu bearbeitenden Themen werden nicht nur akademischen Wert für eine kleine hochspezialisierte Gruppe von Nuklearexperten haben. Die genauere Erforschung des Vertrauens als Prozess und das oben erwähnte Zusammenspiel mit anderen Faktoren ist relevant für den weiteren Entscheidungsprozess beim Thema Endlagerung, aber auch generisch für andere soziotechnische Bereiche wie der Gentechnologie, Klimaänderung oder autonomes Fahren. Die TAP-Aktivitäten können bestenfalls mehrere Tausend Personen erreichen. Einige werden dabei vertieft in das Thema miteinbezogen und können als Multiplikatoren wirken.

Im Rahmen des transdisziplinären Ansatzes soll durch gemeinsame Forschungen untersucht werden, in welcher Dimension systemimmanente Ungewissheiten existieren und welcher Grad an Unbestimmbarkeit akzeptabel ist. Es ist mit Nicht-Spezialisten auszuloten, ob ein Mehr an gemeinsam erarbeitetem Wissen zu einem Vertrauensaufbau oder, wie alternativ diskutiert, zu mehr Misstrauen führt (Fuchs 2000).

### *Lösungspotential*

Das (vermutete) Vertrauensdefizit in die Entsorgerinstitutionen, die Wissenschaft und in die sie repräsentierenden Personen – und hier sei nochmals betont, dass dieses zuerst empirisch genau bestimmt werden muss – lässt sich in der breiten Bevölkerung mit diesem Projekt nicht beheben. Das TAP TRUST liefert aber Grundlagen zur Lösung des (Vertrauens-)Problems. Es leistet auch direkt einen gesellschaftlichen Beitrag, indem es hier einen neuen Ansatz versucht, die Akteure in einen gemeinsamen Prozess zu bringen, der vertrauensaufbauend wirken kann und somit für den weiteren Entscheidungsprozess ein Modell darstellen kann.

## 5.2 Stand von Wissenschaft und Technik

Vertrauen ist ein psychologisches Konzept, das einer Person hilft, mit Unsicherheiten umzugehen. Es geht um die Erwartungen, die wir haben bzgl. dem Verhalten anderer Akteure, seien es Individuen oder Institutionen (Kasperson 2017).

Vertrauen wird in Zusammenhang mit Risikomanagement unterschiedlich verwendet. Chrysochoidis et al. (2009) destillierten in einem umfangreichen Review vier Elemente heraus: Demnach wird Vertrauen bestimmt oder beeinflusst durch: (1) Inhalt und Menge der vermittelten Information; (2) Art des Risikos und wie damit institutionell umgegangen wird; (3) institutionelle Charakteristiken wie z. B. Kompetenz, Wissen, Ehrlichkeit, Fairness; und (4) individuelle und kontextuale Charakteristiken wie z. B. Bildung, Haltung der Zukunft oder der Technik gegenüber, Wertegleichheit. Außerdem muss mit interindividuellen Unterschieden beim allgemeinen Vertrauen gerechnet werden. Nach (Sjöberg 2001) und auch (Siegrist et al. 2006) sehen Personen mit einem hohen Ausmaß an allgemeinem

Vertrauen und Vertrauen in Institutionen weniger (insbesondere technologische) Risiken als solche mit wenig Vertrauen.

Luhmann unterscheidet Vertrauen in Organisationen und Vertrauen in Individuen (Luhmann 1979). Vertrauen besteht auf der zwischenmenschlichen Ebene und auf der von bestimmten Personen unabhängigen Organisations- oder Systemebene und ist ein mehrstufiges Konstrukt. Wie diese beiden Ebenen gekoppelt sind und interagieren, ist eine noch kaum bearbeitete Frage (Six und Verhoest 2017). Zudem gibt es kaum Untersuchungen wie ein transdisziplinärer Forschungsansatz auf das Vertrauen, die Wahrnehmung und das Verhalten der beteiligten Akteure wirkt.

In TAP TRUST werden, wie im Themenkorridor erwähnt, die beiden exemplarischen Untersuchungsgegenstände Einbindung der Bevölkerung in die Umweltüberwachung und Rolle von Unsicherheiten bei Monitoring und den daraus erwachsenden Entscheidungen näher betrachtet.

Bisher existieren nur wenige Beispiele einer kontinuierlichen Einbindung der Bevölkerung in die Umweltüberwachung. Im Rahmen europäischer Projekte werden diesbezügliche Ansätze bearbeitet (ENGAGE 2018), insbesondere in Messungen nach einem nuklearen Unfall mit großen Freisetzungen (SHAMISEN\_SINGS 2018). Jedoch sind diese Ansätze sowohl was die Messtechnik (Smartphones) als auch die psychologischen Hintergründe betrifft nicht mit dem Einsatz bei der Entsorgung zu vergleichen. Dass das Instrument gemeinsamer Messungen außerordentlich erfolgreich eingesetzt werden kann, zeigte sich z. B. am Gelände der ehemaligen Nuklearwaffentests der Nevada National Security Site in den USA (Shafer und Hartwell 2011). Die Autoren gingen von der Beobachtung aus, dass gegenüber staatlichen Organisationen in den USA ein starkes Misstrauen, vor allem im nuklearen Sektor herrscht, andererseits unabhängig agierende Wissenschaftler, aber auch Freunde und Familienmitglieder hingegen als besonders vertrauenswürdig wahrgenommen werden (Eiser et al. 2009). Beide Gruppen wurden im sogenannten Community Environmental Monitoring Program (CEMP) zusammengeführt, in dem Bürger ausgebildet wurden, Messungen selbst durchzuführen. Es wird betont, dass der Vertrauensaufbau eine lange Zusammenarbeit erfordert. Übertragen auf die Endlagerung bedeutet dies, dass eine solche Maßnahme prozessbegleitend und mit viel Vorlauf erfolgen muss (Vahlbruch 2014), nicht nur bei der Umweltüberwachung, sondern auch bei einem eventuellen Monitoring des Endlagersystems. Es herrscht internationaler Konsens, dass Monitoring eines Endlagers während des gesamten Verlaufs des Endlagerprojekts durchzuführen ist (IAEA 2014). Auf europäischer Ebene wurde Endlagermonitoring im Forschungsvorhaben MoDeRn (2009-2013) und seinem Nachfolgeprojekt Modern2020 (2014-2018) bearbeitet (MoDeRN 2013, Modern2020 2018). Bei der Forschungsplattform MoDeRn wurden ein allgemeines Verständnis, Strategien, Konzepte sowie die Ansichten von Stakeholdern über Monitoring im Rahmen eines Endlagerungsprojekts entwickelt und dokumentiert. Auch auf die soziotechnische Komponente eines Monitoringprogramms wurde eingegangen (Bergmans et al. 2012). Verständnis in der Gesellschaft, Information und

Orientierungshilfe wurden als notwendig identifiziert, um die zukünftige Entwicklung des Monitoringprogramms zu unterstützen (White 2014).

Im Rahmen des Verbundes ENTRIA wurden generische Tiefenlagermodelle mit Berücksichtigung der Rückholbarkeit sowie eine Lösung für das Monitoring entwickelt (Stahlmann et al. 2018). Dabei wurde aufgrund des Erfordernisses integrierender Daten als Entscheidungsgrundlage aufgezeigt, dass nach derzeitigem Stand der Technik für eine Beobachtung des Nahfeldes Monitoringbohrungen erforderlich sind. Diese Arbeiten betrachten nur den Zeitraum bis zur Entscheidung für oder gegen eine Rückholung. Für die Betrachtung der konkreten Rückholung soll das Modell im Modul 3 konkretisiert werden. Rückholbarkeit wurde für deutsche Endlagerkonzepte in Steinsalz ASTERIX (Bollingerfehr et al. 2014), KOSINA (Kindlein et al. 2018), kristallinem Hartgestein CHRISTA (Jobmann et al. 2016) und Tonstein (Jobmann et al. 2017) berücksichtigt. Im Forschungsvorhaben ERNESTA werden die gebirgsmechanischen Prozesse bei der Rückholung bearbeitet (PTKA 2018). Bei der Modellweiterentwicklung werden diese Ergebnisse berücksichtigt und aufbereitet.

Darüber hinaus wurde in ENTRIA das fluiddynamische Langzeitverhalten der generischen Tiefenlagermodelle für die Wirtsgesteinsformationen Salinar- und Tonsteingebirge für verschiedene Szenarien im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht (Lux et al. 2017, Lux et al. 2018). Bei direktem Monitoring des Tiefenlagerverhaltens auf einer versetzten Einlagerungssohle durch Anordnung einer Überwachungssohle in Verbindung mit Monitoring- und Messbohrlöchern existieren die Nachteile einer nur indirekten Überwachung nicht. Allerdings bestehen bei der konkreten Ausformung einer derartigen Monitoringkonzeption noch Defizite hinsichtlich der technischen Ausgestaltung und den Bewertungsmaßstäben.

### 5.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes TRUST

Auch wenn der Bürger (Laie) ab einer gewissen Komplexität eines Vorhabens Entscheidungen und Ausführungen an Spezialisten und Repräsentanten abgibt, so muss er doch Gelegenheit gehabt haben und davon überzeugt sein, dass die wichtigen Fragen gestellt wurden und für ihn nachvollziehbare Antworten erarbeitet wurden. Ein Weg kann daher sein, die Öffentlichkeit in den (Forschungs-)Prozess einzubinden und gemeinsam mit ihr Fragen zu bearbeiten wie „Was bedeutet eine Rückholung radioaktiver Abfälle für die Sicherheit bzw. das Sicherheitskonzept?“ oder „Welches radiologische Risiko bestünde für Beschäftigte und Bevölkerung bei Umsetzung einer bestimmten Option im Vergleich zu einer anderen?“. Hinsichtlich der Gestaltung von zukünftigen Entscheidungsprozessen führt dies zu den Grundlagenfragen „Wie vertrauenswürdig sind die Messdaten (= Information) als Entscheidungsgrundlagen?“, „Wie vertrauenswürdig sind die messenden Akteure / Institutionen?“, „Wie vertrauenswürdig ist die entscheidende/informierende Institution?“ und „Welche Rolle spielt die Interaktion, der Austauschprozess zwischen diesen Akteuren und der allg. Bevölkerung?“

Die Möglichkeiten und Grenzen Vertrauen ermöglichender wissenschaftlicher Tätigkeit sollen durch eine Kollaboration mit der Bevölkerung eruiert werden. Hierzu ist u. a. und insbesondere die Einbindung von ca. 15 Personen in das Forschungsvorhaben als AGBe (keine Fachleute oder Interessenvertreter) vorgesehen. Diese dient dem Austausch mit den Naturwissenschaftlern und Ingenieuren zu technischen und nicht technischen Aspekten, welche bei der Wahrnehmung und Beurteilung von Institutionen und Expertentätigkeit insbesondere der Wissenschaft, vertrauensrelevant sind. Die AGBe soll in einen intensiven explorativen Dialog mit der Wissenschaft mit bidirektionalem Informationsfluss treten. Dabei wird untersucht, wie sich diese kollaborative Herangehensweise einerseits, und die unterschiedlichen Unsicher-/Ungewissheiten andererseits auf das Vertrauen auswirken. Die Untersuchung erfolgt dabei durch Beobachtung der Interaktionen zwischen den Wissenschaftlern und der AGBe. Dieses Zusammenspiel wird aus sozial-psychologischer Perspektive beleuchtet.

Die Ziele des TAP TRUST sind somit: (1) Untersuchungen zum Umgang mit Ungewissheiten und Unsicherheiten der technisch-naturwissenschaftlichen Entsorgungsforschung und Untersuchung der Vertrauensbildung am Beispiel (1a) Umweltmonitoring (Endlagerung) und (1b) Reversibilität (Rückholung) sowie (1c) Nahfeld-Monitoring (Tiefenlager-Fehlentwicklungsidentifikation) im Austausch mit und unter Einbezug der allg. Bevölkerung, hier der AGBe und weiteren technischen Experten; (2) Auslotung der Grenzen und Chancen dieser Wissens-Co-Produktion; und (3) Untersuchung der Wirkung (Wahrnehmung und Verhalten) des Zusammenspiels der beteiligten Akteure auf Vertrauen und Kommunikation.

Bei all diesen Aktivitäten insbesondere bei der aktiven Phase der AGBe sowie bei Design und Durchführung werden die TAP Wissenschaftler nicht nur an ihren naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen arbeiten, sondern aktiv in die Schnittstellenarbeit Wissenschaft-Gesellschaft eingebunden.

#### 5.4 Arbeitsprogramm

TAP TRUST umfasst vier Arbeitsmodule. Modul 1 reflektiert den übergreifenden Rahmen des gesamten TAP. Hier geht es ganz grundsätzlich um das Zusammenspiel von Wissenschaftlern und der allg. Bevölkerung und die Bedeutung von Vertrauen. Modul 2 beinhaltet die Beteiligung von Bürgern bei Erhebung und Auswertung von Umweltüberwachungsdaten; bei Modul 3 geht es um die gemeinsame Bestimmung der Ungewissheiten und Akzeptabilität bei bestimmten technischen Aspekten der Endlagerung/Rückholung, und Modul 4 umfasst den Diskurs zu Nahfeld-Monitoring bei der Endlagerung. Bei allen Modulen spielt die Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe) eine wichtige Rolle.

Mit der AGBe wird Mitgliedern der Zivilgesellschaft Deutschlands im Projekt TRANSENS eine aktive Rolle zuteil. Dieser Gruppe sollen Vertreter verschiedener Alterstypen, beiderlei Geschlechts sowie unterschiedlicher Berufe und Bundesländer angehören. Sie wird

aus einer Online-Startbefragung rekrutiert (s. u.). Wir rechnen damit, dass aus dem Start-sample (ca. 5000) etwa 50 bis 150 Personen Interesse zur Mitarbeit in der AGBe bekunden. Unter Anwendung bestimmter Kriterien (z. B. technisches Grundverständnis, Kommunikationsfähigkeit, etc.) werden in einem gestuften Verfahren die angestrebten ca. 15 Personen für die Mitwirkung in der AGBe ausgewählt. Dazu wird zuerst ein spezifischer Fragebogen an die Interessierten (aus der Online-Befragung) verschickt. Der Fragebogen umfasst Fragen zur Person, die über die in der Online-Befragung gestellten Fragen hinausgehen (zur Bereitschaft über einen längeren Zeitraum in einem Forschungsprojekt mitzuarbeiten, zu technischem Verständnis über das Thema, zu Arbeit in Gruppen, usw.), um ein Bild von den Personen zu erhalten. Aus diesen Angaben bzw. aus dem Sample der potentiell bereiten Personen wird dann eine mindestens doppelt so hohe Zahl wie die AGBe am Schluss aufweisen soll zu einem persönlichen Interview eingeladen und auf ihre Eignung für die AGBe beurteilt. Letzten Endes muss die Gruppe funktional zu den gestellten Aufgaben arbeiten können; eine volle Bevölkerungsrepräsentation lässt sich bei einer solch kleinen Gruppe nicht erreichen. Dass aber ein solches Selektionsverfahren funktionieren kann, wurde in der Schweiz bei einer Studie zu Werthaltungen in Zusammenhang mit nuklearer Entsorgung belegt (vgl. Seidl et al. 2013).

Die Gruppe wird im ersten Projektjahr konstituiert und bleibt über die gesamte Projektdauer aktiv. Die Gruppe hat vermutlich nicht in der gleichen personellen Zusammensetzung über die fünfjährige Projektzeit Bestand. Daher ist ein gestaffelter Ersatz von 2-3 Personen jährlich ab Ende Projektjahr 2 vorgesehen, um Kontinuität zu sichern. Die Mitglieder der AGBe werden für ihren Aufwand gemäß z. B. (GMBI 2002) entschädigt. Dieses Incentive ist unabdingbar, da sonst kaum Personen zu rekrutieren sind, die über längere Zeit Einsatz und Engagement zeigen. Die Entlohnung schafft zudem eine gewisse Verpflichtung, und Personen werden die an sie gestellten Aufgaben gewissenhaft wahrnehmen. Die Gruppe trifft sich mindestens zweimal jährlich im Rahmen der allgemeinen Projekttreffen über den gesamten Projektverlauf. Dazu kommen weitere Treffen von einzelnen Personen oder der ganzen Gruppe im Rahmen der Aktivitäten der nachfolgend dargestellten Module. Zur Vor- und Nachbereitung werden von der AGBe kleinere Aufgaben zu erledigen sein. Die Gruppe wird im konstituierenden Treffen über Ziele, Aufgaben- und Arbeitsweise instruiert. Die Gruppe arbeitet nicht autonom, sondern wird von Vertretern des TdLab und IRS sowie unter Mitarbeit von Repräsentanten der Module 2-4 angeleitet.

### **Modul 1** (*übergreifender Rahmen des TAP, Leitung ETH-TdLab und LUH-IRS*)

In einer frühen Phase nach Projektbeginn wird eine online-basierte Startbefragung zur Erhebung u. a. von Vertrauen im Kontext nuklearer Entsorgung (baseline) durchgeführt. Hauptziel ist, ein erstes fundiertes Bild bzgl. Vertrauen der Bevölkerung in Technik, Institutionen und Akteure der nuklearen Entsorgung zu erhalten. Es können auch andere für TRANSENS relevante Fragen erhoben werden. Angedacht ist ein möglichst repräsentatives Sample von ca. 5000 Personen (über ein Online-Panel, z. B. [www.respondi.com](http://www.respondi.com)).

Um die Möglichkeiten und Grenzen vertrauensschaffender wissenschaftlicher Tätigkeit zu verstehen und zu testen, werden die ca. 15 Mitglieder der AGBe in TRUST eingebunden (punktuell auch in TAP SAFE). Der AGBe kommt u. a. die Aufgabe zu, im Austausch mit den Naturwissenschaftlern und Ingenieuren Input zu liefern zu technischen und nicht technischen Aspekten. Zum Aufgabenspektrum der AGBe gehört auch, dass sie Bedeutung und Umfang von Unsicherheiten und Ungewissheiten der technisch-naturwissenschaftlichen Analyse aus Bevölkerungsperspektive beurteilt und unterschiedliche Formen wissenschaftlicher Kommunikation bewertet. Die AGBe wird zudem bei der Erarbeitung eines Programms zur Beteiligung von Betroffenen an Datenerhebung und Auswertung zur Umweltüberwachung einbezogen. D. h. die AGBe tritt in einen intensiven explorativen Dialog mit der Wissenschaft. Dabei wird untersucht, wie sich einerseits diese kollaborative Herangehensweise, und andererseits die unterschiedlichen Unsicherheiten und Ungewissheiten auf das Vertrauen auswirken. Die Messung erfolgt dabei durch Beobachtung der Interaktionen zwischen den Wissenschaftlern und der AGBe sowie über Einzelinterviews.

Da bei einer längeren Kollaboration unweigerlich auch Vertrauen durch den Prozess der Kollaboration selbst entsteht, werden die Erkenntnisse dieses explorativen Vorgehens in einem zweiten Schritt (ab ca. Mitte der Projektlaufzeit) in einem experimentellen Setting getestet. Teilnehmende werden hier ebenfalls aus der Bevölkerung rekrutiert; dazu kann u.U. wiederum auf das Sample der Startbefragung zurückgegriffen werden. Ziel ist hier, unterschiedliche Formen der Kommunikation und Interaktion von Wissenschaftlern und Entsorgungsbeauftragten mit Personen aus der allg. Bevölkerung und zu bestimmten technischen Sachverhalten bezogen auf Vertrauen experimentell zu untersuchen.

In einer dritten Phase gegen Projektende werden die Erkenntnisse in mehreren öffentlichen Veranstaltungen mit Vertretern der breiteren Bevölkerung im Realkontext getestet. Die Veranstaltungen werden unabhängig vom laufenden Standortsuchverfahren durchgeführt und so gestaltet, dass bidirektionaler Informationsfluss und Interaktion stattfinden. Dabei wird einerseits Information ausgetauscht, andererseits werden Fragen, Befürchtungen, Ängste usw. und weitere aus den ersten Phasen herausdestillierte vertrauensbildende Elemente genutzt. Dazu werden jeweils vor und nach der Veranstaltung kurze Befragungen durchgeführt.

### **Modul 2** (LUH-IRS, ETH-TdLab)

Es soll ein Programm zur Beteiligung von Betroffenen an Datenerhebung und Auswertung zur Umweltüberwachung erarbeitet werden. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt wurde, kann ein solches Programm maßgeblich zum Vertrauensaufbau beitragen, erfordert aber eine sehr langfristige Zusammenarbeit. Messungen sind bereits lange vor Betrieb der Anlage notwendig. Zum einen dient dies der Dokumentation einer Baseline (Hintergrundwerte). Diese Art der Erhebung sogenannter Rückstellwerte wird z. B. in Frankreich bereits durchgeführt, allerdings ohne Öffentlichkeitsbeteiligung. Zum anderen kann nur eine aktive Be-

teilung der Öffentlichkeit bei der Datenerhebung eine Sensibilisierung für natürliche Hintergrundstrahlung und deren natürliche Schwankungen bewirken. Eine sinnvolle Interpretation der Daten erfordert, den Unterschied zwischen messbar vs. relevant abschätzen zu können (Vahlbruch 2014).

Daher soll in einem ersten Schritt mit der AGBe erarbeitet werden, wie ein solches Programm im Zusammenhang mit Errichtung und Betrieb eines Endlagers am effektivsten aufgesetzt werden sollte. Es ist herauszuarbeiten, welche Unterschiede zu in den USA durchgeführten Projekten berücksichtigt werden müssen, da es sich in Deutschland ja nicht um tatsächlich kontaminierte Standorte handelt, sondern nur potentiell die Gefahr einer Freisetzung während der Einlagerungsphase (und ggf. Rückholung) bestehen könnte. Zusammen mit Anwohnern möglichst eines nuklearen Standorts wird nach der Planungsphase ein Messstandort etabliert, Messgeräte zur Verfügung gestellt und eingerichtet und Freiwillige hinsichtlich Bedienung und Auswertung geschult. Daraufhin werden mindestens zwei Jahre Messungen und Auswertungen unter fachlicher Anleitung durchgeführt. Das Projekt wird über die gesamte Zeit nicht nur technisch, sondern auch sozialwissenschaftlich begleitet.

Neben der Möglichkeit, eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zu schaffen, dient ein solches Programm gleichzeitig aber auch dem Erhalt von Wissen und Kollaborationsbereitschaft in der Bevölkerung, das sonst in jedem Schritt des lang andauernden Prozesses und bei Generationenwechsel gegebenenfalls neu erarbeitet werden muss. Es ist keinesfalls ausreichend, die gemeinsame Umweltüberwachung erst in der Einlagerungsphase zu starten, da hier leicht Manipulationsverdacht entsteht: In Gorleben wurde dem Betreiber gegenüber der Vorwurf erhoben, nur deshalb einen Schotterweg um die Anlage gebaut zu haben, um durch dessen natürlicher Radioaktivität erhöhte Strahlung (Gamma und Neutronen) aus dem Zwischenlager zu überdecken und zu vertuschen.

### **Modul 3 (TUBS-IGB, TdLab)**

Ziele sind die transdisziplinäre Erarbeitung der Akzeptabilität von Ungewissheiten in Qualität und Quantität sowie die Erarbeitung des Grads der Unbestimmbarkeit an einem konkreten Beispiel für die Rückholung. Dafür sollen zunächst die für die Rückholung relevanten Prozesse mit einem wirtsgesteinsunspezifischen Modell auf Grundlage aufbereiteter Literatur aufgezeigt werden.

Innerhalb eines ersten Workshops mit der AGBe soll Anfang des zweiten Projektjahres das Wirtsgestein festgelegt werden, das den weiteren disziplinären Arbeiten zugrunde gelegt wird (Steinsalz oder Tonstein).

Das Modell wird bezogen auf die wirtsgesteinsspezifischen Anforderungen an die Grubenräume sowie die geotechnischen Barrieren angepasst und in einen Demonstrator überführt, der insbesondere die Ungewissheiten infolge natürlicher Streubreiten im Systemverhalten abbildet. Die daraus abgeleiteten deterministischen Untersuchungsergebnisse werden in einer Visualisierung dargestellt (siehe Modul 4). Diese stellt die Auswirkungen der

im Rahmen von Modul 3 mit der AGBe erarbeiteten Anforderungen dar und unterstützt die transdisziplinäre Arbeit mit der AGBe innerhalb von TRUST. Nach der Erstellung des Demonstrators sollen Experteninterviews durchgeführt werden, um mögliche Schwachpunkte im Hinblick auf Ungewissheiten zu identifizieren.

Disziplinärer Untersuchungsgegenstand ist das gebirgsmechanische Verhalten des Tiefenlagers während der Beobachtungsphase als Grundlage für die Entscheidung Endlagerung/Rückholung sowie während des Rückholprozesses. Dafür muss ein erweitertes Monitoringkonzept erstellt werden. Bei der Bearbeitung soll insbesondere der Einfluss der natürlichen Streubreiten auf die mechanischen Zustandsänderungen untersucht werden. Dafür sind stochastische numerische Simulationen z. B. mittels FLAC3D und ReSUS vorgesehen. Weiterhin soll eine „Ungewissheiten-Kette“ aus den identifizierten Ungewissheiten bei der Modellbildung und des gebirgsmechanischen Verhaltens erstellt werden. Ein interessierter Teil der AGBe wird den disziplinären Forschungsprozess transdisziplinär begleiten. Dafür soll auf drei Workshops im vierten Jahr ein Bürgergutachten erstellt werden. Dieses Bürgergutachten wird disziplinär reflektiert, vor allem in Hinblick auf die Akzeptabilität von Ungewissheiten und des Grads der Unbestimmbarkeit. Weiterer Forschungsbedarf soll dabei identifiziert werden. Mit der AGBe soll auf einem gemeinsamen Abschlussworkshop „Ungewissheiten, Unbestimmbarkeit, Vertrauen“ die Quintessenz der Zusammenarbeit universitärer und außer-wissenschaftlicher Akteure auf dem ausgewählten Forschungsgebiet gezogen werden. Es werden Ergebnisse der disziplinären Reflektion vorgestellt und diskutiert. Außerdem sollen die Akzeptabilität von Ungewissheiten und deren Dimension, systemimmanente Unbestimmbarkeit sowie die Vertrauenswürdigkeit des technischen Systems „Tiefenlager mit Rückholoption“ diskutiert werden.

#### **Modul 4 (TUC-LfDG, ETH-TdLab)**

Modul 4 behandelt sowohl die technische Umsetzung als auch die auf Akzeptabilität ausgerichtete Einbindung dieses Vorhabens in die Gesellschaft. Es reicht nicht, dies nach Beendigung des Standortauswahlverfahrens am die bestmögliche Sicherheit versprechenden Standort zu tun, sondern dies ist bereits heute im Hinblick auf die Mitwirkung der Bevölkerung bei der Durchführung des Standortauswahlverfahrens erforderlich. Sollen die Vorkehrungen zur Rückholbarkeit zu einer erhöhten Akzeptanz und einem Gefühl eines Sicherheitsgewinns beitragen, so müssen auch die Datenerhebungen (Monitoring) und darauf basierende Entscheidungsprozesse, ob oder ob nicht rückgeholt werden sollte, diskutiert werden. Dies kann nicht erst nach Entscheidung für einen Standort geschehen, da ohne diese Akzeptanz eine Entscheidung für einen solchen Standort eventuell gar nicht zustande käme. In Zusammenarbeit mit der AGBe sollen die Möglichkeiten und Grenzen eines transdisziplinären Diskurses zur Entwicklung eines Nahfeld-Monitorings des Tiefenlagers ausgelotet werden, d. h. es sollen technische Möglichkeiten vorgestellt werden, aber auch Monitoringforderungen/-wünsche der AGBe abgefragt und hinsichtlich techni-



scher Umsetzbarkeit bewertet werden. Zudem soll eine webbasierte interaktive Visualisierung von rechnerisch prognostizierten Tiefenlagerentwicklungen für unterschiedliche Szenarien aufgebaut werden (link zu Modul 3 und zu TAP DIPRO). Dieses Visualisierungstool wird entsprechend der im Laufe der Zusammenarbeit mit der AGBe zu definierenden Erfordernisse erstellt. Das bereits existierende Tool VIRTUS ist nicht frei verfügbar und ist zudem nicht TH2M-gekoppelt. Daher ist die Erstellung eines neuen Tools zur Visualisierung der o.g. Dynamiken erforderlich. Mit der AGBe werden Anregungen für den Monitoringprozess aufgenommen. Die so erhaltenen Anforderungen werden nach Möglichkeit als Ergänzung zu den technischen Anforderungen in das Monitoringkonzept integriert. Dieses Vorgehen erfolgt iterativ, z. B. müssen Vor- und Nachteile einer Integration mit der AGBe erörtert werden.

Folgende Forschungsarbeiten sind geplant:

- Literaturanalyse zu bestehenden soziotechnisch fokussierten Monitoringkonzepten. Vorstellung der Ergebnisse vor außerwissenschaftlichen Akteuren / AGBe und gemeinsame Bewertung: Welche Konzepte tragen zur Vertrauensbildung bei?
- Interaktiver Aufbau einer Gesprächsbasis mit der AGBe (Vermittlung von Basiswissen, Ermittlung von grundlegenden Besorgnissen und Vorbehalten).
- Exemplarische Analyse des offenen / versetzten Tiefen-/Endlagerverhaltens im Monitoringzeitraum anhand von numerischen TH2M-gekoppelten Simulationen mit Blick auf die Zustandsgrößenentwicklung und ihre Messbarkeit unter Berücksichtigung von Ungewissheiten / Datenbandbreiten sowie weniger wahrscheinlichen Systementwicklungen als Grundlage für den Diskurs mit Akteuren der allgemeinen Bevölkerung / der AGBe.
- Diskursiver Dialog mit 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).
- Rückspiegelung an außerwissenschaftliche Akteure / AGBe: Möglichkeiten und Grenzen des Monitorings. Davon ausgehend Entwicklung von Grundzügen einer soziotechnisch basierten Monitoringkonzeption als Grundlage für Entscheidungen (Modifikation des geplanten Verfahrensablaufs, Entscheidung Rückholung / Endlagerung).
- Zur Unterstützung des transdisziplinären Diskurses Aufbau einer Plattform zu Visualisierung und Illustration von Simulationsergebnissen zu möglichen Tiefenlagerentwicklungen (Förderung von Verständnisaufbau zu Prozessabläufen durch Transparenz und Reduzierung der Zugangshürden für die außerwissenschaftlichen Akteure / die interessierte Öffentlichkeit / Demonstration von Möglichkeiten und Grenzen im Hinblick auf Prognostizierbarkeit und Überwachbarkeit).

Die Modul-übergreifende Koordination des TAP TRUST wird von Modul 1 geleistet. Dies ist strukturell überlappend mit der Leitung und Organisation der AGBe. Der überwiegende Teil der Arbeiten von Modul 2 ist Zuarbeit für die bzw. direkte Zusammenarbeit mit der

AGBe. Auch die Module 3 und 4 erarbeiten mit dem Demonstrator und dem Visualisierungstool zwei Instrumente, die von der AGBe genutzt und hinsichtlich ihrer Eignung für die Arbeit mit der Öffentlichkeit evaluiert werden sollen. Hier ist die Synthese ebenfalls von der Leitung der AGBe, also Modul 1 zu leisten. Allerdings sind, speziell im Rahmen der AGBe, Quervernetzungen mit den anderen TAP vorhanden, so dass die Synthese im Gesamtprojekt kontinuierlich erfolgen muss und nicht streng sequentiell abgearbeitet wird.

Tabelle 5.1 verdeutlicht die in die Forschung des TAP TRUST einbezogenen Akteure.

<b>Akteur</b>	<b>Umfang</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Format</b>
Umfrageteilnehmer (repräsentative Bevölkerung)	5000	Erhebung derzeitiger Stand – wer genießt wieviel Vertrauen beim Endlagerprozess?	Online-Panel
AGBe (Interessierte Bürgerinnen und Bürger)	ca.15	Kontinuierliche Begleitung des Projekts	Workshops, Interviews
Bevölkerung	50-100 aus der Befragung	Experimentelle Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Formen der Kommunikation/Interaktion bezogen auf Vertrauen	Psychologisches Experiment
Öffentlichkeit	>50 Rekrutierung über öffentliche Ankündigung	Informationsaustausch und Interaktion mit Forschenden des TRANSENS Projekts	Joint fact finding
Bevölkerung an einem nuklearen / EL Standort	20-30	Umsetzung eines Konzepts zur Umweltüberwachung und Erhebung des Einflusses eines solchen Vorgehens auf das Vertrauen in Messungen	Community environmental monitoring
Experten	Einzelpersonen aus BGEtech, BfE, GRS, BfS, NBG, Umweltverbände	Einbringen der unterschiedlichen Sichtweisen und Kenntnisse zu den Entscheidungsgrundlagen, dem Entscheidungsprozess und den entscheidenden Institutionen.	Experteninterviews. Gemeinsame Workshops mit AGBe.

Tab. 5.1 In die Forschung einzubeziehende Akteure

## 5.5 Meilensteine

- M1 Umfrageergebnis
- M2 AGBe konstituiert
- M3 Psychol. Experimente abgeschlossen
- M4 Erste öffentl. Veranstaltung
- M5 Zweite öffentl. Veranstaltung
- M6 Programm Umweltüberwachung fertiggestellt
- M7 Erfahrungsbericht Einrichtung der Überwachungsstell und der Gruppe
- M8 Zwischenbericht Umweltüberwachung (incl. td Betrachtung)
- M9 Endbericht Umweltüberwachung (incl. td Betrachtung)
- M10 Festlegung des für den Rückholungsprozess ausgewählten Wirtsgesteins
- M11 Auswertung der Experteninterviews zur Rückholung
- M12 Bürgergutachten zur disziplinären Bearbeitung des Demonstrators
- M13 Bericht Rückholprozess (incl. td-Betrachtung)
- M14 Identifikation sicherheitsrelevanter Zustandsgrößen
- M15 Abschluss Nahfeld-Simulationen
- M16 Ergebnisbericht soziotechnischer Diskurs zu Monitoringerfordernissen
- M17 Zwischenbericht Visualisierungsplattform
- M18 Schlussbericht Vertrauensaufbau / Nahfeld-Monitoring

	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4				Jahr 5			
	Quartal				Quartal				Quartal				Quartal				Quartal			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>TRUST 1</b>																				
Umfrage/ Rekrutierung / Konstituierung der AGBe		M1		M2																
Treffen AGBe																				
Psychol. Experimente / Öffentliche Veranstaltungen											M3							M4		M5
<b>TRUST 2</b>																				
Erarbeitung des Programms				M6																
Rekrutierung / Schulung / Messungen							M7				M8									
Transdisziplinäre Auswertung																		M9		
<b>TRUST 3</b>																				
Grundlagen Rückholung																				
Experteninterviews						M11														
Demonstrator																				
Transdisz. Bearbeitung					M10							M12						M13		
<b>TRUST 4</b>																				
Grundlagen Nahfeld-Monitoring						M14										M15				
Soziotechnische Monitoringfordernisse / Diskursiver Dialog mit AGBe							M16													
Webbasierte Visualisierungsplattform / transdisziplinäre Kommunikation											M17									M18
Transdisz. Bearbeitung																				

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

Gemeinsames Gespräch, Dialog, Diskurs und Kommunikation sind Schlüssel zur Verständigung. Wie muss der langwierige Prozess gestaltet werden, um dafür gute Bedingungen auf dem Entsorgungspfad zu schaffen? Auf dieser diskursiven Ebene braucht es außergewöhnliche Anstrengungen, um die Realisierung eines Endlagers zu ermöglichen.

Die Standortsuche für ein Endlager ist weltweit und unabhängig von der Verfasstheit der jeweiligen politischen Systeme ein vertracktes Unterfangen. Wenn ein derartiges „wicked problem“ (Rittel und Webber 1973) als ineinandergreifendes stoffliches, technisches und soziales Demokratieproblem erfasst wird, müsste die Bearbeitung des Problems konzeptionell verändert werden. Die Positionen aller am Prozess interessierten Akteure in ihrer Vielfalt und Unterschiedlichkeit müssten festgestellt, beraten und verhandelt werden. Diese Unterschiedlichkeiten im Problemverständnis entstehen dadurch, dass verschiedene kollektive Akteure, d. h. Organisationen oder Unternehmen und Einzel-Akteure, unterschiedliche Aspekte als Teil des Problems hervorheben (Rittel und Webber 1973, Kuppler 2017). Diese unterschiedlichen Problemdeutungen sind u.a. durch unterschiedliche Interessen bedingt, welche die jeweiligen Akteure in den Vordergrund stellen. Verschiedene Interessen tragen somit zu verschiedenen Problemdeutungen und der Entstehung von Konflikten bei (Röhlig et al. 2019: 175, 214). Aber trotz aller konstruktiven Bemühungen sind nur Annäherungen an eine Ideallösung (sog. „clumsy solutions“) realistisch, bei denen die Interessen, Wertvorstellungen und Positionen der unterschiedlichen Akteure austariert werden (siehe Verweij und Thompson, 2006). Das verlangt allen Akteuren Kompromisse ab (Röhlig et al. 2019: 214) – Kompromisse, die kurz-, mittel- und langfristig von Bedeutung sind. Kurzfristig können Fachverwaltungen und Fachpolitik ebenso wie Parlamentarier aus potenziell geeigneten Standortregionen keine Erfolge erwarten, da sie in ihren Handlungsperspektiven (i. d. R. Legislaturperioden) wenig Chancen haben, durch konstruktive Mitarbeit an einer voraussetzungsvollen „Problemlösung im politischen Mehrebenen-System“ Anerkennung, Impact und in dieser Weise auch politischen Erfolg erreichen zu können (vgl. Di Nucci et al. 2017b). Mittelfristig wird die Inbetriebnahme eines HAW-Tiefenlagers ebenso nur schwer als großer Erfolg zu verrechnen sein. Langfristig (z. B. bei einer Betriebsphase von mehreren Jahrzehnten) werden die erreichten Maßnahmen angesichts erwartbarer Ungewissheiten und erwartbarer gesellschaftlicher Instabilitäten schwer abwägbare und sicher nicht eindeutig positiv zu bewertende Prognosen erlauben. (Zu den existierenden Unsicherheiten und gesellschaftlich-sozialen Dimensionen des „wicked problem“ der Endlagerung siehe Brunnengräber et al. 2014, S. 395, sowie Brunnengräber 2016b).

Aufgrund der Komplexität des Projektes sind also weder in der Problembeschreibung noch in der Problemlösung allgemein konsensfähige Sichtweisen und uniforme Akzeptanz zu erreichen (Brunnengräber 2016a, Brunnengräber et al. 2014). Der rechtliche Rahmen, die Formen der politischen Regulierung und das Gerechtigkeitsempfinden (Schützeichel

2016) greifen dabei rational und emotional auf eine Art und Weise ineinander, die sowohl förderlich als auch hemmend wirken kann. Dialogische Klärungen, politische Rahmungen und rechtliche Eckpunkte für den Umgang mit hoch radioaktiven Abfällen und zivilgesellschaftliches Engagement können aber die Gelingensbedingungen entscheidend verbessern. Auf den Grundpfeilern disziplinärer und interdisziplinärer Forschung werden daher in Workshops die interessierte Öffentlichkeit und Stakeholder eingebunden, um sowohl politische wie wissenschaftliche Erkenntnisse für eine erfolgreiche, medial begleitete Prozessgestaltung generieren zu können.

Im TAP DIPRO arbeiten die Disziplinen Philosophie (CAU-LPEU), Recht (KIT-ITAS) und Politikwissenschaft (FUB-FFU), unterstützt von den Disziplinen Ökonomie (TUB-WIP), Ingenieurwissenschaften (LUH-IW, TUBS-iBMB), sowie Informatik/Informationswissenschaft (CAU-IFI) zusammen. Bei Fragen des Vertrauens, von Unsicherheiten und Ungewissheiten sowie der Verfahrensreflexion mit ihren Handlungsoptionen wird vor allem mit den TAP TRUST und HAFF zusammengearbeitet, hinsichtlich normativer Aspekte mit Sicherheitsbezug und zu Fragen von Trade-offs bei Monitoring-Maßnahmen mit TAP SAFE.

## 6.1 Themenkorridor und transdisziplinärer Forschungsansatz

Das TAP DIPRO setzt das Thema Gerechtigkeit als Ausgangspunkt für seine transdisziplinäre Forschung. Gerechtigkeitsfragen haben einen hohen gesellschaftlichen Stellenwert. Das gilt insbesondere bei unbeliebten, belastenden oder risikobehafteten Projekten wie der Standortsuche und der Realisierung eines Endlagers. Das Gefühl, ungerecht behandelt zu werden, ist – neben der Angst vor Gefahren – wohl einer der größten Triebkräfte menschlichen Handelns. Das Ringen um faire und transparente, vor allem aber auch ergebnisorientierte, politische Prozesse findet auch im aktuellen Standortauswahlprozess statt: Grundlagenforschung und empirische Forschung sind folglich mit einer neuen Herausforderung konfrontiert, da die vorliegenden Wissensbestände überwiegend in den „alten“ (stark polarisierten) Konfliktkonstellationen und nicht in der neuen Endlager-Governance in Deutschland gewonnen wurden.

Viele Prozesse in der Realisierung eines Endlagers – und vorgelagert der Standortauswahl – werden jeweils abhängig vom eigenen Empfinden, Wissen und individuellen Positionierungen als gerecht oder ungerecht wahrgenommen. Gerechtigkeitsfragen aber sind Wertungsfragen. Die Gründe für den Eindruck der Gerechtigkeit oder der Ungerechtigkeit liegen nicht allein in der potenziellen Gefährdung durch die Abfallstoffe, sondern auch in der Gestaltung des rechtlichen Rahmens und der politischen Endlager-Governance, d. h. der Art und Weise der Entscheidungsfindung darüber, wo, warum und wie eine Lagerstätte errichtet werden soll. Auch Fragen der ökonomischen Gerechtigkeit stellen sich. Das StandAG muss also unter widrigen Bedingungen (gesellschaftliche Konflikte, Ungewissheit) sein Ziel, die Standortauswahl für ein Endlager, erreichen. Die politischen Beteiligungsformate, die dort genannt sind, müssen jedoch erst noch ihre Tauglichkeit für die Praxis beweisen. Derweil sind gesellschaftliche Konflikte um die Entsorgung nach wie vor

virulent. Sie können sich an Beteiligungsrechten und -formaten oder an sicherheitstechnischen Fragen ebenso entzünden wie an versprochenen Kompensationszahlungen.

Was als gerecht angesehen werden kann, klärt sich allerdings erst in der Kommunikation und dem Verfahren mit seinen gestuften Entscheidungswegen. Daraus leitet sich der Bedarf für die transdisziplinäre Bearbeitung des Themas ab. Im Rahmen des TAP geht es darum, im Dialog und medial unterstützt mit der Öffentlichkeit ein komplexeres Verständnis von Gerechtigkeit, die darauf ausgerichteten rechtlichen Formen der Regulierung und Eckpunkte für eine gute Praxis der Beteiligung im Standortauswahlverfahren (good governance) zu ermitteln. Dafür wird in der transdisziplinären Interaktion mit Stakeholdern aus der Zivilgesellschaft disziplinär und interdisziplinär erworbenes Wissen der gesellschaftlichen Kommentierung und Bewertung ausgesetzt (über ein entsprechendes Informationsdesign). Die Bewertungen aus diesem Themenkorridor sollen wiederum den wissenschaftlichen Forschungsprozess bereichern. Konkret werden in diesem Korridor folgende Forschungsthemen behandelt: (1) Dialog und Kommunikation („framing“ und „wicked communication“ als erweiterte Formen von Regulierung); (2) Ergänzung von gesetztem Ordnungsrecht (Atomgesetz) um „weiche“ Formen der Regulierung (teilweise im StandAG) bis hin zu veränderbarem, lernenden Recht; (3) Medien der Regulation (modes of governance wie politische Beteiligung oder ökonomische Anreizstrukturen); (4) distributive, kompensatorische und prozedurale Dimensionen „komplexer Gerechtigkeit“; (5) Technikvermittlung im soziotechnischen Prozess (Wie muss technisches Wissen kommuniziert werden und wann ist es akzeptabel?); (6) Rolle von Medien und Informationsdesign bei der Prozessbegleitung.

## 6.2 Stand von Wissenschaft und Technik

Die Standortauswahl für ein Endlager erfordert beteiligungsorientierte Verfahren und klug gestaltete institutionelle Strukturen, die ausgerichtet sind an der Übernahme von Zukunftsverantwortung, Gerechtigkeit für heutige und künftige Generationen und der gerechten Verteilung von Projektnutzen und -kosten. Auch die Ressourcengerechtigkeit – dazu gehört ebenso der Zugriff auf technisches Wissen und Expertise – wird im Rahmen der Bearbeitung von Konflikten adressiert, denn nur wer über die entsprechenden Ressourcen verfügt, kann sich am politischen Prozess beteiligen. Diese Ziele werden auch von der Endlager-Kommission angesprochen (Endlagerkommission 2016). Es ist allerdings erforderlich, dass den Ausführungen der Kommission ein vertieftes und kohärentes Verständnis von Gerechtigkeit, der Endlager-Governance und der Wirkung des Rechts zu Grunde gelegt wird. Anlassbezogen werden bisher Gerechtigkeitsvorstellungen, Governance- und Politikinstrumente sowie Bezüge zu rechtlichen Rahmensetzungen eher aus der allgemeinen umweltpolitischen Diskussion eingeflochten. Die vertiefende Untersuchung dieser stark normativ geprägten Überlegungen mittels wissenschaftlicher Analysen ist noch zu leisten.

Abgesehen von einer Reihe von Vorgaben im neuen StandAG stehen eine Klärung der Rechtslage und die Übertragung des Rechts auf die (politische) Praxis noch aus (Rehbinder 2018, Haug und Zeccola 2018, Smeddinck 2017). Ungeklärt ist etwa das Zusammenwirken von formellen und informellen Beteiligungsformaten (Hocke und Smeddinck 2017). In der Ethik müssen zwei Gerechtigkeitsaspekte noch intensiver erforscht werden: Distributive Gerechtigkeit unter negativen Bedingungen, also Lastenverteilung und prozedurale Gerechtigkeit (im Anschluss an Riemann 2017). In der Politikwissenschaft liegen erste Forschungsarbeiten zu den Mehrebenenendynamiken (zwischen Bund, Ländern, Regionen, Kommunen und auch der internationalen Ebene) bereits vor. Eine eingehende Analyse der politischen Interdependenzen steht aber noch aus. Vor dem Hintergrund der neuen politischen Prozesse ist in Deutschland darüber hinaus die Prüfung der Übertragbarkeit internationaler Erfahrungen zu analysieren. Aus ökonomischer Sicht sind Fragen der gerechten Verteilung von Projektnutzen und -kosten abzuwägen (Breyer und Kolmar 2010, Schulze, Brookshire und Sandler 1981). Zu den politökonomischen Anreizstrukturen und ökonomischen Gerechtigkeitstheorien der Entsorgung liegen bezogen auf Deutschland nur wenige wissenschaftliche Arbeiten vor (Ott und Riemann 2018). Hier kann aber auf jüngere Entwicklungen der „behavioural economics“ zurückgegriffen werden.

Forschung aus dem Bereich Informationsdesign (Black et al. 2017) haben gezeigt, dass Visualisierungen, visuelle Datenexploration und -analyse transdisziplinäres Arbeiten unterstützen können, weil es die Kommunikation zwischen Experten und Stakeholdern erleichtert, kognitiven Workload reduziert, wissenschaftliche Prozesse strukturiert und komplexe Phänomene beschreibt und zugrundeliegende Beziehungen (z. B. in Daten) sichtbar macht. Informationsdesign, gedruckte, audiovisuelle und/oder interaktive Medien können zudem den Kontext bereitstellen, in dem das zu untersuchende Phänomen erscheint und dadurch einen vielfältigen Zugang sowie tiefere Verstehensprozesse ermöglichen. Der Erfolg von Informationsdesign hängt von verschiedenen Design-Kriterien ab, die Phänomenbasiert berücksichtigt werden müssen. Dies eröffnet Forschungsbedarfe, z. B. im Hinblick auf die Wissensbildung, die effektive Gestaltung von transdisziplinären Prozessen sowie deren Messung (van Wijk 2005; van Wijk 2013).

### 6.3 Ziele des transdisziplinären Arbeitspaketes DIPRO

Auf der Grundlage disziplinärer und interdisziplinärer Forschung werden, bereichert um die transdisziplinären Formate, in DIPRO folgende Forschungsziele verfolgt:

- Diskursanalyse und Framing: Während disziplinär analysiert wird, wer wie über radioaktive Abfälle und deren Entsorgung spricht, werden Narrative und Szenarien transdisziplinär reflektiert. Die Charakteristika des „wicked problem“, die interdisziplinär ausgearbeitet wurden, sollen im transdisziplinären Dialog geprüft und weiterentwickelt werden.
- Die systematische Bereitstellung und Analyse von Narrativen mit Methoden der Informatik/Informationswissenschaft (z. B. strukturierten Begriffssammlungen wie



Ontologien) leistet gleichzeitig einen Beitrag zur Untersuchung der öffentlichen Wahrnehmung des Entsorgungsproblems und wird eruieren, ob und wie Narrative auf öffentliche Debatten und Formen der Governance Einfluss nehmen.

- Es wird eine Theorie der „wicked communication“ entwickelt, die Diskursethik und Rhetorik verknüpft. Es geht hierbei um die Analyse von sprachlichen Bildern, Metaphern, Redewendungen, Übertreibungen, etc. und um deren Einfluss auf Urteilsbildung und Entscheidungsfindung. Dabei gilt es, die sozialen, politischen, rechtlichen oder technischen Problemdeutungen und politischen Konflikte, die durch unterschiedliche Interessen entstehen, zu berücksichtigen. Rhetorische Elemente im Diskurs sollen als solche identifiziert und expliziert werden, um fragen zu können, welchen rhetorischen Elementen (keine) argumentative Kraft zukommt. Hierzu sind Diskursregeln im Umgang mit rhetorischen Elementen zu entwickeln.
- Rechtswissenschaftliche Terminologie ist eine entscheidende Variable. Mit der Akzentverschiebung des StandAG von weniger Rechtsschutz zu mehr Öffentlichkeitsbeteiligung als Leitbild für die Konfliktlösung kommt der Kommunikation für die Prozesse der Rechtssetzung eine besondere Bedeutung zu. Es wird untersucht, inwieweit juristische Sprache auf die neuen Herausforderungen reagieren muss. Zudem wird Kommunikation als rechtliches Regulierungsinstrument gekennzeichnet und analysiert.
- Die Entwicklung von Rechtsbausteinen wird vorangetrieben, um eine resiliente Rechtsgestaltung sicherzustellen und dabei gesellschaftliche Widrigkeiten ebenso zu berücksichtigen wie das Erreichen des gesetzlichen Regulierungsziels.
- Ansätze der politischen Ökonomie und das Wissen über monetäre und nicht-monetäre Anreizstrukturen werden herangezogen und genutzt, um verschiedene Kompensationsszenarien zu entwerfen und gesellschaftliche Möglichkeiten distributiver Gerechtigkeit im Umgang mit Lasten- und Verantwortungsverteilung zu eruieren.
- Es erfolgt eine Bewertung der volkswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Organisationsmodellen bzw. Governance-Strukturen an der Schnittstelle zwischen den Prozessen des Rückbaus, der Lagerung und der Standortsuche. Unter Berücksichtigung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse sollen mögliche Synergieeffekte und Hindernisse, die eventuell Verzögerungen oder Kostensteigerungen verursachen könnten, herausgearbeitet werden.
- Die gesellschaftlichen Steuerungsmedien (Geld, Recht, Politik, Argumentation) bei der Standortauswahl werden – insbesondere auch vor dem Hintergrund internationaler Erfahrungen – einer vergleichenden inter- und transdisziplinären Bewertung unterzogen.
- Die Demokratie- und Partizipationsforschung wird im Dialog mit den Stakeholdern einem Realitätstest ausgesetzt, um Qualitätsmerkmale einer auf lange Zeit ausgerichteten, robusten und gerechten Partizipation unter den aktuellen Kontextbedingungen zu identifizieren, Verfahrenswissen zu generieren und eine „gute“, d. h. bedürfnisorientierte und sozialverträgliche „Beteiligungskultur“ in der Endlager-Governance zu ermöglichen.

- Dialogprozesse werden hinsichtlich des zu leistenden technischen Wissensfundaments begleitet und Wege zur vertrauensbildenden Wissensaufbereitung und -vermittlung untersucht (i. e. Informationsdesign).
- Zur Nachvollziehbarkeit und Transparenz des Entsorgungsprozesses wird eine virtuelle Multimediawerkstatt eingerichtet, die ein kollaboratives Arbeiten und Austausch ermöglicht sowie Visualisierungen und andere Informationsdesigns für den transdisziplinären Austausch entwickelt; dabei werden Wissensbestände geprüft und katalogisiert und die Auswirkungen solcher Maßnahmen evaluiert (Schnittstelle zu TAP HAFF und TRUST, Kooperation mit CAU-IFI und TUBS-iBMB).

#### 6.4 Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm in DIPRO zeichnet sich durch eine disziplinäre Aufbereitung von Sachverhalten, die interdisziplinäre Verständigung darüber und im Kern der Forschungsarbeit durch Workshops aus, bei denen verschiedene transdisziplinäre Formate entsprechend der Themensetzung zur Anwendung kommen werden. Im ersten Projektjahr soll zudem eine eigens für DIPRO gebildete Begleitgruppe aus wenigen Laien eingesetzt werden, die die Gestaltung und die Inhalte der Workshops über die Projektlaufzeit hin reflektiert. Die Begleitgruppe nimmt an allen Workshops teil und trifft sich zusätzlich einmal jährlich mit dem DIPRO-Team. Die zentralen Forschungsfragen, die DIPRO an die Begleitgruppe und die Workshops stellt, sind:

1. Welche normativen Voraussetzungen, praktischen Anforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen gilt es, für ein gerechtes und resilientes Verfahren und den jeweiligen Entsorgungspfad zu berücksichtigen?
2. Welche gesellschaftlichen Erwartungen und Ansprüche an eine zielführende Endlager-Governance und Öffentlichkeitsbeteiligung lassen sich identifizieren und wie können diese in politische Maßnahmen einfließen?
3. Wie ist das Standortauswahlverfahren unter Bedingungen von „wicked problems“ und „wicked communication“ im Sinne von „good governance“ auszugestalten?

#### *Transdisziplinäre Formate*

Das transdisziplinäre Arbeitspaket gliedert sich in drei Module, wovon ein Modul der wissenschaftlichen Vorbereitung und ein Modul der Synthese dient (zwei interdisziplinäre Workshops: A, F). Im Zentrum steht das Praxismodul mit drei Workshops (B-D) für Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus dem nicht-akademischen Bereich (Stakeholder), in denen jeweils unterschiedliche Aspekte von Gerechtigkeit, Recht und Governance behandelt werden. Eine Workshopreihe (3 Workshops) ist unter F zusammengefasst. Das Diskussionsgeschehen im Workshop wird eingehend vorbereitet, von der Multimediawerkstatt unterstützt und im Anschluss – von den TAP-Beteiligten wie von der Laien-Begleitgruppe (s. u.) – evaluiert. Bei der Workshop-Organisation wechseln sich die DIPRO-Partner ab. Alle Partner sind bei dem Workshop aber vertreten.

Um die Kontinuität transdisziplinärer Arbeit in DIPRO zu gewährleisten, haben die beiden ersten Workshops auch das Ziel, aus dem Kreis der Teilnehmenden 5 Personen zu gewinnen, die DIPRO über die gesamte Laufzeit begleiten. Diese Laien-Begleitgruppe wird im Idealfall mit Personen besetzt, die möglichst wenig professionelles Interesse am Entsorgungspfad haben, jedoch in der Lage sind, sich kritisch mit Positionen von Gesellschaft, Politik und Forschung auseinanderzusetzen. Gegebenenfalls wird die Gruppe um Teilnehmende des dritten Workshops als „Nachrücker“ ergänzt. Die Aufgabe der Begleitgruppe besteht – neben der Teilnahme an den Folgeworkshops – darin, als außerakademische Beratende für die Forschungsarbeit des DIPRO-Teams ansprechbar zu sein und den wissenschaftlichen Output unter dem Aspekt der Nachvollziehbarkeit zu begutachten.

**Workshop A: Interdisziplinäre, interne Verständigung mit externer Fachexpertise (1. Jahr) (durchgeführt vom FUB-FFU)**

Bezogen auf die Fragestellungen und Inhalte des TAP DIPRO sollen zunächst die disziplinären Wissensbestände aufbereitet sowie als gemeinsame Arbeitsgrundlage Ansätze und Methoden der Transdisziplinarität gesichtet, ausgewählt und auf das Thema der Standortsuche spezifiziert werden. Darauf aufbauend werden eigene konzeptionelle Herangehensweisen entwickelt und die Schritte des Forschungsprozesses konkretisiert. Dazu gehört auch die Frage, welche technischen Aspekte dort behandelt werden. Als gemeinsames Fundament sollen die Schlüsselbegriffe Gerechtigkeit, soziale Akzeptanz, Akzeptabilität, Resilienz, Regulierung und Governance geklärt werden. Das umfasst die Aufarbeitung des disziplinären Begriffsverständnisses sowie die Formulierung eines robusten gemeinsamen interdisziplinären Forschungsverständnisses. Darauffolgendes Ziel ist es, disziplinäre und interdisziplinäre Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten in die Workshops hineinzutragen und der Bewertung zu unterziehen.

*Grundlagen:*

- Fundierte Darlegung, welche Rechte und Pflichten für die Akteure bestehen
- Analyse der rechtlichen und politischen Steuerungsmöglichkeiten bei der Entscheidungsfindung und der moralischen Einwände gegen den Einsatz spezifischer Medien. Der Fokus liegt auf monetären Anreizen, politischer Macht und dem Rechtszwang
- Sichtung der demokratietheoretischen Ansätze, die Auskunft darüber geben, wie gerechte Beteiligungsprozesse über lange Zeiträume hinweg entwickelt werden können, und wie eine „gute Beteiligungskultur“ (good governance) in der Endlagerpolitik praktisch ausgestaltet werden kann
- exemplarische „Aufarbeitung“ der Konflikte um die Nutzung der Kernenergie (z. B. Asse II) und Überführung in ein erstes Informationsdesign

**Workshop B:** Das „wicked problem“ aus gesellschaftlicher Perspektive. Zielgruppe: Vertreterinnen und Vertreter aus staatlichen Behörden, der Privatwirtschaft und zivilgesellschaftlichen Akteure (1. Jahr) (durchgeführt vom FUB-FFU und TUB-WIP)

Da unterschiedliche wissenschaftliche wie gesellschaftliche Problemverständnisse das „wicked problem“ der Standortsuche und der Realisierung eines Endlagers prägen, wird in diesem Modul das Thema Framing zum Gegenstand gemacht. Dabei werden sowohl die Rollen der verschiedenen Akteure im Prozess beleuchtet, als auch Möglichkeiten für ein kooperatives Framing – etwa im Umgang mit Komplexität und Unsicherheiten – ausgetarnt. Dies gilt auch für ökonomische Fragestellungen, liegt doch der Verhandlungswert für die Realisierung des Endlagers bei mehreren Milliarden Euro, um dessen Verteilung zwischen den verschiedenen Akteuren verhandelt werden muss. Ansätze zum Umgang mit Komplexität und Unsicherheiten in Ethik, Recht, Technik und Politikwissenschaft fließen hierfür als Diskussionsmaterial in den Workshop ein. Im Sinne des transdisziplinären Co-Designs sollen außerdem Themen und Fragestellungen der weiteren in DIPRO vorgesehenen Workshops justiert werden, um verfrühte bzw. einseitige Vorfestlegungen der beteiligten Disziplinen zu vermeiden. Unterstützt werden diese Arbeiten durch entsprechendes Informationsdesign.

#### *Grundlagen:*

- ethische Reflexion zur „wicked communication“
- Analyse pragmatischer Diskursregeln zum Verständnis und zur Beurteilung rhetorischer Figuren und Narrative
- Identifizierung divergierender Begriffe, Diskurse und Problemdefinitionen im gesellschaftspolitischen Umgang mit radioaktiven Abfällen (Diskursanalyse)
- Darstellung der vielfältigen Problemverständnisse, die sich ergeben, wenn soziale, politische, technische und ökonomische Belange oder zeitliche Abläufe unterschiedliche Gewichtungen erfahren
- Analyse unterschiedlicher Framings und ihrer jeweiligen Implikaturen und Effekte; Möglichkeiten eines „geteilten“ Framings
- Darlegung und Analyse von Informationsasymmetrien zwischen Agenten (Entsorgungsunternehmen etc.) und Prinzipals (Regulierungsbehörden)
- Akteurs-Screening um zu identifizieren, welche Impulsgeber aus den unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen bei der Standortsuche Schlüsselrollen übernehmen, welche Netzwerke sich dabei ausbilden und ob sich hierarchischen Strukturen dabei ausbilden
- Zusammenfassung der Erkenntnisse und Überführung in ein Informationsdesign, um Transparenz herzustellen

**Workshop C: Prämissen der Verfahrensgerechtigkeit und Fallstricke der Kommunikation.** Zielgruppe: organisierte Bürgerinnen und Bürger, Bürgerinitiativen, Umweltverbände, Behörden (2. Jahr) (durchgeführt von CAU-LPEU)

In diesem Workshop werden die Diskursanalyse und die Auseinandersetzung mit Framings unter Zuhilfenahme von Informationsdesign fortgesetzt. Der zu entwickelnde Ansatz der Idee einer „wicked communication“ soll transdisziplinär in der Diskussion mit Bürgerinnen und Bürgern auf seine Überzeugungskraft und seinen Nutzen geprüft werden. Die Idee des lernenden Rechts soll vorgestellt und nach weiteren Umsetzungsmöglichkeiten im StandAG gefragt werden. Der Unterschied zwischen idealistischen und satisfaktori-schen Theorien der Gerechtigkeit soll mit den Teilnehmern diskutiert werden.

*Grundlagen:*

- Auswertung der Resilienzforschung und entsprechender Ansätze in der Rechtswissenschaft; Bewertung der Resilienz des StandAG 2017 sowie die Formulierung des lösungsorientierten Fortentwicklungsbedarfs
- Untersuchung zu den informellen und formellen Verständigungsformen zur Beteiligung der Öffentlichkeit und wie diese aus rechtlicher wie politisch-praktischer Perspektive verschränkt werden können
- Prüfung verschiedener Legitimitätsbegriffe und Ansprüche unter Zuhilfenahme der Theorien gesellschaftlicher Selbstverständigung
- Überführung in ein Informationsdesign

**Workshop D: Freiwilligkeit und Kompensationen.** Zielgruppe: interessierte Bürgerinnen und Bürger, Betreiber (3. Jahr) (durchgeführt vom KIT-ITAS und LUH-IW)

In diesem Workshop werden unterschiedliche soziotechnische Entsorgungspfade und Ausgleichsmodelle (z. B. Kompensationen) fokussiert und medial aufbereitet. Die aktuell zu beobachtende Ausdifferenzierung weicher Regulierungsformen wird dabei auf die Ausgestaltung des Standortauswahlverfahrens bezogen. Damit einhergehend werden Fragen der politischen Ökonomie sowie der distributiven Gerechtigkeit behandelt. Die jetzige Ausgestaltung des Konzeptes der Freiwilligkeit (also die Kombination von Endlageransiedelung mit Kompensationen zur Regionalentwicklung) im StandAG wird kritisch hinterfragt. Von Interesse ist, inwieweit die Konfrontation mit den fachlichen Inhalten – auch unter Berücksichtigung des eingesetzten Informationsdesigns – zu einer Veränderung der Wahrnehmung und einer Änderung des Verständnisses von Gerechtigkeit bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern führt. Könnten Hoffnungen durch Kompensationen im Rahmen der Realisierung durch die technischen Randbedingungen wieder enttäuscht werden?

### Grundlagen:

- Vergleich der Endlager-Governance unterschiedlicher Länder und Identifizierung von *good practice*-Beispielen, die auf die Übertragbarkeit auf die neue Endlager-Governance in Deutschland hin überprüft werden
- Vergleich realwirtschaftlicher Organisationsmodelle unter Berücksichtigung der soziotechnischen Interdependenzen
- Bewertung von Maßnahmen (im Bereich von polity, politics und policy) hinsichtlich ihrer Wirkungstiefe (Transparenz, Vertrauensbildung / Aufarbeitung der Vergangenheit, Freiwilligkeit, Mitsprache- und Vetorechte, etc.).
- Analyse der Verteilung von Kosten/Nutzen sowie der Relevanz von monetären und nicht-monetären Anreizstrukturen bei der Standortsuche (Kompensationen, Investitionen, regionale ad-hoc Maßnahmen und Programme etc.)
- Identifizierung möglicher Marginalisierungseffekte und strukturellen Abhängigkeiten, die sich für Standortregionen ergeben können
- Überführung in ein Informationsdesign

**Workshop-Reihe E: Standortverantwortung / Zwischenlagerung.** Zielgruppe: Standortgemeinden und Beschäftigte von Entsorgungseinrichtungen. Die Workshop-Reihe wird exemplarisch an drei Zwischenlagerstandorten durchgeführt. (3. & 4. Jahr) (durchgeführt von CAU-LPEU und TUBS-iBMB)

In diese Workshop-Reihe wird die notwendige Verlängerung und mögliche Konsolidierung der Zwischenlagerung in der Verwirklichung eines Entsorgungspfades untersucht. Angesichts möglicher Zeitverläufe bei der Standortfindung könnte es sich als unumgänglich erweisen, Zwischenlager länger als geplant zu betreiben und sie sicherheitstechnisch weiter zu optimieren (Budelmann und Ott 2017). Das Modul zielt antizipativ auf die Bearbeitung erwartbarer soziotechnischer Konflikte und Herausforderungen. Der latente Konflikt soll bewusst „vorgezogen“ und vor Ort diskutiert werden. Dabei soll auch das Problem des Lastenausgleichs zur Sprache kommen. Gleichzeitig werden die technischen Anforderungen an den Betrieb und das Alterungsmanagement von kerntechnischen Anlagen bzw. Entsorgungseinrichtungen durch Mitarbeiter des iBMB und die Frage des Behältermanagements durch auslaufende Genehmigungszeiträume erörtert. Neben der Untersuchung der rechtlichen und technischen Möglichkeiten und Grenzen, gilt es, Bedingungen der Akzeptabilität und der prozeduralen Verwirklichung mit den Verantwortlichen gemeinsam herauszuarbeiten (so etwa die Position von Beschäftigten als Verantwortungssubjekte) und visuell darzustellen. Gleichzeitig werden hier Ergebnisse der Forschungen zu politischer Ökonomie und Kompensation mit betroffenen Standortgemeinden erörtert und präsentiert.

### Grundlagen:

- Analytische Rekonstruktion von Elementen distributiver und prozeduraler Gerechtigkeit sowie der ökonomischen Gerechtigkeit
- Analyse der Konfliktkonstellationen und -dynamiken in den Standortregionen, die sich von der Zwischen- auf die Endlagerproblematik übertragen können
- Ökonomische Analyse von Organisationsformen und Prozessverläufen, um eventuelle Verzögerungen oder Kostensteigerungen frühzeitig erkennen zu können
- 1. Analyse von Theorien distributiver Gerechtigkeit hinsichtlich der Verteilung von Lasten, sowie die interdisziplinäre Weitung des Gerechtigkeitsbegriffs um Aspekte der Sozialpsychologie und Soziologie; 2. Rekonstruktion und Plausibilitätsprüfung von Analogien; 3. Intergenerationale Kontextualisierung hinsichtlich prospektiver Chancengleichheit und Einschränkungen; 4. Entwicklung einer Gerechtigkeitsmatrix für Lastenverteilung
- Wissenschaftstheoretische Analyse von epistemischen Beständen und Wissensrepräsentationen der Entsorgungsforschung
- Sondierung, ob Methoden der *digital humanities* und *citizen science* sich auf das Transparenzproblem übertragen lassen
- Entwicklung und Überprüfung von Informationsdesigns zur Unterstützung der Arbeiten

**Workshop F:** *Was lernen wir aus dem transdisziplinären Forschungsansatz für die Standortsuche? Zielgruppe: staatliche Behörden, Akteure der Privatwirtschaft und zivilgesellschaftliche Akteure, alle Beteiligte der vorangegangenen Workshops (4. Jahr) (durchgeführt vom KIT-ITAS, in Kooperation mit HAFF).*

Dieser Workshop dient der Auswertung der transdisziplinären Forschungselemente und der Vorbereitung der Synthese der mit den Teilnehmenden erarbeiteten Ergebnisse. Er baut auf den ersten beiden Workshops von DIPRO auf und gleicht die dort formulierten inhaltlichen wie prozessualen Erwartungen an die transdisziplinäre Forschungsarbeit mit den realen Verläufen ab.

### Grundlagen:

- Klärung der Rechtslage, der Gerechtigkeitsvorstellungen und von Good Governance aus transdisziplinärer Perspektive
- Reflektion der Erkenntnisse aus der transdisziplinären Forschung auf Recht, Gerechtigkeit und Governance
- Wie können/müssen die technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen den Prozess der soziotechnischen Aufgabenstellung begleiten, um den gesellschaftlichen Akzeptabilitätsanspruch zu stützen?
- Weiterentwicklung der ENTRIA-Weltkarte zu einer online-Plattform als nachvollziehbares Element in der Forschungslandschaft.

***Multimedia-Werkstatt Transparenz und Nachvollziehbarkeit*** (durchgeführt von CAU-IFI, CAU-LPEU, FUB-FFU, ZBW, TUBS-iBMB)

Als transdisziplinäres Forschungslabor wird in DIPRO eine virtuelle Multimediawerkstatt eingerichtet, die über die gesamte Laufzeit unterschiedliche Zugänge zu Wissen und seiner Repräsentation (z. B. Visualisierung) bereitstellt und untersucht. Im Vordergrund steht dabei der Werkstatt-Gedanke als gemeinsamer Raum der Zusammenarbeit, Information und des Austausches unter Einbezug diverser Medien – es ist nicht unbedingt ein physischer Ort vonnöten. Insbesondere visuelle Informationsdesigns können den transdisziplinären Dialog und Forschungsprozess unterstützen und komplexe Sachverhalte und deren Verknüpfungen für Nichtakademiker zugänglicher machen. Im Zentrum steht die Entwicklung einer interaktiven Karte (WastemApp) zu Entsorgungsoptionen, eingesetzten Technologien, Abfallinventar, Genehmigungszeiträumen, politischen Protesten und Entscheidungsfindungen, die eine Weiterentwicklung der ENTRIA-Weltkarte zur Zwischenlagerung darstellt. Darüber hinaus wird geprüft, inwieweit hier entwickelte Informationsdesigns auch in anderen Modulen des Projekts Anwendung finden können oder wo Synergien gebildet werden können.

In Verknüpfung von wissenschaftstheoretischen und informationswissenschaftlichen Ansätzen werden epistemische Bestände und die Wissensrepräsentation auf öffentlichkeitswirksamen Onlineformaten (z. B. auf Twitter) analysiert und aufbereitet, um anschließend mit Methoden der digital humanities und open science eine größere Transparenz über Kommunikations- und Wissensbildungsprozesse herzustellen.

Die Werkstatt wird an die Workshops A, C, E und F angebunden, um zunächst Inhalte für die Informationsdesigns und Kartierung zu identifizieren und anschließend ihren Nutzen zu überprüfen. Die WastemApp wird einem kontinuierlichen transdisziplinären Review unterzogen. Schnittstellen bestehen zu den TAP HAFF und TRUST.

*Grundlagen:*

- Analyse von Wissensbeständen, Bildmaterial, Visualisierungen und Repräsentationsmedien im Hinblick auf Nachvollziehbarkeit und Diskurswirkung in der Entsorgungsfrage
- Entwicklung einer interaktiven Plattform WastemApp (auch als App für mobile Endgeräte)
- Unterstützung neuer Formen der transdisziplinären Kollaboration durch Einbindung von Narrativen und Informationsdesign
- Begleitende Forschung zum Einfluss der verarbeiteten Daten und transdisziplinäres Review
- Evaluation von Informationsdesign in transdisziplinären Arbeitsprozessen



*Ziel:*

Die Entwicklung und Evaluierung von Informationsdesigns innerhalb einer virtuellen Multi-mediawerkstatt leistet einen Beitrag zur Nachvollziehbarkeit von öffentlicher Meinung und Wissen über verschiedenen Ebenen des Entsorgungsproblems und trägt damit zu deren Prägnanz und intuitiver Verknüpfung bei. Informationsdesigns werden kontinuierlich und in enger Abstimmung mit den Workshops (agil) fortentwickelt und nach ihrem Einsatz evaluiert und webbasiert zur Nachnutzung zur Verfügung gestellt. Dadurch kann der Einfluss von Informationsdesign auf transdisziplinäre Wissensbildung und -vermittlung nachgezeichnet und systematisiert werden.

## 6.5 Tätigkeiten und Meilensteine

- T1: Konzeptentwicklung Transdisziplinarität
- T2: Tätigkeit Multimediawerkstatt
- T3: Entwicklung von Informationsdesign
- T4: Lessons Learned Informationsdesign
- T5: Vorbereitung der folgenden Workshops: Operationalisierung von Transdisziplinarität
- T6: Entwicklung von Informationsdesign
- T7: Lessons Learned Informationsdesign
- T8: Abschluss Informationsdesign
- T9: Vorbereitung Workshop D: Freiwilligkeit und Kompensationen
- T10: Entwicklung von Informationsdesign
- T11: Entwicklung von Informationsdesign
- T12: Entwicklung von Informationsdesign
- T13: Entwicklung von Informationsdesign
- T14: Erarbeitung Evaluationsbericht zum Informationsdesign
- T15: Erarbeitung Abschlussbericht
  
- M1: Konzept Transdisziplinarität
- M2: Gründung Multimediawerkstatt
- M3: Abschluss Informationsdesign
- M4: Workshop A: Interdisziplinäre, interne Verständigung mit externer Fachexpertise
- M5: Auswertung von M1 und M2 – Konzeptpapier
- M6: Abschluss Informationsdesign
- M7: Workshop B: „Wicked problem“ aus gesellschaftlicher Perspektive (Monat 18)
- M8: Abschluss Informationsdesign
- M9: Erster Zwischenbericht
- M10: Workshop C: Prämissen der Verfahrensgerechtigkeit und Fallstricke der Kommunikation
- M11: Entwicklung von Informationsdesign
- M12: Durchführung Workshop D: Freiwilligkeit und Kompensationen
- M13: Abschluss Informationsdesign
- M14: Workshop E-1: Standortverantwortung / Zwischenlagerung
- M15: Abschluss Informationsdesign
- M16: Durchführung Workshop E-2: Standortverantwortung / Zwischenlagerung
- M17: Abschluss Informationsdesign
- M18: Durchführung Workshop E-3: Standortverantwortung / Zwischenlagerung
- M19: Zweiter Zwischenbericht: Interdisziplinäre Auswertung der Workshop-Reihe mit dem TUBS-iBMB
- M20: Lessons Learned Informationsdesign
- M21: Auswertung/ Synthese Workshops

- M22: Workshop F: Was lernen wir aus dem transdisziplinären Forschungsansatz für die Standortsuche?
- M23: Abschluss Informationsdesign
- M24: Evaluationsbericht zum Informationsdesign
- M25: Abschlussbericht: Monat 60

	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4				Jahr 5			
	Quartal				Quartal				Quartal				Quartal				Quartal			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T1: Konzeptentwicklung Transdisziplinarität	■	■																		
M1: Konzept Transdisziplinarität			■																	
M2: Gründung Multimedia- werkstatt		■																		
T2: Tätigkeit Multimedia- werkstatt			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
T3: Entwicklung von Infor- mationsdesign	■	■	■																	
M3: Abschluss Informations- design				■																
M4: Workshop A: Interdis- ziplinäre, interne Verständi- gung mit externer Fachex- pertise				■																
M5: Auswertung von M1 und M2 – Konzeptpapier					■															
T4: Lessons Learned Infor- mationsdesign				■	■															
T5: Vorbereitung der folgen- den Workshops: Operationa- lisierung von Transdiszipli- narität						■	■													
T6: Entwicklung von Infor- mationsdesign					■	■														
M6: Abschluss Informations- design							■													
M7: Workshop B: „Wicked problem“ aus gesellschaftli- cher Perspektive (Monat 18)							■													
T7: Lessons Learned Infr- mationsdesign						■	■													
M8: Abschluss Informations- design								■												
M9: Erster Zwischenbericht										■										
M10: Workshop C: Prämis- sen der Verfahrensgerech- tigkeit und Fallstricke der Kommunikation											■									
M11: Entwicklung von Infor- mationsdesign							■	■												
T8: Abschluss Informations- design										■										



## 7. Formative und reflektierende Begleitung der transdisziplinären

### Entsorgungsforschung

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 gerichtete (Bergmann et al. 2005), und professionelle (Selbst-)Beobachtung durch inter- und transdisziplinäre Spezialisten sowie eine theoretisch-konzeptionelle Selbstreflexion ermöglicht, also „Transdisziplinaritätsforschung“ leistet (vgl. auch 2.2). Dies wird in der Literatur auch als „Begleitforschung“ (accompanying research) bezeichnet. Um Missverständnisse und Verwechslungen mit anderen ebenfalls als Begleitforschung bezeichneten Programmen (außerhalb des TD-Kontexts) zu vermeiden, wird dieser Begriff jedoch nachfolgend nur dort verwendet, wo auf einschlägige Literatur verwiesen wird, und ansonsten vermieden. Diese theoretisch-konzeptionelle Selbstreflexion hat früh zu beginnen und wurde im Rahmen des Projekts „Entsorgungsforschung am Wendepunkt? Transdisziplinarität als Perspektive für die Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“ (2018) mit Förderung durch das Land Niedersachsen bereits initiiert. Sie hat auch zu berücksichtigen, ob die etablierte TD-Forschung (Krohn et al. 2017, Mittelstrass 2018) mit ihren Prämissen und Basisideen im Fall der konfliktgeprägten nuklearen Entsorgungsforschung im deutschen Fall ertragreich ist und den Standortauswahlprozess so indirekt unterstützt. Ein Team aus KIT-ITAS, ETH-TdLab und FFU wird diese begleitende Untersuchung durchführen (Steuerungsgruppe für die TD-Beobachter, vgl. 2.2).

#### 7.1 Begründung der begleitenden Untersuchung

Im Forschungsdesign von TRANSENS spielt der konstruktive Austausch zwischen Spezialistinnen und Spezialisten mit Nicht-Spezialistinnen und Nicht-Spezialisten zu Fragen der nuklearen Entsorgung eine besondere Rolle. Sie verständigen sich eingangs und ausführlich über ihre Wahrnehmungen des Problems, das bei der nuklearen Entsorgung (aktuell) im Vordergrund steht und welche Perspektiven für die Entscheidungen in der nuklearen Entsorgungspolitik und dem zugehörigen Abfallmanagement handlungsleitend sind. Dabei wird auch Dissens als solcher anerkannt. Dass die damit verbundenen Themen in besonderer Weise vertrackt (wicked) sind, ist Teil des gemeinsamen kleinsten Nenners. Dabei wird immer wieder ein Set anspruchsvoller Fragen an die einschlägigen Spezialisten gerichtet, und es kommt wiederholt zu Situationen, bei denen die Spezialistinnen und Spezialisten einräumen müssen, dass der Forschungsstand mehr oder weniger große Lücken aufweist oder die einschlägigen Fachmeinungen einer pointierten Befragung nur bis zu

einem gewissen Grad standhalten können – insbesondere wenn das Besondere des deutschen Falls mit bedacht werden soll. Kurzum: Ein *wicked problem* ist ein nur schwer zu bestimmendes Problem, zu dem es unterschiedliche Sichtweisen gibt, wobei mangels klarer Definition auch keine der Positionen die ‚wahre‘ oder ‚richtige‘ ist (vgl. Rittel und Weber 1973).

Viele der entsprechenden Nachfragen adressieren akademische Wissensbestände, die verschiedenste Theorie- und Praxisebenen einerseits berühren. Sie berühren andererseits aber oft auch soziotechnische Herausforderungen, in die sozial-, geistes- und rechtswissenschaftliche Expertise ebenso einzugehen haben wie natur- und ingenieurwissenschaftlicher Stand von Wissenschaft und Forschung. Daraus leiten sich Verhandlungen (fachlich und öffentlich-diskursiv) ab, die im deutschen Entsorgungskontext noch keine Selbstverständlichkeit darstellen. An dieser nicht einfachen Anerkennung von Umständen setzt das Projekt TRANSENS an, wenn es interdisziplinär erfahrene, aber auch proaktiv forschende Teams mit dem Auftrag unabhängiger, aber auch anwendungsorientierter Grundlagenforschung aufstellt. Damit wird die nukleare Entsorgung des deutschen Falls in einer besonderen Breite und Tiefe untersucht.

## 7.2 Stand von Wissenschaft und Technik

Ein Review einschlägiger Quellen fördert unter dem Begriff „Begleitforschung“ (oder *Accompanying Research*) nur sehr wenige Veröffentlichungen zu Tage; empirisch unterfüttert wurde dieser Befund durch ausführliche Recherchen mit Google Scholar. Das Ergebnis ist, dass es kaum wissenschaftliche Literatur gibt, die in Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen Projekt wesentlich wäre. Eine Ausnahme bieten die Beiträge von Defila und Di Giulio (2018) und Fiedeler et al. (2010). Defila und Di Giulio schlagen ein instruktives Konzept vor, das aus drei Komponenten besteht und auf Beobachtungen und Erfahrungen zu den transdisziplinär orientierten Reallaboren (z. B. Wagner und Grunwald 2015) in Deutschland zurückgeht und mit den Erkenntnissen von Fiedeler et al. (2010) verbunden werden kann: *Forschung, Beziehung zu den Forschungsakteuren* und *prozessbezogene Aufgaben* sind die drei Komponenten. Ersteres bezieht dieses Konzept auf die Begleitforschung selbst und fragt nach dem wissenschaftlichen Wissen, welches dabei erzeugt wird. Dazu gehört Wissen über das *Programmthema*, den *Forschungsprozess*, die *Wissensintegration* – sowohl inhaltlich als auch bezogen auf den Prozess. Unter der zweiten Komponente verstehen die Autoren die Beziehung der Begleitforschung mit dem eigentlichen inhaltlichen Forschungsprogramm. Interessant für das vorliegende Vorhaben ist das, was die Autoren als *„collaboration with the project“* bezeichnen. Nebst der eigentlichen Wissensgenerierung kommt hier der Begleitforschung eine gestalterisch-formative Rolle zu: *„(...) accompanying researchers and the other researchers become part of the same process they are co-creating and co-experiencing“* (Defila und Di Giulio 2018:100). Die dritte Komponente bezieht sich nicht ausschließlich auf Forschung und beinhaltet u. a. Verbreitung von Projekterkenntnissen (dissemination).

Durch die Mehrfachrolle von *Wissen-Schaffen*, *Prozess-Beobachtung* und *Gestaltung* (durch direkte Interaktion) unterscheidet sich Begleitforschung (trotz des formativen Charakters) von Evaluation, da unterschiedliche Ziele verfolgt werden (Gestaltung/Reflexion vs. Beurteilung/Bewertung). Begleitforschung kann je nach Kontext also unterschiedliche Bedeutung haben. Sie ist aber z.T. auch umstritten, wie Fiedeler et al. (2010) festhalten; sie ist daher analytisch zu begründen.

Begleitforschung erfolgt häufig eng verbunden mit Forschungsprogrammen zu neuen Technologien, die per se Risiken implizieren (wie Nanotechnologie vor einigen Jahren). Dabei wird ihr die Einordnung und Bewertung dieser Risiken und anderer Effekte der Technologie zugesprochen (Fiedeler et al. 2010). Fiedeler und Kollegen benennen neun unterschiedliche Felder, bei denen Begleitforschung zum Tragen kommt (z. B. Technology Assessment: hier handelt es sich eher um eine Reflexion über technologische Entwicklung als um ein Impact Assessment i.e.S. und orientiert sich entsprechend eher an gesellschaftlichen Fragestellungen): Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass *“all accompanying research investigates the interaction between technology and/or science on the one hand, and society on the other.”* (ibid.: 3). In Ermangelung einer Definition, was ‘Begleitforschung’ genau ist, sehen die Fiedeler et al. zwei Ansätze damit umzugehen: (1) *formale* Zuordnung als ‘Begleitforschung’ seitens der „funding agency“; (2) Inhalt (*substantive*) bezogene und Kriterien basierte Zuordnung einer Forschungsaktivität. Diese auf den ersten Blick unbedeutende Unterscheidung hat einen politischen Hintergrund, der wiederum zeigt, wo die Streitigkeit zu solcher Forschung zu verorten ist: Braucht es solche „Zusatzforschung“ und falls ja, in welchem Verhältnis soll ihr Anteil zur eigentlichen Technologieforschung liegen? Damit lässt sich Begleitforschung substantiell von „Impact“-Forschung, also Forschung über Wirkungsgefüge, abgrenzen, die üblicherweise im Rahmen von Technologieforschung erfolgt. Wie nun Begleitforschung konkret charakterisiert wird, dazu geben Fiedeler und Kollegen wenig Hinweise.

### 7.3 Ziele der begleitenden Untersuchungen

Weil die ‘transdisziplinäre Entsorgungsforschung’ der zentrale Gegenstand ist, wird auf Defila und Di Giulio zurückgegriffen. Ihr Dreiklang von *research*, *relationship to actors* und *process related tasks* wird verknüpft mit dem 3-Phasenmodell von Jahn et al. (2012) (vgl. auch Pohl et al. 2017) und den „Erfolgsfaktoren“ transdisziplinärer Forschung (z. B. Zscheischler et al. 2018). Gegenstand der begleitenden Forschung ist die transdisziplinäre Forschung in den TAP HAFF, SAFE, TRUST und DIPRO. Ausgehend davon werden die plausiblen Grundmerkmale transdisziplinärer Forschung herausgearbeitet und kritisch daraufhin weiterentwickelt, wie sie im Kontext nuklearer Entsorgungsforschung theoretisch-konzeptionell auszurichten sind und welche Struktur sie für das Forschungsdesign vorbestimmen. Dies wird in einer frühen Projektphase ausgearbeitet. Im Fokus ist damit die mittlere Phase, also die Analyse/interdisziplinäre Integration/Wissensproduktion (Co-Produktion) (vgl. Jahn et al. 2012; Lang et al. 2012; Pohl et al. 2017), wobei je nach TAP auch

Elemente aus Phase 1 (problem framing = Co-Design) und 3 (Implementierung) zum Tragen kommen. Ergänzend dienen die Gestaltungsprinzipien von Pohl und Hirsch Hadorn (2006) sowie „Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung“ von Bergmann et al. (2005) als Leitlinien für die Gestaltung von TRANSENS.

Damit werden Grundlagen nicht nur für das gemeinsame Problemverständnis bei Nicht-Spezialistinnen und Nicht-Spezialisten ermittelt. Auch wird in den ersten Meetings mit den Nicht-Spezialistinnen und Nicht-Spezialisten der Themenhorizont erkundet, der aus der Sicht der Nicht-Spezialisten und des Forschungsteams vertieft zu betrachten ist, um transdisziplinäres Wissen zu erzeugen. Entsprechend der thematischen Herausforderungen werden die Methoden und Werkzeuge reflektiert, sukzessiv angepasst und bei Bedarf erweitert. Die Interaktion zwischen Wissenschaft und Praxis ist dabei Tool für die Praxis und wird gleichzeitig für die nukleare Entsorgung fortgeschrieben. Inhalt und das Fortschreiben des konzeptionell-methodischen Verständnisses werden in Schleifen, aber kontrolliert und systematisch vorangetrieben.

Das Ziel dieses Forschungspakets ist somit die formative und reflektierende Begleitung der TAP-Forschenden und der am Forschungsprozess weiteren beteiligten Gruppen und folgt der Fragestellung: (1) Welche Erkenntnisse lassen sich aus dem transdisziplinären Zusammenspiel von Wissenschaftlern und Akteuren aus der Zivilgesellschaft am Thema nukleare Entsorgung für den weiteren Pfad der nuklearen Entsorgung erzielen? (2) Wie kann ein solcher Prozess kontinuierlich verbessert werden, sodass neues transdisziplinär erzeugtes Wissen geschaffen werden kann? (3) Welches Wissen wird dabei erzeugt? (4) Wie fließt das Wissen zurück in die beteiligten Disziplinen, und (5) mit welchem akademischen Mehrwert? Wir erwarten entsprechende Erkenntnisse, wie transdisziplinäre Forschung im spezifischen Kontext nuklearer Entsorgung gestaltet werden und wie sie ihre Qualität als Forschung steigern und wie sie die Reflexion des aktuellen Standortauswahlverfahrens unterstützen kann; dieses spezielle Wissen wird für das angelaufene Standortauswahlverfahren zur Verfügung gestellt. Zudem erwarten wir, dass die Analyse der transdisziplinären Forschungsaktivitäten auch Hinweise liefern wird, wie die Kommunikation zwischen Wissenschaft und den Beteiligten des Standortauswahlverfahrens und der Bevölkerung verbessert werden kann.

#### 7.4 Arbeitsprogramm

Wir beziehen bei TRANSENS mehreren Dutzend Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie einer Vielzahl Beteiligter aus der zivilen Gesellschaft mit ein. Es wird je nach TAP unterschiedliche Formungen transdisziplinärer Arbeit geben; dabei ist die transdisziplinäre Interaktion unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Krütli et al. 2010a; Pohl et al. 2017). Hierfür müssen jeweils spezifische Methoden und Werkzeuge (vgl. z. B. <http://www.tdlab.usys.ethz.ch/toolbox.html>) angewendet werden, die je nach Situation weiterentwickelt bzw. adaptiert werden müssen. Zudem muss das erzeugte Wissen integriert werden. Das heißt, disziplinär, interdisziplinär und transdisziplinär erzeugtes Wissen muss



aufeinander bezogen und abgestimmt werden. Das setzt voraus, dass von Beginn an alle (inter-)disziplinär und transdisziplinär arbeitenden Forscherinnen und Forscher sowie die „extended peer community“ (= z. B. Akteure der Bevölkerung) (Funtowicz und Ravetz 1993) in einen Integrationsdialog einbezogen werden.

### *Projektjahr 1*

In einem ersten Schritt erfolgt eine theoretisch-konzeptionelle Verortung der Positionen in TRANSENS. Das heißt, es müssen, basierend auf oben erwähnten Ansätzen, Rahmen und Formate des transdisziplinären Vorgehens sowie die Kommunikation innerhalb und zwischen den Forschungspaketen von TRANSENS entwickelt und bestimmt werden. Im Detail sind Art, Umfang und Format der Reflexion der Interaktion zwischen den forschenden Spezialisten und Nicht-Spezialisten festzulegen. Dazu wird von einem erfahrenen interdisziplinären Team ein Lern- und Reflexionsprozess angestoßen und etabliert. Dabei müssen z. B. die Denkklogiken (Fleck 1979) der beteiligten Wissenschaftler mit ihren disziplinären sowie inter- und transdisziplinären Ansätzen und der außerwissenschaftlichen Akteure aufgenommen und sichtbar gemacht werden, um Voraussetzungen für einen sinnvollen Dialog zu ermöglichen. Wir greifen hier u. a. auf die Methodik des 10-step von Pohl et al. (2017) zurück, um die Forschenden für das transdisziplinäre Forschungsvorhaben vorzubereiten und ein erstes gemeinsames Verständnis dafür zu entwickeln. Gleichzeitig müssen die angedachten und im Rahmen dieser Vorhabenbeschreibung vorgeschlagenen transdisziplinären Elemente gemeinsam mit den beteiligten Bevölkerungsgruppen (z. B. AGBe – Arbeitsgruppe Bevölkerung) verfeinert und ggf. angepasst sowie mit den weiteren transdisziplinären Formaten (z. B. Fokusgruppen) verbunden werden. Als unabhängiges Instrument starten die TD-Beobachter, die die einzelnen transdisziplinären Formate beobachten, methodisch reflektieren und ihre Beobachtungen mit den jeweiligen Leitungsteams (TAP-Leitungen, I-TD etc.) austauschen. Im Vordergrund steht dabei das Ziel, die Interaktion und den inhaltlichen Austausch zwischen Spezialisten und Nicht-Spezialisten reflektierend zu begleiten, zu verbessern und klassische Kommunikationspannen nach Möglichkeit zu vermeiden. Zudem startet der Prozess der transdisziplinären Wissensintegration (Bammer 2008, Hoffmann et al. 2017, Klein 2012, Truffer 2007) zu Beginn im ersten Jahr. Dazu wird ein Raster entwickelt, um das unterschiedliche Wissen zu strukturieren und in Beziehung zueinander zu setzen. Wir greifen dabei als Startpunkt auf das Framework von Enengel et al. (2012) zurück. Enengel et al. strukturieren transdisziplinäre Forschung längs der vier W's: Who (Akteure); When (Forschungsphase); What (Wissens-typen); Why (Ziele und Formen der Akteursintegration). In Ergänzung dazu kommen das eingangs erwähnte Begleitforschungs-Konzept von Defila und Di Giulio (2018) und die Gestaltungsprinzipien von Pohl und Hirsch Hadorn (2006) zur Anwendung. Im ersten Jahr werden auch die transdisziplinären Formate wie die Arbeitsgruppe Bevölkerung (AGBe) etabliert und in den Integrationsprozess eingebunden (vgl. dazu TAP TRUST, SAFE).

Im Wesentlichen erfolgt die Begleitung in den jährlich zweimal stattfindenden Treffen des gesamten TRANSENS-Teams sowie gezielt in den von den TAP beschriebenen Aktivitäten.

#### *Projektjahre 2-4*

In den Jahren 2-4 geht es in erster Linie um die konkrete Gestaltung und kontinuierliche Weiterentwicklung des transdisziplinären Forschungsprozesses basierend auf der Baseline des ersten Projektjahres. Das heißt, die Jahre 2-4 des Vorhabens dienen der Anwendung und damit der konkreten Ausgestaltung der transdisziplinären Forschung. Die im ersten Jahr entwickelten Kriterien und Werkzeuge werden laufend adjustiert und weiterentwickelt. Ein besonderes Augenmerk gilt hier u. a. Funktion, Umfang und Grad der Zielerfüllung der „extended peer community“. Dabei kann und soll nach Möglichkeit das vorab definierte erweiterte Akteursspektrum (z. B. AGBe) ggf. erweitert werden im Sinne eines explorativen Auslotens der Möglichkeiten der transdisziplinären Wissenschafts-Gesellschaftsgruppen im Kontext der nuklearen Entsorgung (vgl. Bergmans et al. 2008). Damit ist gemeint, dass sich ggf. im Rahmen des Forschungsprozesses bzw. in der Interaktion der beteiligten Akteure neue Fragen auftun, zu deren Bearbeitung weitere gesellschaftliche Gruppen einbezogen werden müssen. Dieser formative Ansatz (Bergmann et al. 2005) bedingt eine kontinuierliche Analyse und Reflexion der Arbeiten der TAP. Methodisch erfolgt das über Workshops, Interviews und teilnehmende Beobachtung. Teilnehmende Beobachtung ist eine Methode der Sozialwissenschaften (z. B. Anthropologie, Soziologie) und will Erkenntnisse über Handeln und Verhalten der beobachteten Akteure gewinnen (z. B. Weischer und Gehrau 2017). Dabei dienen die im ersten Jahr entwickelten Kriterien, nach denen die transdisziplinäre Forschung untersucht werden soll, als Richtschnur; diese Kriterien werden aufgrund der laufenden Erkenntnisse kontinuierlich spezifiziert und ausgestaltet und an die Forschenden zurückgespiegelt um mitunter den eingangs erwähnten Reflexionsvorgang zu befeuern. Letzteres erfolgt im Rahmen der zweimal jährlich stattfindenden TRANSENS-Treffen und dazwischen nach Bedarf.

#### *Projektjahr 5*

Das letzte Jahr dient wiederum der Wissensintegration und der kritischen Reflexion des Erreichten. Die Ergebnisse aus den TAP werden längs des im ersten Jahr entwickelten transdisziplinären Integrationskonzepts zusammengeführt und miteinander in Bezug gestellt. Die Kern-Ergebnisse werden im Rahmen eines Workshops ausgetauscht; dabei wird jedes Team den disziplinären und den transdisziplinären Wissens- und Erkenntniszuwachs aufzeigen und bezogen auf das Gesamtziel des TRANSENS-Vorhabens darstellen. Um diesen Integrationsprozess zu organisieren, wird auf die im ersten Jahr identifizierten methodischen Werkzeuge zurückgegriffen.

### *Erwartetes Ergebnis*

Aus dem Projekt der formativen und begleitenden Untersuchung von TRANSENS werden min. drei Publikationen erwartet. Je ein Aufsatz zu transdisziplinärer Wissensintegration und zur Ausgestaltung von transdisziplinärer Forschung im Kontext nuklearer Entsorgung soll in geeigneten Wissenschaftszeitschriften (z. B. Futures, Gaia, Sustainability Science) erscheinen. Eine weitere Publikation soll in Form eines ‚transdisziplinären best-practice Reports‘ für die beteiligte extended community und weitere mit dem Thema beschäftigte Personengruppen innerhalb und außerhalb des wissenschaftlichen Systems bereitgestellt werden. Letzteres wird durch Outreach-Aktivitäten wie Printmedienbeiträge, Workshops und/oder Präsentationen erfolgen. Außerdem werden Ergebnisse transdisziplinären Arbeitens (z. B. über die virtuelle Multimediawerkstatt) online zur Nachnutzung bereitgestellt.

## 7.5 Meilensteine

Thema	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4				Jahr 5			
	Quartal				Quartal				Quartal				Quartal				Quartal			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Grundlagenarbeiten		M1	M2	M3																
Analyse TD Forschungsaktivitäten						M4		M4		M4		M4		M4		M4		M4		M4
Weiterentwicklung TD/Reflexion																				
Wissensintegration			M5																	M6

- M1: TD Gruppe konstituiert
- M2: Begleitforschungskonzept erstellt; Rahmen und Formate TD & Vorgehen und Kommunikation innerhalb TRANSENS fixiert; Reflexionsstrategie (Form und Umfang) festgelegt
- M3: Erste Interaktionen zwischen Wissenschaftlern und Akteuren der Zivilgesellschaft
- M4: Beobachtung Interaktion
- M5: Konzept Wissensintegration erstellt
- M6: Workshop Wissensintegration

## 8. Aus- und Weiterbildung (EDU)

Das neue Standortauswahlverfahren benötigt Spezialisten mit Disziplin übergreifenden Kompetenzen, insbesondere unter Einbezug der soziotechnischen Perspektive. Sicherlich kann im Rahmen eines einzelnen 5-jährigen Projekts der Kompetenzverfall nicht vollständig kompensiert werden. Es wurde aber in ENTRIA gezeigt, dass es möglich ist, junge Menschen für das Feld der nuklearen Entsorgung zu begeistern. Ein Teil der Absolventen arbeitet auch nach dem Abschluss im Feld der nuklearen Entsorgung gerade auch bei aufsichtsführenden Behörden und Institutionen. In vergleichbaren Verfahren, wie zum Beispiel beim Schweizer Sachplan, treten Spezialisten in hoher Frequenz mit der Öffentlichkeit in Kontakt, und zwar sowohl informierend als auch Input aufnehmend. Daher soll das in ENTRIA begonnene und bewährte Konzept der interdisziplinären Ausbildung fortgeführt und im Hinblick auf Transdisziplinarität ausgebaut werden.

Sehr wichtig ist aber auch ein zweiter Gesichtspunkt von EDU. Ausbildung ist in dem hier beantragten Format nicht „one-way“. Es sind nicht nur die Doktoranden oder Studierenden die von „Seniors“ ausgebildet werden. Schon die Erfahrungen in ENTRIA haben gezeigt, dass sehr wertvolle Impulse an die Ausbilder zurückgeliefert werden. Dies betrifft zum einen die „jungen Wissenschaftler“, die neue Sichtweisen an die erfahreneren Kollegen vermitteln. Dies wird auch in EDU aber insbesondere der Fall sein beim Aufgreifen von Impulsen, alternativer Betrachtungen und eben auch „außeruniversitären Wissens“ an alle Projektbeteiligten in TRANSENS.

Die Mitarbeiter in EDU sollen sich hinsichtlich Ausbildungsformaten und -inhalten international vernetzen. Hierzu gehört nicht nur das Auftreten und Berichten auf internationalen Konferenzen, sondern auch die Organisation von Sessions zu interdisziplinärer Ausbildung. Im Rahmen von EDU werden internationale Sommerschulen organisiert, die die Entsorgungsproblematik im interdisziplinären Kontext behandeln. Referenten sind neben Projektmitarbeitern mindestens in paritätischem Maßstab auch externe Wissenschaftler und Fachleute, um neben dem Ausbildungsaspekt externer Studierender / Doktoranden und Post-Docs diese Sommerschulen gleichzeitig zur internationalen Vernetzung der Projektmitarbeiter zu nutzen. Ferner werden die Mitarbeiter durch EDU in Kontakt treten mit europäischen Initiativen mit verwandtem Kontext. Vor allem sind dies zur Zeit ENEN (European Nuclear Education Network, <http://www.enen-assoc.org/>), das NRC-network (The European Network on Nuclear and Radiochemistry Education and Training, <http://nrc-network.org/>), MEET-CINCH (A Modular European Education and Training Concept In Nuclear and RadioCHEmistry, <https://www.cinch-project.eu/>), EUTERP (European Training and Education in Radiation Protection, <http://www.euterp.eu/>) und EURADOS (The European Radiation Dosimetry Group, [www.eurados.org](http://www.eurados.org)) hinsichtlich deren Winter Schools.

## 8.1 Ziele von EDU

EDU hat Aus- und Weiterbildung sowie Zusatzqualifikation – hauptsächlich aber nicht ausschließlich – der TRANSENS-Projektbeteiligten zum Ziel. Dies wird durch eine Vielzahl von Formaten erreicht. Das wichtigste ist die gegenseitige Ausbildung der verschiedenen Disziplinen untereinander, die sich bereits in ENTRIA bewährt hat. Die dort gewählte Form der Bearbeitertreffen soll in EDU geschärft werden, indem ein Doktorandenkolleg aufgebaut wird, das nicht nur regelmäßige Treffen der Projektmitarbeiter zu spezifischen Themen beinhaltet. Vielmehr wird zu Beginn des Projekts ein Konzept der kontinuierlichen aufbauenden interdisziplinären Förderung junger Projektmitarbeiter erarbeitet, so dass die Mitgliedschaft in diesem Kolleg einen echten Mehrwert zu den jeweiligen, meist schwerpunktmäßig disziplinären, Promotionen beinhaltet. Neben den halbjährlich abzuhaltenden Treffen sind dies auch die interdisziplinäre Ringvorlesung, Internships und Sommerschulen. Zusätzlich sollen in EDU, aufbauend auf den in ENTRIA gemachten Erfahrungen, echt interdisziplinäre Promotionen, also solche, die an mehreren Fakultäten angebunden sind, durchgeführt werden.

Eine weitere Komponente von EDU, die schon die Brücke zu echter transdisziplinärer Forschung bildet, ist das Heraustreten der jungen Mitarbeiter oder eventuell auch Studierender in die Öffentlichkeit im Rahmen sogenannter transdisziplinärer Fallstudien. Transdisziplinäre Fallstudien sind projektbasierte und forschungsorientierte Formate, die realweltliche Probleme zum Gegenstand haben und gemeinsam mit Praxisakteuren definiert (problem-framing) und bearbeitet werden (Co-Produktion). Basierend auf einer vertieften Analyse sollen am Schluss Lösungsräume skizziert und bewertet werden. Idealerweise werden die Themen in transdisziplinären Fallstudien so gelegt, dass sich Mitarbeiter aus Natur-, Ingenieur, Sozial- und Geisteswissenschaften beteiligen können. Lernziele sind: einen 'Fall' zu bearbeiten, d. h. ein realweltliches Problem in Forschungsfragen zu reformulieren, in Teilgruppen die Fragen mit disziplinären und transdisziplinären Methoden zu untersuchen (d. h. gelernte Methoden anzuwenden und auf eine spezifischen Problem zu adaptieren) und Lösungsräume zu skizzieren; Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen und Praxiswissen zu integrieren; einen intensiven Austausch mit anderen Disziplinen und mit Stakeholdern zu realisieren; wissenschaftliche Ergebnisse für ein interessiertes nicht wissenschaftliches Zielpublikum aufzubereiten und zu kommunizieren. Idealerweise ist das in einer transdisziplinären Fallstudie erzeugte Wissen von direktem Nutzen für den Praxispartner. Die Studierenden lernen dabei auch, sich außerhalb der disziplinären 'comfort zone' zu bewegen und ein mitunter umstrittenes Thema in all seinen soziotechnischen Facetten zu verstehen.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich nuklearer Entsorgung muss sich an der Entwicklung der in diesem Feld erwachsenden Notwendigkeiten orientieren. Wie in Kapitel 1 dargelegt, beinhalten diese immer stärkere interdisziplinäre Komponente und die Dialogfähigkeit, z. B. der Techniker, sich auch im sozialwissenschaftlichen Umfeld, zumindest rudimentär auszukennen und ausdrücken zu können. Diese Art

der Aus- und Weiterbildung ist von einem einzelnen Lehrstuhl nicht leistbar, häufig nicht einmal von einer einzelnen Hochschule. Die in TRANSENS versammelte Vielfalt von Disziplinen bietet hingegen einen in Deutschland einzigartigen Fundus aus dem für die Aus- und Weiterbildung geschöpft werden kann.

Neben den Aktivitäten innerhalb des Projekts sollen TRANSENS Mitarbeiter durch die Module von EDU aber auch mit verschiedensten Akteuren außerhalb des Projekts interagieren. Es soll Expertise von außen genutzt werden, so dass den TRANSENS-Mitarbeitern internationales Expertenwissen zur Verfügung gestellt werden kann. Das geeignetste Instrument hierfür ist das Abhalten themenbezogener 2-wöchiger Sommerschulen, in den sowohl TRANSENS-Mitarbeiter ihre Ergebnisse präsentieren, als auch internationale Experten den Stand der internationalen Forschung darlegen. Zudem bieten Sommerschulen einzigartige Möglichkeiten, für junge Menschen mit etablierten Spezialisten in persönlichen Kontakt zu treten und Netzwerke aufzubauen. Schulen dieser Art wurden von den Antragstellern bereits vielfach durchgeführt. Auswertungen und follow-up Umfragen unter den ehemaligen Teilnehmern zeigten, dass genau diese Möglichkeiten sich extrem positiv auf die Karriereentwicklung ausgewirkt haben und mehr als die Hälfte der jungen Menschen fünf Jahre nach der Schule noch im jeweiligen Bereich tätig war. Dieses Instrument ist als zur Nachwuchsförderung besonders geeignet, jedoch nicht mit internen Mitteln der Projektpartner finanzierbar.

## 8.2 Arbeitsprogramm (geplante Arbeiten)

Hier werden die geplanten Arbeiten nach Modulen geordnet stichwortartig abgebildet. Jeweils angegeben sind Zielgrupp(en), Gegenstand und Inhalt der Veranstaltung sowie das Format.

### ***Modul EDU1: Interdisziplinäre Ausbildung Innerhalb des Projekts: Doktorandenkolleg (alle Institute, 1-2 mal jährlich)***

Zielgruppe: Doktoranden

Topic: Im Vordergrund steht die Ausbildung hinsichtlich des transdisziplinären Arbeitens. Jedoch sollen auch disziplinäre Themen Gegenstand des Kollegs sein, um ein gegenseitiges Verständnis der jeweiligen anderen Disziplinen zu erreichen. Die Erfahrung der Antragsteller zeigt, dass hierdurch auch eine interdisziplinäre Sprechfähigkeit aller Mitarbeiter über grundlegende Aspekte aller in TRANSENS beteiligten Disziplinen auf der Basis eines Gesamtüberblicks erreicht wird. Dies ist für die transdisziplinären Arbeiten unabdingbar.

Format: Workshops mehrere Tage evtl. vor oder nach Projekttreffen

**Modul EDU2: ENTRIA Ringvorlesung (LUH-IRS, jährlich)**

Zielgruppe: junge Wissenschaftler (Doktoranden) in TRANSENS und Studierende

Topic: Kernenergie Grundlagen und interdisziplinäre Sichtweisen

Format: Vorlesung

**Modul EDU3: Interdisziplinäre Promotionen (KIT-INE im TAP HAFF, TUC-IELF mit KIT-ITAS im TAP SAFE)**

Zielgruppe: Doktoranden

Topic: übergreifende Themen

Format: Anbindung an mehreren Fakultäten

**Modul EDU4: Behördenseminar (1 oder 2 Tage)**

Zielgruppe: Behördenmitarbeiter, externe Gäste mit fachlichem Hintergrund nach Einladung.

Topics: Weiterbildung zum Thema „Transdisziplinäre Forschung im Bereich der nuklearen Entsorgung und Einführung in die komplementären soziotechnischen Herausforderungen“ (Ausrichtung auf die Vermittlung konzeptioneller Grundlagen, Ansatzpunkte und Methoden)

Transdisziplinäre Forschung als etablierter Ansatz, Tiefenlager mit Rückholbarkeit und ihre Sicherheit, New Governance und rechtswissenschaftliche Kontexte, Technikfolgenabschätzung, sicherheitstechnische Problemstellungen.

Transdisziplinäre Arbeit zu je einem ausgewählten Thema aus den TAP des Vorhabens TRANSENS

Format: Klassische Vorträge, transdisziplinäre Arbeit im Seminar

**Modul EDU5: TA von KIT-ITAS**

Zielgruppe: von Grad. Student bis PostDoc

Topic: Technikfolgenabschätzung und Governance in der nuklearen Entsorgung

Format: Internship, Praxisorientierte Einführung in problemorientierte Forschung und Forschung jenseits disziplinärer Grenzen. (Wochenseminar in Karlsruhe)



**Modul EDU6: Internationale / Nationale Sommerschulen (LUH – IRS)**

Zielgruppe: Doktoranden und Postdocs mit Erfahrung in der nuklearen Entsorgungsforschung, von Grad. Student bis PostDoc

Topic: 1-2 Tage Grundlagen, dann Spezialthema aus TRANSENS

Die Schule verbindet ca. 50% disziplinäre, technische Themen aller in TRANSENS vertretenen Disziplinen wie Strahlenschutz, Ingenieurs- und Geowissenschaften, Werkstoffkunde, mit 50% inter- und transdisziplinären Darstellungen konzeptioneller Ansätze der Technikfolgenabschätzung (TA), politik- und sozialwissenschaftlicher Grundlagen, Verknüpfung disziplinären Wissens mit transdisziplinären Kontexten, Methodenlehre, „Von der Analyse zur Empfehlung“, Konzepte problemorientierter Forschung.

Format: Sommerschule(n) nach Vorbild der von LUH-IRS durchgeführten ENTRIA Sommerschule 2016 in Bad Honnef mit interdisziplinärerem Charakter. Auch KIT-ITAS verfügt über ein Veranstaltungskonzept zu „TA und Governance bei der nuklearen Entsorgung“, das praxisnah entwickelt und bereits eingesetzt wurde. Praktische Übungen, Kurzvorträge aus der Praxis der Teilnehmer, Einführen in die Realisierung problemorientierter Forschung sind Teil des Konzeptes.

Ein Anteil externer Redner von mindestens 50% stärkt den nach TRANSENS hineingetragenen Input von externer Expertise.

**Modul EDU7: Organisation von Sessions auf internationalen Konferenzen (alle Institute)**

z. B. LUH-IRS: MARC 2021 sowie IHLRWM

Zielgruppe: Wissenschaft

Topic: Sowohl disziplinäre Arbeiten aber vor allem auch interdisziplinäre Ausbildung

Format: Übernahme einer Session

**Modul EDU8: TRANSENS transdisziplinäre Fallstudien (ETH-TdLab, TUC-IELF, LUH-IRS)**

Zielgruppe: MSc students (interdisziplinärer Mix) entweder im Fachstudium oder als Studium Generale

Topic: Inter-/transdisziplinäre Ausbildung (start from a real world problem)

Formate: Fallstudie gemeinsam mit Praxis-Partnern; ein ganzes Semester parallel: MSc-Studenten werden im Studium Generale mindestens einer be-

teiligten Hochschule zum SC-Konzept ausgebildet, deren Meinungen, Kritiken, Wünsche und Empfehlungen werden in Seminarform erarbeitet und strukturiert (1 SWS).

Kosten: abhängig von Anzahl Studierender/ECTS Punkte; könnte u. U. von den teilnehmenden Personen im Projekt mitgetragen werden

### Ablauf

	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4				Jahr 5			
	Quartal:				Quartal:				Quartal:				Quartal:				Quartal:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<u>Doktorandenkollegs</u>																				
Erarbeitung des Konzepts	■																			
Doktorandentreffen		■				■				■				■				■		
Ringvorlesung				■	■				■	■				■	■			■	■	
Sommerschulen							■				■				■					
<u>Interdisziplinäre Promotionen</u>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Behördenseminar</u>						■					■						■			
<u>TA von KIT-ITAS</u>					■							■								
<u>Sessions auf internationalen Konferenzen</u>						■				■				■				■		
<u>transdisziplinäre Fallstudien</u>							■	■					■	■						

## 9. Wissenschaftliche Koordination

### 9.1 Ziele und Begründung der Notwendigkeit

Die Ziele des AP „Wissenschaftliche Koordination“ sind

- die Gewährleistung einer effizienten Koordination, Abstimmung und Vernetzung im Vorhaben, insbesondere der transdisziplinären Aktivitäten,
- die Synthesebildung und Koordination der Dokumentation der Ergebnisse des Vorhabens,
- die Gewährleistung einer effizienten Kommunikation zwischen den Partnern im Vorhaben,
- die Gewährleistung der Einhaltung der Arbeits- und Zeitpläne sowie eines adäquaten Berichtswesens sowie
- die Gewährleistung einer zielorientierten Kommunikation nach außen einschließlich der Koordination von Outreach-Aktivitäten.

Transdisziplinäre Forschung „(...) verläuft nur dann erfolgreich, wenn dem Management transdisziplinären Arbeitens und Forschens hohe Bedeutung beigemessen wird.“ (Brand 2004: 54) Gemäß (Defila et al. 2006: 17) ist es erforderlich, für inter- und transdisziplinäre Forschungsverbünde ein „Managementteam“, eine Geschäftsführung o. ä. einzurichten, die die Aufgaben

- Erarbeitung gemeinsamer Ziele und Fragen (erfolgt in der Antragsphase),
- Vernetzung der Forschungsarbeiten,
- Synthesebildung,
- Entwicklung gemeinsamer Produkte,
- Auswahl der Personen und Teamentwicklung,
- Beteiligung Externer,
- interne und externe Kommunikation sowie
- Organisation der Arbeit

wahrzunehmen hat. Es werden – jenseits der fachlichen Qualifikation – eine Reihe für das Managementteam notwendiger persönlicher Eigenschaften genannt, die sich i. d. R. auf mehrere Personen verteilen werden. Die größte Herausforderung ist für das Management nach (Bergmann et al. 2010) die Synthesebildung (bei Mogalle 2001): „Integration“. Waag (2012: 43) verweist auf die Notwendigkeit, „die Zusammenarbeit formal und standardisiert zu strukturieren“.

Transdisziplinäre Entsorgungsforschung ist mit hohen Erwartungen an die Außenkommunikation konfrontiert. Herausforderungen der Kommunikation mit Akteuren und der interessierten Öffentlichkeit bestehen bereits *per se* im Spannungsfeld zwischen Forschung zu gesellschaftlich relevanten und konflikträchtigen Themen und den mit diesen Themen zusammenhängenden gesellschaftlichen Prozessen, dies gilt in besonderem Maße im Fall transdisziplinärer Forschung, in der Wissensbestände und Ansichten von Nicht-Spezialisten und Praxisakteuren in den Forschungsprozess aufgenommen werden.

## 9.2 Geplante Arbeiten

### *Koordination, Abstimmung und Vernetzung sowie interne Kommunikation*

- Schaffung fachlicher Begleitung und organisatorischer Unterstützung der Integrationsgruppe TD sowie Unterstützung des TD-Beirats,
- Erstellung und Pflege einer Informationsbasis mit allen zentralen Fragestellungen, die in den TAP bearbeitet werden, den einschlägigen TD-Veranstaltungen und Aktivitäten sowie deren Hauptergebnissen und den Schlussfolgerungen der TAP-Teams,
- Überprüfung der o. g. Informationen auf Konsistenz und Abstimmungsbedarf,
- ggf. Initiierung von Abstimmungen und Nachjustierungen zwischen den TAP.

Das Team des AP ist erster Ansprechpartner für Fragen, die aus dem Vorhaben herausgestellt werden und das Gesamtvorhaben betreffen. Es ist verantwortlich für den IT-Server des Vorhabens. Es koordiniert den internen Newsletter des Vorhabens. Insbesondere werden die für Modul 1 notwendigen Kommunikationsströme konzipiert, initialisiert und betreut. Hierzu wird ein internes Kommunikationskonzept erstellt, das neben den genannten Kommunikationsströmen auch gewährleistet, dass alle Partner Informationen zu den Arbeitsständen, Produkten sowie zu Outreach-Aktivitäten verfügbar machen und nutzen können.

### *Arbeitsorganisation*

Gemeinsam mit der Integrationsgruppe TD und dem Sprecherteam wird auf das Erreichen der gemeinsamen Ziele von TRANSENS hingewirkt durch

- Planung, Koordination und Kontrolle von Terminen und Meilensteinen für das Gesamtvorhaben TRANSENS,
- Verabredung gemeinsamer Standards und Qualitätssicherung (z. B. für Arbeitsberichte),
- Unterstützung der Vernetzung,
- Führung des Veranstaltungskalenders des Vorhabens und Organisation interner Meetings,
- Koordination der Informationsströme,
- selbständige Identifizierung von Koordinationsbedarf und Aufzeigen möglicher Konflikte.

### *Unterstützung der Integrationsgruppe TD und des Sprecherteams*

Die Leitungen der Vorhabenpartner benennen aus ihrem Kreis ein Sprecherteam und formulieren für dieses ein Mandat. Im Rahmen des AP „Wissenschaftliche Koordination“ werden die Integrationsgruppe TD und das Sprecherteam administrativ unterstützt (Sitzungsorganisation und -protokollierung, Aufgaben- und Terminverfolgung). Die Kommunikation mit den anderen Leitungsebenen wird gewährleistet.

## *Synthese*

Der Projektfortschritt und die Ergebnisse werden erfasst, zusammengeführt, synthetisiert und dokumentiert (TUC-IELF, KIT-ITAS).

## *Verwertung der Ergebnisse / Kommunikation nach außen*

Die Größe des Vorhabens und insbesondere die Transdisziplinarität erfordern eine angemessene Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung der Ergebnisse:

- Erstellung eines Konzepts für die Kommunikation nach außen (Ableitungen von Zielsetzungen, Identifizierung geeigneter Kommunikationsräume, zielgruppenorientierter Formate und Transferkanäle für die bidirektionale Kommunikation),
- Koordination der Berichterstattung,
- Organisation und Koordination von TRANSENS-Publikationen (u. a. in Open Access),
- Konzeption und Betreuung von Veranstaltungen des Gesamtvorhabens TRANSENS,
- aktive Bewerbung von Veranstaltungen und Publikationen,
- Erstellung adressatengerechter Texte mit den Forschungsschritten und -ergebnissen,
- Aufbau und Pflege von Kontakten mit Behörden, Bundesgesellschaften, Forschungseinrichtungen und anderen Akteuren,
- unterstützende Tätigkeiten für die Kommunikationsaktivitäten der Sprecher und der TAP,
- Verfolgung der Darstellung der Entsorgungsthematik in den Medien,
- Kontaktpflege mit Medien und Beantwortung bzw. Weiterleitung von Medienanfragen,
- Vorhalten und Pflege einer aktuellen Liste der Veröffentlichungen, Berichte und Veranstaltungen des Vorhabens,
- Konzeption und Pflege der Website des Vorhabens.

Im Sinne des transdisziplinären Ansatzes werden die Ergebnisse und Erfahrungen an einem eigens ausgerichteten Tag für Bürgerinnen und Bürger der nicht-akademischen Öffentlichkeit vorgestellt und vermittelt.



## 10. Fachkompetenzen der Antragsteller

Die Zusammensetzung des Verbundes TRANSENS orientiert sich, ausgehend von den Hauptzielen des Vorhabens, an drei Notwendigkeiten:

1. Zur Durchführung des in Deutschland noch nicht erprobten Konzepts transdisziplinärer Entsorgungsforschung sowie deren formativer und reflektierender Begleitung bedarf es einschlägiger Expertise.
2. Interdisziplinäre Kooperation ist eine weitere Voraussetzung für die transdisziplinäre Forschung. Erfahrungen und Erfolge der beteiligten Institutionen bei interdisziplinären Kooperationen sind daher von großer Bedeutung und erlauben es, die ansonsten kaum vermeidbaren langwierigen Findungs- und Konsolidierungsprozesse zu Beginn eines Vorhabens entscheidend abzukürzen. Dies gilt insbesondere für die Bearbeitung sozio-technischer Fragestellungen (FuE-Feld 5.2 des BMWi-Förderkonzepts), da hier „weit auseinander liegende“ Disziplinen mit deutlich unterschiedlichen Ansätzen, Methoden und Terminologien zusammenfinden müssen.
3. Zur transdisziplinären Bearbeitung der Themenkorridore ist Expertise in den einschlägigen geistes-, sozial-, natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen im Kontext der Entsorgung radioaktiver Abfälle erforderlich.

Im Verbund ist wichtige Expertise vorhanden, die diesen drei Notwendigkeiten genügt:

Das Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich (ETH-TdLab) besitzt einschlägige Erfahrungen zu TD-Ansätzen im Bereich der nuklearen Entsorgung (s. 10.8). TD-Erfahrungen bestehen auch bei weiteren Verbundpartnern (KIT-ITAS, FUB-FFU, CAU-LPEU).

Eine Reihe der an der Antragstellung beteiligten Partner (FUB-FFU, risicare, LUH-IW, KIT-ITAS, TUBS-iBMB, TUC-LfDG, KIT-INE, CAU-LPEU, TUC-IELF, TUBS-IGB, LUH-IRS) haben bereits erfolgreich das interdisziplinäre BMBF-Verbundvorhaben ENTRIA (Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen, FKZ 15S9082A-E) durchgeführt. Ausgehend von der Erkenntnis, dass die Entsorgung radioaktiver Abfälle eine „soziotechnische“ Aufgabenstellung ist, die weder allein vom technisch-naturwissenschaftlichen noch vom geistes- und sozialwissenschaftlichen Standpunkt ausgelöst werden kann, kooperierten erstmals in Deutschland Forschungseinrichtungen aus beiden Bereichen in einem interdisziplinären Vorhaben zur Entsorgungsforschung.

Neben den in der in der ENTRIA-Projektstruktur vorgegebenen Schnittstellen für die interdisziplinäre Zusammenarbeit entwickelten sich im Verlauf des Vorhabens weitere Disziplinen übergreifende Inhalte und Formen der Zusammenarbeit. Forschungsgegenstände wurden präzisiert und Übereinkünfte und Verabredungen auch zur Bearbeitung von Forschungsthemen, die in der Vorhabenbeschreibung noch nicht konkretisiert waren, getroffen (vgl. Röhlig et al. 2014, Stahlmann et al. 2015, Hassel et al. 2018, Kalmbach und Röhlig 2016, Ott und Smeddinck 2018, Smeddinck et al. 2016, Hocke and Röhlig 2014, Röhlig

und Hocke 2016, Röhlig und Eckhardt 2017, Köhnke et al. 2017, siehe auch die neun Beiträge im Themenschwerpunkt „Jahrhundertprojekt Endlagerung“ in GAIA 2017, 26/2, und für einen Überblick darüber Brunnengräber 2017).

Die Methoden der Zusammenarbeit wurden über Disziplingrenzen hinweg erweitert und gingen deutlich über die in den jeweiligen Disziplinen gängigen Formate hinaus (z. B. interdisziplinäre Projektworkshops, Werkstattgespräche mit Externen, interdisziplinäre Erarbeitung von Publikationen und / oder Sammelbänden). Sie wurden dem Gegenstand entsprechend ausgewählt, angepasst und experimentell eingesetzt. Die erarbeiteten Erfahrungen und das geschaffene Kooperationsnetzwerk sind in Deutschland in der Entsorgungsforschung einmalig und für künftige Vorhaben inter- und transdisziplinärer Entsorgungsforschung von besonderem Wert. Dies gilt insbesondere für die akademische Selbstorganisation der Doktoranden und Post-Docs sowie die Methoden und Inhalte der interdisziplinären Aus- und Weiterbildung. Im Rahmen der Evaluierung des Vorhabens ENTRIA wurden der Mehrwert des interdisziplinären Forschungsansatzes des Vorhabens ENTRIA und die entstandene interdisziplinäre Kompetenz ausdrücklich gewürdigt, die Organisation sowie die Kommunikation und Koordination des Verbundes als effizient und erfolgreich eingeschätzt (GRS 2017).

Die Expertise des Verbundes TRANSENS zur transdisziplinären Bearbeitung der Themenkorridore musste allerdings, um dem transdisziplinären Ansatz gerecht zu werden, um wichtige Disziplinen erweitert werden. Der Verbund umfasst die Gebiete Arbeits- und Organisationspsychologie, Sozialpsychologie, interdisziplinäre Endlagerforschung, Sozialgeographie, Politikwissenschaften, Soziologie, Philosophie, Ökonomie, Technikfolgenabschätzung, Informatik/ Kommunikationswissenschaft, Geowissenschaften, Sicherheitsanalyse, Multiphysikalische Simulation, Radiochemie, Strahlenschutz, Radioökologie, interdisziplinäre Risikoforschung, Rechtswissenschaften und Ingenieurwissenschaften. Die spezifischen Kompetenzen, die die beteiligten Forschungseinrichtungen mitbringen, können der nachfolgenden Auflistung entnommen werden.



## 10.1 Öko-Institut e.V. Darmstadt (ÖI)

Das Öko-Institut ist eine der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtungen für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. An den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin beschäftigt das Institut über 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die jährlich über 350 nationale und internationale Projekte bearbeiten. In interdisziplinären Forschungsteams und institutionenübergreifenden Forschungsverbänden erarbeiten wir Grundlagen, Strategien, Tools und praxisorientierte Lösungsansätze. Transdisziplinarität und die Einbindung von Praxiswissen ist in unseren Projekten gelebte wissenschaftliche Praxis. In Projekten wie dem vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben „Energiewende Navigationssystem - ENavi“ aus dem Kopernikus-Forschungsprogramm, arbeiten beispielsweise Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Soziologie, Politik-, Umwelt- und Ingenieurwissenschaft mit Akteuren der Wirtschaft und der Umweltverbände in Modellvorhaben an umsetzungsorientierten Konzepten für die Energiewende. Seit Jahrzehnten befassen wir uns mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Wir analysieren Entsorgungsstrategien, entwickeln und bewerten Governance- und Managementstrukturen und bewerten die Sicherheit und Umweltverträglichkeit von Transporten, Zwischen- und Endlagerung. In verschiedenen interdisziplinären Forschungsvorhaben haben wir einen Fokus auf die Fragen des Zusammenwirkens von Technik und Gesellschaft im Bereich der Endlagerung gelegt, um zu einem besseren Verständnis dieser Schnittstelle beizutragen. Frühe Arbeiten dazu fanden in dem vorm BMWi geförderten Vorhaben „Behandlung sozialwissenschaftlicher ‚Aspekte im Safety Case‘“ (2008 -2010) statt. In dem im 7. Forschungsrahmenprogramme EURATOM geförderten Vorhaben „International Socio-Technical Challenges (InSOTEC)“ wurden die Herausforderungen, die sich aus den soziotechnischen Wechselwirkungen ergeben, auf der Basis europäischer Fallstudien zu unterschiedlichen Endlagerprojekten, vertieft. Im laufenden, BMWi-geförderten Forschungsvorhaben SOTEC-radio beleuchten wir u. a. Fragen des „selbstlernenden Verfahrens“ bei der Standortauswahl für ein Endlager aus einer soziotechnischen Perspektive. Weitere Arbeiten des Öko-Instituts befassen sich mit der Konzeption und Begleitung von Beteiligungsverfahren und Entscheidungsprozessen sowohl im kerntechnischen Bereich als auch bei anderen konflikträchtigen Großvorhaben wie beispielsweise bei der Errichtung oder Ausbau energie- oder verkehrswirtschaftlicher Infrastrukturen. Das Öko-Institut verfügt außerdem über ausgewiesene umweltpsychologische Kompetenzen. Ein Fokus sind dabei Fragen des gesellschaftlichen Bezugs zu Umweltrisiken, an den Schnittstellen zwischen den Disziplinen und zwischen Wissenschaft und Praxis sowohl im Bereich der Endlagerung als auch in anderen sicherheitsrelevanten Technologien.

## 10.2 FU Berlin, Forschungszentrum für Umweltpolitik (FUB-FFU)

Das Forschungszentrum für Umweltpolitik (FUB-FFU) wurde 1986, kurz vor der Reaktor-katastrophe in Tschernobyl, als interdisziplinäres Forschungsinstitut an der FU Berlin gegründet. Die Kernenergie und die Frage der Entsorgung radioaktiver Abfälle waren von Beginn an zentrales Forschungsgebiet des Zentrums. Das FUB-FFU beschäftigt rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sich mit den Governance-Strukturen für die Erreichung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen, mit der Energiewende und – nach dem Ausstiegsbeschluss – mit der „atompolitischen Wende“ befassen. Weitere Schwerpunktthemen von laufenden Projekten sind der Klimaschutz in Städten und Gemeinden, die Windenergie und ihre Akzeptanz im Ländervergleich, der Ausbau der E-Mobilität in Deutschland und der Europäischen Union sowie die nachhaltige Ressourcenpolitik für die Energiewende. Von zentraler Bedeutung für das Profil des FFU ist die Verbindung von Grundlagen- und Anwendungsforschung, die auch inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze umfasst. Die Forschung zur Endlager-Governance hat sich mit den Konfliktlagen und der Jahrzehnte langen gesellschaftlichen Polarisierung, den polit-ökonomischen Strukturen und Interdependenzen des Sektors, den Regulierungsmechanismen, den policy-Instrumenten und den Mehrebenendynamiken bei der Standortsuche beschäftigt. Erfahrungen mit best practice-Charakter sind in die Formulierung von Politikempfehlungen eingeflossen. Veröffentlichungen, die am FFU entstanden sind, betrachten etwa in „Problemfälle Endlager“ (Brunnengräber 2016a) die verschiedenen Themenfelder der Standortsuche und der Endlagerung. Die Herausforderungen der Entsorgung in 26 Ländern wurde in zwei Bänden publiziert (Nuclear Waste Governance, Vol. I. / II; Brunnengräber et al. 2016, 2018). Weitere arbeiten setzen sich aus einer Länder vergleichenden Perspektive mit dem Aspekt der Freiwilligkeit und dem NIMBY-Problem auseinander. Zu diesen Themen sind in peer reviewed journals wie European Policy Analysis EPA oder Progress in Nuclear Energy wissenschaftliche Aufsätze erschienen (Di Nucci et al. 2017a, 2017b). Im Druck ist der Einführungsband „Ewigkeitslasten“ (2. Auflage), der 2018 in der Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung erscheinen wird (Brunnengräber 2018). Drittmittelgeber des FFU waren oder sind u. a. die Europäische Union, die OECD, die UNO-Universität, das BMBF, das BMWi, das UBA, die Berliner Landesregierung oder die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Weitere, allgemeine Informationen zum FUB-FFU unter: <http://www.fu-berlin.de/ffu/>, eine Projektübersicht unter: [http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/forschung/alle\\_projekte/index.html](http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/forschung/alle_projekte/index.html)).

### 10.3 risicare GmbH, Zürich

Die risicare GmbH wurde 2007 gegründet. Arbeitsschwerpunkt des Unternehmens sind Risiken soziotechnischer Systeme, insbesondere die interdisziplinäre Analyse und Beurteilung von Risiken. Daneben befasst sich risicare mit Chancen und Risiken neuer Technologien und Technikfolgenabschätzungen. Gründerin von risicare ist Anne Eckhardt. Anne Eckhardt verfügt über langjährige Erfahrung mit der Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle in der Schweiz. Sie war unter anderem Mitglied der Expertengruppe, die das schweizerische Konzept der geologischen Tiefenlagerung entwickelte, und hat auch in einer kantonalen Expertengruppe am Standort eines potenziellen Tiefenlagers mitgewirkt. Seit 2008 ist sie Mitglied, seit 2012 Präsidentin des Rats des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats. Vor der Gründung von risicare hatte Anne Eckhardt in einem größeren Beratungsunternehmen einen Fachbereich „Technik und Gesellschaft“ aufgebaut. Anne Eckhardt war bereits 2013 bis 2017 an der Forschungsplattform ENTRIA beteiligt. In dieser Zeit verfasste sie gemeinsam mit dem Philosophen Klaus Peter Rippe ein Buch zu „Risiko und Ungewissheit bei der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“. (<https://vdf.ch/risiko-und-umgewissheit-bei-der-entsorgung-hochradioaktiver-abfalle.html>) In ihrem Team, das risicare gemeinsam mit der intac GmbH, Hannover und ethik im diskurs, Zürich gebildet hatte, wurde eine Methodik zur vergleichenden Bewertung von Entsorgungsoptionen entwickelt, deren Ergebnisse sich in Form einer Risikokarte visualisieren lassen. Im Rahmen von ENTRIA veröffentlichte das Team bisher vier Arbeitsberichte, deren Themenspektrum von der Wahrnehmung und Einschätzung von Risiken bis zum Vergleich von Sicherheitsfunktionen und Robustheit reicht (<https://www.entria.de/entria-arbeitsberichte.html>). Die Publikation von zwei weiteren Arbeitsberichten befindet sich in Vorbereitung. Risicare ist sowohl mit der Entsorgung von hoch radioaktiven Abfällen als auch mit der Analyse und Beurteilung von Risiken und Ungewissheiten bestens vertraut. Das Unternehmen ist auf interdisziplinäres Arbeiten ausgerichtet und hat bereits bei verschiedenen Projekten transdisziplinär gearbeitet. Weitere Informationen über risicare finden sich auf der Website [www.risicare.ch](http://www.risicare.ch).

#### 10.4 Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde (LUH-IW)

Die Frage des Rückbaus kerntechnischer Anlagen sowie Fragen zur Konditionierung und Verpackung der radioaktiven Reststoffe ist schon seit den 1990iger Jahren Bestandteil der Forschungen im Institut für Werkstoffkunde. Von Beginn an fokussiert wurde dabei die Prozessentwicklung zur automatisierten, fernhantierten Zerlegung von Großkomponenten, deren Handling und Verpackung in Zwischenlagerbehälter, da schon damals der Schutz des Personals oberste Priorität hatte. Die thermische Zerlegung von metallischen Reaktorkomponenten (RDB, Dampferzeuger etc.) unter Wasser als sichere und wirtschaftliche Rückbauvariante hat bis heute einen hohen Stellenwert in den Forschungen des IW und ist mit der Einrichtung des Unterwassertechnikums Hannover (UWTH) 1997 im Institut für Werkstoffkunde der LUH institutionalisiert worden. Kontinuierlich werden dort seitdem Forschungsprojekte mit starkem Bezug zur Kerntechnik bearbeitet. Entwicklungen zu Zerlegeprozessen, wie z. B. dem Kontakt Lichtbogen Metall Schneiden, Schleifen und Bohren (CAMC, CAMG und CAMD) oder dem hyperbaren UW-Plasmaschneiden wurden im UWTH grundlegend erforscht und anwendungsnah umgesetzt. Ebenfalls wurden am Institut für Werkstoffkunde Grundlagenuntersuchungen zur Zerlegung mittels Wasserstrahlschneiden durchgeführt. Die Konditionierung von mittel und schwachradioaktiven Abfall wurde durch Forschungsprojekte mit Bezug auf die Langzeitstabilität von Fassgebinderwerkstoffen und deren Beschichtungen bis hin zur Erforschung eines korrosionsschutzgerechten Gebindedesigns für 200l-Fässer begleitet. Im Bereich von hochradioaktiven Reststoffen beschäftigte sich das Institut für Werkstoffkunde intensiv mit der Frage des Korrosionsschutzes im Innenbereich von Großbehältern durch die Aufbringung thermisch gespritzter Ni-Basislegierungen und der Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit dieser Schichtsysteme. Die Arbeiten im Rahmen der Forschungsplattform ENTRIA waren im Hinblick auf die Optionsanalyse durch einen starken Bezug zur generischen Erstellung von Endlagerbehälterkonzepten gekennzeichnet, wobei die sogenannten ENCON-Behälterkonzepte erstellt worden sind. Ebenfalls wurden im Rahmen dieser Forschungen Untersuchungen zu Möglichkeiten des Monitorings der technischen Barriere durchgeführt. Im Rahmen des FORKA-Programms des BMBF wird derzeit ein Forschungsvorhaben zur Zerlegung mittels optimierten autogenen Brennschneidens durchgeführt. In der KEK-Initiative des BMWi wird derzeit, im Hinblick auf das Langzeitverhalten der Zirkonium-Hüllrohrmaterialien durch mögliche Zirkoniumhydridumverteilungsprozesse untersucht.

## 10.5 TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (TUB-WIP)

Das Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) an der TU Berlin beschäftigt sich in der Forschung sowohl mit der Analyse konkreter (infrastruktur-)politischer und regulatorischer sowie z.T. auch unternehmerischer Fragestellungen in Infrastruktursektoren als auch mit grundlegenden methodischen Fragestellungen bezüglich ökonomischer Analysen zu Infrastruktursektoren. Bei den Analysen sind regelmäßig technisch-systemische und rechtliche Rahmenbedingungen umfangreich zu berücksichtigen, weshalb die Forschungstätigkeit des Fachgebiets durch häufige interdisziplinäre Kooperationen mit Partner aus den Ingenieurs-, Sozialwissenschaften sowie den Rechtswissenschaften gekennzeichnet ist. Die Forschungstätigkeiten von Prof. von Hirschhausen decken sämtliche oben genannte Themengebiete ab und erfolgt insbesondere mit Bezug zum Energiesektor und zu (sonstigen) umweltökonomischen Fragestellungen. Die Forschungsaktivitäten finden in einem Netzwerk mit nationalen und internationalen Forschungspartnern statt, deren Fachkompetenzen in das Projekt einfließen können. Der Atomsektor ist seit 2014 ein Forschungsschwerpunkt des Fachgebiets: Gemeinsam mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin, an dem Prof. von Hirschhausen auch Forschungsdirektor für Internationale Infrastrukturpolitik und Industrieökonomie ist) wurde ein langfristiges Forschungsprogramm zur Atomkraft initiiert; aus dieser Kooperation folgten mehrere Wochenberichte beim DIW Berlin über den Atomausstieg, den Rückbauprozess und die damit verbundenen Finanzierungs- und Governancefragen: (Von Hirschhausen und Reitz 2014b, 2014a, Hirschhausen et al. 2015). Darüber hinaus erfolgt in dem Forschungsverbund ein Monitoring der deutschen AKW-Rückbauprojekte, einschließlich Finanzierung, Atomausstieg und Lagerung radioaktiver Abfälle (Seidel und Wealer 2015, Wealer et al. 2015). Das Forschungsteam hat diese Themen auf andere Länder ausgedehnt, bspw. Japan (Bauer 2017) sowie USA, UK, Frankreich, Schweiz und Schweden (Seidel und Wealer 2016, Wealer et al. 2017). Im Jahr 2018 wurden Prof. von Hirschhausen und der wissenschaftliche Mitarbeiter Ben Wealer Ko-Autoren des „World Nuclear Industry Status Report“ unter der Leitung von Mycle Schneider und Antony Froggatt. Der Jahresbericht enthält erstmals den "Stilllegungsbericht" (Decommissioning Status Report), der den Rückbaustatus als auch die organisatorischen Herausforderungen in den USA, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Kanada und Japan darstellt (Schneider et al. 2018). Außerdem ist Wealer Ko-Autor des „European Nuclear Waste Report“ der im Dezember 2018 erscheint, Wealer hat das Kapitel zu dem Volumen des radioaktiven Abfallinventars in Europa verfasst.

## 10.6 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe (KIT-ITAS)

Das Aufgabenpaket des KIT-ITAS wird im Bereich der Technikfolgenabschätzung vor allem von Dr. Peter Hocke-Bergler, Dr. Sophie Kuppler und Prof. Armin Grunwald bearbeitet. Weiterhin wird das Team insbes. zu Fragen der Rechtswissenschaften und Governance durch apl. Prof. Ulrich Smeddinck ergänzt. Als weitere ITAS-Forscher werden "associated researcher" in die Forschung eingebunden (u. a. Dr. D. Scheer). ITAS arbeitet seit 2001 zum Thema „nukleare Entsorgung“. Vor allem soziotechnische und sozialwissenschaftliche Untersuchungen stehen dabei im Vordergrund. Zentrale Elemente waren die Untersuchungen für den AkEnd (2001-03) sowie die Mitarbeit im Forschungsverbund ENTRIA (2013-17). Empirische Analysen (z. B. Umfrageforschung, quantitative Medienanalyse) standen beim AkEnd im Vordergrund (Hocke und Grunwald 2006). In ENTRIA waren Fragen modernen Regierens, internationaler Vergleich und soziotechnische Prozesse in der deutschen Fachpolitik zentral. Ebenso werden seit Jahren beratungsorientierte Aufgaben übernommen (Forum Endlager-Dialog 2009-10, Mitarbeit in der ESchT seit 2006). Die Berufung von A. Grunwald u. a. in die "Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe" (2014-16) ist in diesem Kontext ebenfalls bedeutsam. ITAS ist die größte wissenschaftliche Einrichtung in Deutschland, die sich in Theorie und Praxis mit Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse befasst. In der parlamentarischen Politikberatung unterhält ITAS das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). In multidisziplinären Teams erarbeitet ITAS Wissen über die Gestaltung und Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und entwirft Handlungs- und Gestaltungsoptionen. Technoökonomische, umweltrelevante und soziale Fragestellungen stehen im Mittelpunkt. Der praktizierte Forschungstyp zeichnet sich aus durch:

- **Problem- und Praxisbezug:** ITAS knüpft in seiner Forschung an den Beratungsbedarf über Wissenschafts- und Technikfolgen an. Es erarbeitet sein Wissen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Probleme und Diskurse sowie anstehender Entscheidungen.
- **Zukunftsbezug und Reflexivität:** Die Forschungsarbeiten haben meist einen prospektiven Anteil, da es um zukünftige Folgen menschlichen Handelns und gesellschaftlicher Entscheidungen geht.
- **Normativität und Nachhaltigkeit:** ITAS greift die Problematik der Bewertung von Technik und Technikfolgen wissenschaftlich auf. Ethische Kriterien und das Leitbild der Nachhaltigkeit sind bestimmend.

Inter- und Transdisziplinarität prägen die ITAS-Praxis. Das Überschreiten von Disziplinen und die Beteiligung von Stakeholdern und Bürgern sind gängig. ITAS zählt 120 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und besitzt mit 195 erfolgreich abgeschlossenen Projekten (seit 2006) langjährige Projekterfahrung. Aktuelle Veröffentlichungen betreffen das neue deutsche Standortauswahlverfahren (Hocke und Smeddinck 2017), die Rolle von mikro-delibe-

rativen Ereignissen im Standortauswahlverfahren in der Schweiz und Deutschland (Kuppeler 2017) sowie die Bedeutung von Wissensintegration bei der nuklearen Entsorgung (Grunwald 2016).

Im Bereich der Rechtswissenschaften erfolgt die Bearbeitung durch Dr. Ulrich Smeddinck, (bis 2018 stellvertr. Leiter des IRW an der TU Braunschweig). Seine Forschungsschwerpunkte sind Gesetzgebung, Regulierung und Governance sowie Inter- und Transdisziplinarität. Für das Forschungsteam ist die Einstellung einer Juristin/eines Juristen vorgesehen. Dr. Ulrich Smeddinck hat sich über das AP Recht im Vorhaben ENTRIA besonders stark in die interdisziplinäre Kooperation eingebracht: Zu nennen sind Workshops und erweiterte Tagungsbände zu den Themen „Emotionen bei der Realisierung eines Endlagers“ (Smeddinck 2018), „Umwelt, Gerechtigkeit, Freiwilligkeit“ (Ott und Smeddinck 2018) sowie „Grenzwertbildung im Strahlenschutz – Physik, Recht, Toxikologie“ (Smeddinck und König 2016), „Bürgerpartizipation – neu gedacht“ (Kluth/Smeddinck, in Vorbereitung). Der Band „Inter- und „Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe“ (Smeddinck et al. 2016) wurde von ihm initiiert und für die wissenschaftstheoretische Reflektion und Weiterbildung im ENTRIA-Projekt genutzt. Weitere Forschungsperspektiven wurden in den Beiträgen Innovative Ansätze im Umweltrecht – StandAG und Nudge-Ansatz: rechtswissenschaftliche Forschung zu Emotionen und Verhalten als Perspektive (Smeddinck 2016) und „Umgang mit Ungewissheit bei der Realisierung eines Endlagers für Atommüll resilient reguliert? (Smeddinck 2016) skizziert. Vor allem Rückfragen aus anderen Disziplinen zum Gesetzestext und Diskussionen in der Gesellschaft zur Bedeutung von Regelungen im Standortauswahlgesetz waren der Anlass, das Gesetz (Stand 2013) rechtswissenschaftlich zu kommentieren. Daneben sind en passant vom IRW Materialien zur Gesetzgebung veröffentlicht worden. Vor dem Hintergrund ergab sich ein Gutachtenauftrag des Nationalen Begleitgremiums (2017).

## 10.7 ETH Zürich, Transdisziplinaritäts-Laboratorium des Departments Umweltsystemwissenschaften (ETH-TdLab)

Das TdLab (Transdisciplinarity Lab) des Departements Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich arbeitet an der Schnittstelle Wissenschaft-Gesellschaft auf der einen, und Natur-Ingenieur-Sozialwissenschaften auf der anderen Seite. Das TdLab verfolgt einen transdisziplinären Ansatz in Lehre und Forschung. D. h. Forschungsprojekte sind i.d.R. nicht nur interdisziplinär, sondern sie beziehen unterschiedliche Personen(gruppen) aus Verwaltung, Zivilgesellschaft und Privatsektor in den Forschungsprozess mit ein. Die Projekte am TdLab decken einen breiten Themenbereich ab, u. a. Stadt-/Land-Entwicklung, Energietransformation, Abfall, Verteilung knapper med. Ressourcen, nukleare Entsorgung. Das Team des TdLab (ca. 15 Personen) vereinigt vielfältigen fachlichen Hintergrund in Sozial-, Natur- und Ingenieurwissenschaften. (Für Publikationen vgl. <http://www.tdlab.usys.ethz.ch/publications.html>). Das TdLab verfügt über langjährige Erfahrung im Entwerfen und Durchführen von transdisziplinären Projekten in den genannten Themenbereichen. Zu den Kernkompetenzen gehören Problemframing (Co-Design) und das Zusammenführen unterschiedlicher Wissensbestände aus Wissenschaft und Praxis (Co-Produktion). Die Weiterentwicklung von transdisziplinären Methoden ist ein weiterer Asset des TdLab, u. a. die Toolbox gemeinsam mit dem td-net der Akademien der Wissenschaften der Schweiz (<http://www.tdlab.usys.ethz.ch/toolbox.html>). Nebst transdisziplinärer Forschung betreibt das TdLab auch theoriegeleitete Forschung zu Transdisziplinarität. Das TdLab verfügt über langjährige Erfahrung im Bereich nukleare Entsorgung. Projektpartner waren/sind Swissnuclear, Nagra, Bundesamt für Energie, Kantone (Aargau, Zürich), und Gemeinden. Die Mitarbeit des TdLab bei TRANSENS ist grundsätzlich bei allen TD relevanten Aspekten (Mitgestaltung/Beratung) vorgesehen, spezifisch aber bei der begleitenden Untersuchung der transdisziplinären Forschung (Kap. 7), beim TAP TRUST sowie bei EDU. Die Arbeiten bei TRANSENS würden von einem PostDoc unter Anleitung und aktiver Mitarbeit von Pius Krütli geleistet. Pius Krütli ist seit 2004 im Bereich nukleare Entsorgung (u. a. Fairness in Standortsuchverfahren) tätig und hat regelmäßig dazu publiziert sowohl in wiss. Fachzeitschriften aber auch für interessierte Laien. Er hat zudem zwei transdisziplinäre Fallstudien (projekt-orientierte und forschungsbasierte Lehrveranstaltungen auf Masterstufe) zur nuklearen Entsorgung mit einer Vielzahl von Beteiligten außerhalb der Hochschule wesentlich mitgestaltet und durchgeführt (ehemaliges Projekt Wellenberg; Standortsuchverfahren Vergleich Schweiz-Schweden). Er verfügt über ein breites methodisches Rüstzeug zum Einbezug von Stakeholdern und Interessierten Personen aus der breiten Bevölkerung in den Forschungsprozess – und hat ein feines Sensorium für die Sensitivitäten des Themas entwickelt.



## 10.8 TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (TUBS-iBMB)

Das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig (TUBS-iBMB) mit der Materialprüfanstalt für das Bauwesen (MPA) mit insgesamt 200 Mitarbeitern verfügt über eine breite Expertise im Bereich der Betontechnologie. Zu den Schwerpunkten in der Forschung zählen seit Jahrzehnten die Entwicklung, Verarbeitung und Untersuchung von Hochleistungswerkstoffen sowie die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauwerken. Der Antragsteller Prof. Dr.-Ing. Dirk Lowke, der als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann den Lehrstuhl für Baustoffe übernommen hat, bringt Erfahrung in der Erforschung der Dauerhaftigkeitseigenschaften von Hochleistungsbetonen mit, die sich auch in der umfangreichen technischen Ausstattung widerspiegelt. Neben mechanischen Prüfmaschinen zur Bestimmung mechanischer Eigenschaften und weiteren Prüfgeräten für bautechnisch relevante Größen stehen zur detaillierten Werkstoffcharakterisierung z. B. auch ein Klimawechselschrank zur Simulierung unterschiedlicher Umgebungsbedingungen und neueste bildgebende Messtechnik zur Verfügung. TUBS-iBMB und MPA befassen sich schon seit Jahrzehnten mit Baustoffen und Bauwerken für die Entsorgung von Reststoffen. Im Bereich der Lagerung radioaktiver Reststoffe wurden z. B. Untersuchungen zur rechnerischen Langzeitprognose von stofflichen Degradationsprozessen an Ein- und Umschließungskonstruktionen durchgeführt sowie Projekte zur Entwicklung und Anwendung spezieller Verfüllmassen auf der Basis von sogenanntem Salzbeton durchgeführt. Im Verbundvorhaben ENTRIA wurde am TUBS-iBMB das Teilprojekt „Oberflächenlagerung“ bearbeitet, in dessen Rahmen vorwiegend bautechnische Fragen für Auslegung, Betrieb und Instandhaltung von Langfristzwischenlagern für Wärme entwickelnde, hoch radioaktive Reststoffe bearbeitet wurden. Am TUBS-iBMB ist daher bereits umfangreiches Wissen zu den Besonderheiten der Bauwerke in kerntechnischen Anlagen (ionisierende Strahlung, erhöhte Betriebstemperaturen, betriebliche Erfordernisse) und deren Auswirkungen auf Werkstoffalterung und Korrosion sowie relevanten Regelwerken national und international vorhanden. Mit Bezug zur übertägigen Lagerung hoch radioaktiver Abfälle in Deutschland wurde im Rahmen von ENTRIA in Kooperation mit dem Institut für Rechtswissenschaften der TU Braunschweig bereits ein Sammelband im Springer-Verlag herausgegeben. Weiterhin war das TUBS-iBMB im Förderzeitraum bei diversen öffentlichen Veranstaltungen und Diskussionen zum Thema der Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle auf Einladung mit Beiträgen vertreten (z. B. 19. REFORM Group Meeting, Veranstaltung des Niedersächsischen Umweltministeriums „Bis in alle Ewigkeit (...)“, Veranstaltung der Evangelischen Akademie Loccum „Atommüll-Lager: Was soll wann wie wohin – und wer macht was?“, Vorträge bei der BI Lüchow-Dannenberg, Sommerakademie des Projekts atommuellreport etc.). Es fanden in diesem Zeitraum Fachgespräche mit Betreibern und Aufsichtsbehörden ([ehemals] BfS, GNS, COVRA, ENSI) statt. Aktuelle Entwicklungen und Aufgabenstellungen wurden auf diese Weise stets verfolgt und in die Forschungsarbeit mit aufgenommen.

## 10.9 TU Clausthal, Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik (TUC-LfDG)

Zur Bearbeitung des Forschungsvorhabens bestehen am Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal (TUC-LfDG) langjährige und spezielle Erfahrungen auf dem Gebiet der geomechanischen Forschung zur Endlagerung radioaktiver und zur untertägigen Deponierung chemisch-toxischer Abfälle, die in den Abschlussberichten zu diversen BMBF-/BMWf-/BMU-Forschungsvorhaben, mehreren Forschungsvorhaben der EU und des BfS und in zahlreichen Veröffentlichungen dokumentiert sind. Diese Erfahrungen erstrecken sich auch über die physikalische Modellierung von Gesteins- und Gebirgseigenschaften inklusive der Entwicklung von mechanischen Stoffmodellen mithilfe eigener laborativer und numerischer Untersuchungen sowie über die numerische Simulation von Endlagerteilsystemen mit unterschiedlichen Simulatoren, die speziell an die erarbeiteten Charakteristika der zu simulierenden Gesteinstypen angepasst worden sind. Die umfangreiche laborative Ausstattung, die beim Antragsteller TUC für Untersuchungen zum thermomechanischen und hydromechanischen Verhalten von endlagerbezogenen Geomaterialien (Gesteine, Abdichtungen, Versatz) vorhanden ist, ist im Rahmen des Forschungsprojektes ENTRIA um eine erste derzeit noch in der Kalibrierungsphase befindliche Prüfanlage für Untersuchungen von Zweiphasenströmungen unter auch mechanischen und thermischen Einwirkungen erweitert worden. Mit der Anschaffung des TH1M-Simulators FLAC3D (Einphasenströmung) vor mehr als 15 Jahren konnten die unterschiedlichen entwickelten mechanischen Stoffmodelle für die numerische Simulation nutzbar gemacht werden. Inzwischen sind zudem für das beantragte Vorhaben relevante Erweiterungen am Simulator FLAC3D vorgenommen worden, z. B. ist ein bekanntes HM-Stoffmodell für Lockergestein, das Barcelona Basic Model (BBM), das im Bereich der Endlagerforschung für Bentonitverfüllungen international zum Einsatz kommt, in FLAC3D implementiert worden. Als wichtigster Meilenstein jedoch ist im vorangegangenen mehrjährigen Forschungsvorhaben 02E11041 eine Kopplung an den thermohydraulischen Simulator TOUGH2 erfolgt, die im Forschungsvorhaben 02E11506 auf den parallelisierten thermohydraulischen Simulator TOUGH2-MP erweitert worden ist. Motiviert vor allem durch das Fehlen von Zweiphasenflussprozessen in FLAC3D und durch die lösungsverfahrensbedingte Begrenzung der numerischen Zeitschrittweite, die lange Berechnungszeiträume für HM-gekoppelte Simulationen in FLAC3D impliziert, ist im genannten Vorhaben ein leistungsfähiger Simulator für TH2M-gekoppelte Prozesse entwickelt worden. Anwendung gefunden haben die wissenschaftlichen Arbeiten durch Mitwirkung u. a. bei den Endlagerprojekten Morsleben, Asse und Gorleben. Angesichts des langjährig erfahrenen Personals am TUC-LfDG bestehen für die im hier beantragten Forschungsvorhaben durchzuführenden Forschungsarbeiten sehr gute Voraussetzungen einerseits zur kompetenten Bearbeitung, andererseits auch zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

## 10.10 Institut für Nukleare Entsorgung, Karlsruhe (KIT-INE)

Das Institut für Nukleare Entsorgung (KIT-INE) des Karlsruher Instituts für Technologie arbeitet mit rund einhundert Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf dem Forschungsgebiet der Sicherheit der nuklearen Entsorgung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft. Im Rahmen gesellschaftlicher Vorsorgeforschung werden grundlegende und anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur sicheren Entsorgung schwach bis hoch radioaktiver Abfälle durchgeführt. Der Arbeitsschwerpunkt des KIT-INE liegt auf der Sicherheitsforschung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle. Es werden in diesem Rahmen moderne Methoden entwickelt und angewendet, die zu einem wissenschaftlich fundierten Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle beitragen. Zum Portfolio des Instituts gehört zusätzlich die Strahlenschutzforschung, wobei die personenbezogene Quantifizierung der externen und internen Strahlenexposition im Vordergrund steht. Im Rahmen der Arbeiten zur ENTRIA-Forschungsplattform wurden vom KIT-INE Photonen- und Neutronenstrahlenfelder von Lagerbehältern mit ausgedienten UOX/MOX-Brennelementen in generischen Tiefenlagern in Steinsalz- und Tonformationen numerisch simuliert. Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen, dass in einer nicht-verfüllten Einlagerungsstrecke die Rückstreuung von Neutronen durch anstehende Wirtsgesteinschichten bzw. Betonwände wesentlich zur Gesamtneutronendosis beiträgt. Aufgrund dieser Rückstreuereffekte ist bei gleichem Abstand vom Behälter die Ortsdosisleistung in einer Strecke in Tonstein graduell geringer als in einer Strecke in Steinsalz. Die Ergebnisse wurden in sieben Artikeln in Fachzeitschriften mit Peer Review und einer Doktorarbeit veröffentlicht (Saurí Suárez 2018, Pang et al. 2017a, Pang et al. 2017b, Saurí Suárez et al. 2017, Pang und Becker 2016, Pang et al. 2016a, Pang et al. 2016b). Darüber hinaus wurden vom KIT-INE geochemische Randbedingungen für die in ENTRIA untersuchten Entsorgungsoptionen abgeschätzt und darauf aufbauend Radionuklid-Quellterme abgeleitet. Experimentelle Arbeiten zur Überprüfung der numerischen Simulationen sowie zur Validierung bzw. Verbesserung der vorhandenen Datenlage wurden sowohl in den Arbeiten zur individuellen Dosimetrie als auch zu Radionuklid-Quelltermen durchgeführt. Das Institut weist die personellen, technischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Bearbeitung der vorgeschlagenen transdisziplinären Arbeiten auf. Unter den verschiedenen nationalen und internationalen Partnern, die Forschungsarbeiten zu Themen bezüglich des Entsorgungspfads zur Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle erbringen, ist das KIT-INE sehr gut etabliert. Als Vorsitzender der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung, Sprecher des Forschungsbereichs Nukleare Entsorgung des NUSAFE-Programms der Helmholtz-Gemeinschaft und Mitglied in Beratungsgremien (z. B. ESK, EGT) und (inter-)nationalen Arbeitsgruppen (z. B. Arbeitskreis HAW-Produkte) bringen der Institutsleiter und der Leiter der Projektbeiträge des KIT-INE ihre Kompetenz kontinuierlich in die Thematik Entsorgung radioaktiver Abfälle ein.

### 10.11 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt (CAU-LPEU)

Der Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt an der CAU Kiel (LPEU) zählt zu den wichtigsten Kompetenzzentren der Umweltethik in Deutschland. In einer angewandte-ethischen Ausrichtung wird in Kiel seit 2012 philosophisch und interdisziplinär an den einschlägigen Herausforderungen geforscht, sei es im Bereich der Klimaethik, des sog. Climate Engineering, des Naturschutzes, der Nachhaltigkeit oder der Entsorgung radioaktiver Abfallstoffe. Dabei wird eine Diskurstheorie praktischer Vernunft als Rahmentheorie zugrunde gelegt. Auch transdisziplinäres Forschen ist ein integraler Bestandteil der Problembearbeitung am CAU-LPEU, etwa in Bürgerforen und Expertenstudien. Die Expertise im Bereich der Entsorgung radioaktiver Reststoffe gründet in den interdisziplinären Arbeiten im Projekt ENTRIA, die in einigen Publikationen und Debattenbeiträgen Früchte trug. Neben grundlegend philosophischen Auseinandersetzungen zur Entsorgung als gesellschaftliche und handlungstheoretische Aufgabe und Analysen zur Freiwilligkeit hat sich in den Jahren seit 2013 eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Gerechtigkeitsaspekte von Entsorgungsoptionen und Strategien herausgebildet. Eine umfassende Darstellung der Einzelergebnisse wird bald mit dem Abschlussbericht vorliegen. Diese Erkenntnisse gilt es nun zu vertiefen und in einem transdisziplinären Projekt fortzuentwickeln. Insbesondere die Verknüpfung von Gerechtigkeits- und Kommunikationstheorie verspricht ein vertieftes Verständnis der zu erwartenden Konflikte in der Prozessgestaltung der Standortfindung und der Verwirklichung eines Entsorgungspfades.

## 10.12 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Informatik/Web Science (CAU-IfI)

Die Arbeitsgruppe Web Science ist am Institut für Informatik, Bereich Wirtschaftsinformatik, der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angesiedelt und ist aus der gemeinsamen Berufung mit ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft in Kiel entstanden. Seit 2013 forscht und lehrt Prof. Dr. Isabella Peters als CAU-IfI im Themengebiet Web Science, wobei ein Schwerpunkt auf der nutzerzentrierten Erstellung und Zugänglichmachung von Wissen mit Hilfe von Social Media-Tools liegt. CAU-IfI ist durch starke Interdisziplinarität (z. B. Informationswissenschaft, Informatik, Psychologie, Wirtschaftswissenschaften) geprägt, um die vielfältigen Forschungsaspekte, die sich durch das Web und die web-vermittelte Interaktion und Kommunikation ergeben, adressieren zu können. Es geht darum, wie Wissen unter Einsatz von digitalen Werkzeugen von wem erstellt, geordnet und veröffentlicht wird, wie sich darüber ausgetauscht wird (z. B. über Hashtags) und wie dieses Wissen bewertet kann, wiederum mit Produkten der digitalen Umgebung (z. B. über auf Twitter veröffentlichte Tweets von Forschenden zu wissenschaftlichen Publikationen im Sinne von Altmetrics). Durch qualitative (z. B. Experteninterviews) und quantitative (z. B. Fragebögen, Analyse von Social Media-Daten) Verfahren werden die der Wissensgenerierung, -konsolidierung und dem -austausch zugrundeliegenden, komplexen Prozesse untersucht und Transparenz über Einflussfaktoren, Motivationen, Anreize, Barrieren, und Gelingensbedingungen hergestellt – auch im Hinblick auf die verschiedenen, an den Prozessen beteiligten Zielgruppen (z. B. Zivilgesellschaft, Forschende, politische Entscheidungsträger). Ziel ist es, ein umfassendes Verständnis dieser Prozesse zu entwickeln und diese dann durch den Aufbau bzw. die Weiterentwicklung von digitalen Werkzeugen und Umgebungen zu ermöglichen und zu fördern. Diese Arbeiten fließen auch in die konzeptionelle Durchdringung von guter “Open Science“ und die praktische Entwicklung von Plattformen ein, die z. B. die Verbreitung, Kuratierung und Nachnutzung von Forschungsdaten ermöglichen. Gemeinsam mit der ZBW ist CAU-IfI daher in mehreren Expertengruppen der Europäischen Kommission aktiv. CAU-IfI’s Expertise im Bereich Wissenserstellung und -vermittlung ist im Projekt essentiell. Im Mittelpunkt stehen die visuelle Aufbereitung und der Einsatz von Medien in der Wissenskommunikation, um komplexe wissenschaftliche Zahlen, Daten und Fakten über Informationsdesign erlebbar zu machen. Innovative visuelle Kommunikationskonzepte ermöglichen es, erklärungsintensive Inhalte und abstrakte Themen begreifbar zu machen – was vor allem wichtig ist, wenn man verschiedene Zielgruppen in einer transdisziplinären Umgebung zusammenbringen will. Ein wichtiger Anknüpfungspunkt für die geplante Multimediawerkstatt ist das sog. Ocean Media Lab (OML), das von CAU-IfI gemeinsam mit dem Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung und der Muthesius Kunsthochschule Kiel gegründet wurde. Das OML versteht sich als Plattform, die die Entwicklung von medialen, offenen und interaktiven Formaten ermöglicht, die das bürgerschaftliche Engagement fördern, wichtige Stakeholder aus Unternehmen, Politik oder NGOs in wissenschaftliche Prozesse einbindet und die Bildung von Schülerinnen und Schülern unterstützt.

### 10.13 TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung (TUC-IELF)

Im Fachgebiet Endlagersysteme des Instituts erfolgt interdisziplinäre Forschung zum Langzeitsicherheitsnachweis und zu soziotechnischen Fragestellungen sowie akademische Ausbildung in den BSc „Rohstoff- Geowissenschaften“ und „Geoenvironmental Engineering“ sowie der Vertiefungsrichtung „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“ des MSc „Geoenvironmental Engineering“. Es wurden Weiterbildungsveranstaltungen für das BfS und die IAEA konzipiert und durchgeführt sowie zu Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen der ITC School of Underground Waste Disposal und des Institute for Safety and Reliability (ISaR) beigetragen. Im vom TUC-IELF konzipierten und geleiteten Vorhaben „Methods for Safety Assessment of Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste“ (MeSA) wurden der Stand von Wissenschaft und Technik zu den methodischen Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse evaluiert und gemeinsame Sichtweisen erarbeitet (OECD/NEA 2012). Dies war einer der Ausgangspunkte für die Revision der „Safety Case Brochure“ (OECD/NEA 2013). (Leitung: Prof. Röhlig, TUC-IELF). Am TUC-IELF werden Forschungsarbeiten zum Umgang mit Ungewissheiten, insbesondere zur Sensitivitätsanalyse durchgeführt (Bolado-Lavín et al. 2008, Röhlig et al. 2009, Plischke 2010, Kuhlmann et al. 2013, Kuhlmann et al. 2015, Borgonovo und Plischke 2016). Gegenwärtig findet eine vom TUC-IELF geleitete Forschungs Kooperation mit SNL (USA), GRS (Deutschland), SCK.CEN (Belgien), POSIVA (Finnland) zu diesem Thema statt. Mit der Entwicklung der Softwareplattform „Repository Simulation, Uncertainty Propagation and Sensitivity Analysis“ (ReSUS) (Li 2015, Ghofrani 2016) am TUC-IELF wurde komplementär zu diesen bereits existierenden Programmen zur Bewertung der Langzeitsicherheit ein Werkzeug geschaffen, das Methoden zum Datenmanagement, zur Visualisierung und zur Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse anbietet, in der Aus- und Weiterbildung eingesetzt werden und die Kommunikation mit der Öffentlichkeit unterstützen kann. Die interdisziplinäre Arbeit zu soziotechnischen Fragestellungen zur Entsorgung umfasst die Konzeption und Leitung des BMBF-Vorhabens ENTRIA (FKZ 15S9082A) (Hocke und Röhlig 2013, Röhlig und Hocke 2016, Kalmbach und Röhlig 2016, Röhlig und Eckhardt 2017, Röhlig et al. 2017, Smeddinck et al. 2016), das Buchprojekt (Streffer et al. 2011) und Arbeiten zur Kommunikation des Safety Case (OECD/NEA 2017). Der Fachgebietsleiter Prof. Röhlig wurde in verschiedene Beratungsgremien und Arbeitsgruppen berufen (ESK, Leitung der Integration Group for the Safety Case IGSC) und mit Review-Tätigkeiten beauftragt (Röhlig et al. 2010, Bennett et al. 2010a, Bennett et al. 2010b, Röhlig 2015a, Xu et al. 2015, Röhlig 2015b). Seit Januar 2019 ist er Vorsitzender der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF).

#### 10.14 TU Braunschweig, Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TUBS-IGB)

Das Institut für Grundbau und Bodenmechanik der TU Braunschweig verfügt über umfangreiche Erfahrungen in der Durchführung von Forschungsprojekten mit dem Schwerpunkt Endlagerung. Innerhalb der Forschungsplattform ENTRIA wurden am Institut die geomechanischen Aspekte der Rückholbarkeit und des Monitorings betrachtet und mit den anderen Projektpartnern interdisziplinär bearbeitet. Dafür wurde ein Konzept entwickelt, mit dem sich die Wirtsgesteine Steinsalz, Ton, Tonstein und kristallines Hartgestein vergleichen lassen. Die Eigenschaften der Wirtsgesteine wurden anhand der für die Tiefenlagerung relevanten Eigenschaften „Betriebssicherheit während der Offenhaltung“ und „Langzeitsicherheit nach Verschluss“ gegenübergestellt (Stahlmann et al. 2015). Die mechanischen Anforderungen an die Verschlussbauwerke aufgrund der Offenhaltung wurden dargestellt (Stahlmann et al. 2016). Weiterhin ließen sich die Auswirkungen der Option Rückholbarkeit auf den Flächenbedarf eines Tiefenlagers durch die eingebrachte Wärme numerisch ermitteln (León Vargas et al. 2017). Es wurde ein Konzept zum Monitoring (Stahlmann et al. 2018) der unterschiedlichen generischen Tiefenlager erstellt und numerische Berechnungen über die Dauerhaftigkeit der Hohlräume in den unterschiedlichen Wirtsgesteinen durchgeführt. Die Bedeutung und soziotechnische Dimension des Monitorings als Entscheidungsgrundlage für Endlagerung/Rückholung wurde aufgezeigt (Mintzlaff et al. 2018). Im Forschungsprojekt „Entsorgungsforschung am Wendepunkt“ wurde bereits in Zusammenarbeit mit dem Institut für Rechtswissenschaften der TU Braunschweig sowie TUBS-iBMB und LUH-IRS transdisziplinäres Potential für die Entsorgungsforschung ausgelotet. Durch Auswertung eines umfangreichen Programms von Laborversuchen wurde ein phänomenologisches Stoffmodell für Steinsalz entwickelt (Gährken et al. 2015, Missal et al. 2016). Nach Ermittlung der Kennwerte wurden in der Schachanlage Asse II sowie in der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), Carlsbad, NM, USA, durchgeführte in situ-Versuche rückgerechnet und analysiert (Missal et al. 2016, Hampel et al. 2016). Im aktuell laufenden Projekt WEIMOS werden bspw. das Verformungsverhalten von Steinsalz bei kleinen Deviatorspannungen oder der Einfluss der Verheilung untersucht. Das Institut für Grundbau und Bodenmechanik ist außerdem bei dem Umbau der Schachanlage Konrad zum Endlager beratend tätig. Dort werden Infrastrukturstrecken u. a. in der Fladentonsteinserie und damit im Tonstein aufgefahren und aufgeweitet (Stahlmann et al. 2014). Prof. Stahlmann begleitet zudem die Stilllegung des Endlagers Morsleben in Form einer geotechnischen Beratung. Neben den fachlichen Schwerpunkten gehört auch die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern zu den Zielen von TRANSENS. Damit wird dem Ziel der Weiterentwicklung und des Erhalts der wissenschaftlich/technischen Kompetenz auf diesem Gebiet Rechnung getragen.

## 10.15 Universität Kassel, Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (UK-A&O)

Das Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie (A&O) der Universität Kassel forscht und lehrt hinsichtlich der effizienten, gesunden und sicheren Gestaltung von Arbeitssystemen, Arbeitsmitteln und Arbeitsbedingungen. Einen Schwerpunkt bilden die kognitiven Anforderungen komplexer Systeme und ergonomische Produkt- und Produktionsgestaltung. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Arbeitsorganisation, Kompetenz und Qualifizierung, der Entwicklung beruflicher Aus- und Weiterbildungsprogramme im Rahmen der Personalentwicklung in Organisationen. Der dritte Schwerpunkt liegt in der sicheren und wirksamen Systemgestaltung unter Berücksichtigung technologischer, organisatorischer oder regulatorischer Veränderungen auf den arbeitenden Menschen und damit verbundener Möglichkeiten der Sicherheitsanalysen zur Gefährdungsbewertung, Systemgestaltung und Verhaltensmodifikation. Am Fachgebiet A&O werden dazu in großem Umfang Grundlagenuntersuchungen zur psychischen und physischen Belastung sowie zur menschlichen Zuverlässigkeit durchgeführt. Physische Belastungsmessungen mit Hilfe von Bewegungsmessungen werden dabei insbesondere in der Fertigung durchgeführt, da dies dort auch gesetzlich erforderlich ist. Blickbewegungsuntersuchungen werden am Fachgebiet zur Gestaltung von Bediensystemen sowie zur Gestaltung von Trainingskonzepten in Flugzeugcockpits, Bahn, Fertigung, Prozesswarten, Automobil und Tagebau durchgeführt. Ferner werden intensiv Ereignisanalysen hinsichtlich menschlicher Fehler in unterschiedlichen technischen Domänen durchgeführt (Kerntechnik, Arbeitssicherheit, Bahnbetrieb, Luftfahrt) sowie Methoden der Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit entwickelt. Seit 2008 leitet Prof. Sträter außerdem den VDI Arbeitskreis Menschliche Zuverlässigkeit und Sicherheit (ehemalige Leitung Prof. Dr. Heiner Bubb). Ferner war er in der europäischen Flugsicherung für die Sicherheitsfragen bei der Vereinheitlichung des europäischen Luftraumes zuständig. In der kerntechnischen Reaktorsicherheitskommission war er für die Auswertung von Betriebserfahrungen hinsichtlich menschlicher und organisatorischer Aspekte tätig. In der Endlagerforschung beriet er die Kommission zur Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe des Bundestages hinsichtlich nachhaltiger Sicherheitsanforderungen an die Organisation eines Endlagerbetriebes. Gutachterlich war er für die Kerntechnik, die Lufthansa und Eurowings im Rahmen von arbeitsrechtlichen Regelungsabreden tätig. Durch seine Tätigkeiten ist er mit vielen internationalen und nationalen Organisationen vernetzt (u. a. OECD, IAEA, ICAO, NASA, ENSI, BGE).



## 10.16 Leibniz Universität Hannover, Institut für Radioökologie und Strahlenschutz (LUH-IRS)

Das IRS besitzt langjährige Erfahrung in der Radionuklid-Analytik in allen Umweltmedien (TRANSAQUA BMBF 02NUK030D.) (Michel et al. 2012, Daraoui et al. 2016, Osman et al. 2016). Weiterhin besteht Expertise zum Verhalten von Uran (Bister et al. 2010, Bister et al. 2015) und Plutonium (Schneider et al. 2013, Tawussi et al. 2017) in Umweltproben und dem dosisrelevanten Transfer Boden-Pflanze (BioVestra BMBF 02S9276D, TRANSLARA BMBF 02NUK051A-E). Alle gängigen analytischen Methoden sind vorhanden, Arbeiten unter Inertgas in Handschuhboxen ist möglich. Darüber hinaus besteht Expertise zur Modellierung (Mühr-Ebert et al. 2018) und experimentellen Speziation von Actiniden, in aquatischer Lösung mittels ESI TOF (Walther et al. 2008, Walther et al. 2012, Steppert und Walther 2013) und Extraktion sowie in kolloidaler, sorbierter bzw. eingebauter Form. Mittels SNMS (SIRIUS) kann der Einbau von verschiedenen Radionukliden in Mineralien oder organische Substanz und Zellen orts aufgelöst (~70 nm) bestimmt werden. Das IRS besitzt einen Kontrollbereich (bis zu 1E6 Freigrenzen). Das IRS besitzt Expertise in Dosimetrie und Strahlenfeldmodellierung z. B. mit MCNP (Poenitz und Walther 2017). Als einziges deutsches universitäres Institut für Radioökologie und praktischen Strahlenschutz bietet das IRS neun z. T. interdisziplinäre Vorlesungen aus den o. g. Bereichen sowie zugehörige Praktika für BSc u. MSc. der Studiengänge Physik, Chemie und Lehramt an, mit Möglichkeit zum Erwerb der Fachkunde Strahlenschutz. IRS betreut zurzeit ca. 25 Abschlussarbeiten. In ENTRIA wurden im IRS zwei interdisziplinäre (technische und sozialwissenschaftliche Themen beinhaltende) Doktorarbeiten durchgeführt und an zwei Fakultäten angebunden. Diese Arbeiten beinhalteten die Einbeziehung nicht-wiss. Akteure. LUH-IRS engagiert sich seit langem bei Ausbildung und Beratung von Personen und Gruppen aus dem nicht-wiss. Bereich, u. a. bei der Durchführung von Kursen zum Erwerb der Fachkunde Strahlenschutz (1200 Personen p.a., viele nicht-Wissenschaftler). Hierdurch ist IRS eng mit Ministerien und Aufsichtsbehörden und im Bereich Radioaktivität tätigen Stakeholdern sowohl über Ausbildung (Behördenkurse) als auch Referententätigkeiten vernetzt. Zum anderen bildet das IRS in Schulen aus, führt Lehrerfortbildung durch und unterstützt Bürger in allen Fragen der Radioaktivität und des Strahlenschutzes. Die Leitung der geplanten Beiträge wird C. Walther übernehmen. Er ist Physiker, Kernchemiker und Radioökologe, Professor und Leiter des IRS. Er ist Prodekan der Fakultät für Mathematik und Physik. CW ist Mitglied der Strahlenschutzkommission des BMU und Leiter des Ausschusses Radioökologie. Er ist stellv. Vorsitzender der FG Nuklearchemie der GDCh sowie des Kompetenzverbundes Strahlenforschung (KVSF). Ferner hat er den Vorsitz des NRC networks inne, das sich der Ausbildung auf europäischer Ebene widmet. C. Walther ist Koordinator und Projektpartner in mehreren nationalen (zuletzt auch stellv. Sprecher von ENTRIA) und internationalen (MEET-CINCH) Verbundprojekten.

## 11. Literaturverzeichnis

- 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. Lüchow-Dannenberg: Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V., S. 43-50.
- Bammer, G. (2008): Enhancing research collaborations: Three key management challenges. *Research Policy*, 37(5), 875-887. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.03.004>.
- Baudé, S.; Hériard Dubreuil, G. (2017): Inclusive safety culture for long-term governance of geological disposal: Interacting with civil society along the development of the geological disposal safety case. In: *Joint IGSC/SITEX Seminar on Regulatory Review of Safety Cases for Geological Disposal of Radioactive Waste*. Paris: Nuclear Energy Agency (NEA).
- Baudoin, P. et al. (1999): Spent fuel disposal Performance Assessment. SPA project. Final report. Brüssel: Commission of the European Communities.
- Bauer, S. (2017): Decommissioning of Nuclear Power Plants and Management of Nuclear Waste - Organization Models and Financial Solutions in Japan. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Bennett, D. et al. (2010a): External Technical Peer Review of NDA RWMD's Generic Disposal System Safety Case, Tier 0, 1 and 2 Safety Documents. 090252/03. Cumbria: Westlakes Scientific Consulting.
- Bennett, D. et al. (2010b): Summary Report on the Peer Review of NDA RWMD's Generic Disposal System Safety Case. Volta: TerraSalus.
- Bergmann, M.; Brohmann, B.; Hoffmann, E.; Loibl, M. C.; Rehaag, R.; Schramm, E.; Voß, J.-P. (2005): Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung - Ein Leitfaden für die formative Evaluation von Forschungsprojekten. [https://www.depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/5321/3/evalunet\\_leitfaden.pdf](https://www.depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/5321/3/evalunet_leitfaden.pdf).
- Bergmann, M.; Jahn, T.; Knobloch, T.; Krohn, W.; Pohl, C.; Schramm, E. (2010): Methoden transdisziplinärer Forschung: Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Bergmans, A. (2008): Wanting the unwanted: effects of public and stakeholder involvement in the long-term management of radioactive waste and the siting of repository facilities - Final report CARL project. <http://uahost.uantwerpen.be/carlresearch/index.php?pg=10>.
- Bergmans, A.; Elam, M.; Simmons, P.; Sundqvist, G. (2012): Monitoring the Safe Disposal of Radioactive Waste: a Combined Technical and Socio-Political Activity. MoDeRN DELIVERABLE (D1.3.1).
- Bister, S.; Koenn, F.; Bunka, M.; Birkhan, J.; Lullau, T.; Riebe, B.; Michel, R. (2010): Uranium in water of the Mulde River J. Radioanal. Nucl. Ch. 286 (2), S. 367-372.

- Bister, S.; Birkhan, J.; Lullau, T.; Bunka, M.; Solle, A.; Stieghorst, C.; Riebe, B.; Michel, R.; Walther, C. (2015): Impact of former uranium mining activities on the floodplains of the Mulde River, Saxony, Germany *Journal of Environmental Radioactivity* 144, S. 21-31.
- Black, A.; Luna, P.; Lund, O.; Walker, S. (Hg.) (2017): *Information Design. Research and Practice*. Abingdon, Oxon; New York, USA: Routledge.
- Blum, D. (2014): *Die Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Auswahl eines Atommüllendlagers unter Berücksichtigung des Standortauswahlgesetzes*. Hamburg: Diplomica.
- BMU (2010): *Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sicherheitsanforderungen\\_endlagerung\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sicherheitsanforderungen_endlagerung_bf.pdf).
- BMUB (2015): *Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm)*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- Brand, F. (2004): Transdisziplinarität – Voraussetzung für naturwissenschaftlichen und mathematischen Erkenntnisgewinn?. In: Brand, F.; Schaller, F.; Völker, H. (Hg.): *Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Göttingen: Universitätsverlag, S. 49-61.
- Brandt, P., Ernst, A., Gralla, F., Luederitz, C., Lang, D. J., Newig, J., Von Wehrden, H. (2013): A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics* 92, S. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.008>.
- Breyer, F.; Kolmar, M. (2010): *Grundlagen Der Wirtschaftspolitik*. Tübingen: 3. Auflage, Mohr Siebeck.
- Brunnengräber, A. (Hg.) (2016a): *Problemfälle Endlager. Gesellschaftliche Herausforderungen im Umgang mit Atommüll*. Baden-Baden: edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft.
- Brunnengräber, A. (2016b): Das wicked problem der Endlagerung. Zehn Charakteristika des komplexen Umgangs mit hochradioaktiven Reststoffen. In: Brunnengräber, 2016a, S. 145–166
- Brunnengräber, A. (2018): *Ewigkeitslasten. Die „Endlagerung“ radioaktiver Abfälle als soziales, politisches und wissenschaftliches Projekt*. Baden-Baden: 2., überarbeitete Aufl., edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft und in der Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung.
- Brunnengräber, A.; Mez, L.; Di Nucci, M. R.; Häfner, D.; Isidoro Losada, A. M. (2014): Nuclear Waste Governance - ein wicked problem der Energiewende. In: Brunnengräber, A. und Di Nucci, M. R. (Hg.): *Im Hürdenlauf zur Energiewende. Von Transformationen, Reformen und Innovationen*. Wiesbaden: Springer VS, S. 389-399.
- Brunnengräber, A.; Di Nucci, M. R.; Isidoro Losada, A. M.; Mez, L.; Schreurs, M. A. (Hg.) (2015): *Nuclear Waste Governance. An International Comparison*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Brunnengräber, A. (2017): Jahrhundertprojekt Endlagerung, in: *GAIA* 26/2 (2017), Editorial, 94-95.
- Brunnengräber, A.; Di Nucci, M. R.; Isidoro Losada, A. M.; Mez, L.; Schreurs, M. A. (Hg.) (2018): *Challenges of Nuclear Waste Governance. An International Comparison Volume II*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bogner, A.; Kastenhofer, K.; Torgersen, H. (2009): Inter- und Transdisziplinarität. Eine anhaltend aktuelle Debatte. *GAIA* 18 (2), S. 166-168.
- Bolado-Lavín, R.; Röhlig, K.-J.; Becker, D.-A. (2008): Sensitivity analysis techniques for the performance assessment of a radioactive waste repository. In: Euratom (Hg.): *Euradwaste '08, Seventh European Commission Conference on the Management and Disposal of Radioactive Waste*. Luxembourg: European Commission, S. 387-397.
- Bollingerfehr, W.; Herold, P.; Dörr, S.; Filbert, W. (2014): *Auswirkung der Sicherheitsanforderung Rückholbarkeit auf existierende Einlagerungskonzepte und Anforderungen an neue Konzepte - Abschlussbericht*.
- Borgonovo, E.; Plischke, E. (2016): Sensitivity analysis: A review of recent advances. *European Journal of Operational Research* 248 (3), S. 869-887.
- Budelmann, H.; Ott, K. (2017): Oder vielleicht doch nicht unter die Erde - Überlegungen zur Rolle der Oberflächenlagerung in einer Entsorgungsstrategie. In: Köhnke, D.; Reichardt, M.; Semper, F. (Hg.): *Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Randbedingungen und Lösungsansätze zu den aktuellen Herausforderungen*. Wiesbaden: Springer VS, S. 11-28.
- Cadelli, N.; Cottone G.; Orłowski S.; Bertozzi G.; Girardi F.; Saltelli, A. (1988): *PAGIS: Performance assessment of Geological Isolation Systems for Radioactive*. Summary, EUR 11775 EN. Luxemburg: Commission of the European Communities.
- Cadelli, N.; Escalier des Orres, P.; Marivoet, J.; Martens, K-H.; Prij, J. (1996): *Evaluation of elements responsible for the effective engaged dose rates associated with the final Storage of radioactive waste: Everest project*. Summary report. EUR 17122 EN. Luxemburg: Commission of the European Communities.
- Chryssochoidis, G.; Strada, A.; Krystallis, A. (2009): Public trust in institutions and information sources regarding risk management and communication: towards integrating extant knowledge *Journal of Risk Research* 12 (2), S. 137-185.
- COWAM 2 (2007): *Cooperative research on the governance of radioactive waste management. Final synthesis report*. [http://www.cowam.com/IMG/pdf\\_cowam2\\_Final\\_Synthesis\\_Report\\_v4.pdf](http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_Final_Synthesis_Report_v4.pdf).
- DAEF (2017): *Standortauswahl für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle: Empfehlungen der DAEF zu Rolle und Methodik der im Standortauswahlgesetz vorgesehenen Sicherheitsuntersuchungen*. Braunschweig: Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF). [https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/daef\\_standortauswahl\\_2017.pdf](https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/daef_standortauswahl_2017.pdf).

- Daraoui, A.; Tosch, L.; Gorny, M.; Michel, R.; Goroncy, I.; Herrmann, J.; Nies, H.; Synal, H. A.; Alfimov, V.; Walther, C. (2016): Iodine-129, Iodine-127 and Cesium-137 in seawater from the North Sea and the Baltic Sea *Journal of Environmental Radioactivity* 162–163, S. 289-299.
- 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. doi: 10.14512/gaia.27.S1.17.
- Defila, R.; Di Giulio, A.; Scheuermann, A. (2006): *Forschungsverbundmanagement. Handbuch für die Gestaltung inter- und transdisziplinärer Projekte.* Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Di Nucci, M. R.; Brunnengräber, A. (2017a): In whose backyard? The wicked problem of siting nuclear waste repositories. *European Policy Analysis EPA* 3 (2), S. 295-323.
- Di Nucci, M. R.; Brunnengräber, A.; Isidoro Losada, A. M. (2017b): From the „right to know“ to the „right to object“ and „decide“. A comparative perspective on participation in siting procedures for high level waste repositories. *Progress in Nuclear Energy* 100 (2017), S. 316-325.
- Diekmann, A. (2017): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen.* Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch.
- Dörner, D. (1997): *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen.* Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Eiser, R.; Stafford, T.; Henneberry, J.; Catney, P. (2009): Trust me, I'm a scientist (not a delevoper):"percieved expertise and motives as predictors of trust in assessment of risk from contaminated land. *Risk. Analysis* 29, S. 288-297.
- EKRA (2000): *Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle.*
- Endlagerkommission (2016): *Abschlussbericht: Verantwortung für die Zukunft. Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes.* Drucksache 268. Berlin: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. [https://www.bundestag.de/blob/434430/bb37b21b8e1e7e049ace5db6b2f949b2/drs\\_268-data.pdf](https://www.bundestag.de/blob/434430/bb37b21b8e1e7e049ace5db6b2f949b2/drs_268-data.pdf).
- Engel, B.; Muhar, A.; Penker, M.; Freyer, B.; Drlik, S.; Ritter, F. (2012): Co-production of knowledge in transdisciplinary doctoral theses on landscape development - An analysis of actor roles and knowledge types in different research phases. *Landscape and Urban Planning* 105(1), S. 106-117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.12.004>.
- ENGAGE (2018): EU Euratom Project :ENhancinG stAkeholder participation in the GovernancE of radiological risks for improved radiation protection and informed decision-making <http://engage-concert.eu/en> (abgerufen 09.10.18).
- Enste, D. H.; Möller, M. (2015): *IW-Vertrauensindex 2015: Vertrauen in Deutschland und Europa. Ein internationaler Vergleich von 20 Länder.* IW policy paper, No. 20/2015 Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln.

- Eurobarometer297 (2014): Directorate General for Communication: Special Eurobarometer 297: Attitudes towards radioactive waste [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/eb\\_special\\_300\\_280\\_en.htm#297](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb_special_300_280_en.htm#297) (abgerufen 09.10.18).
- Eurobarometer324 (2014): Directorate General for Communication: Special Eurobarometer 324: Europeans and Nuclear Safety [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/eb\\_special\\_300\\_280\\_en.htm#297](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb_special_300_280_en.htm#297) (abgerufen 09.10.18).
- Fiedeler, U., Nentwich, M., Simkó, M.; Gzásó, A. (2010): What is Accompanying Research on Nanotechnology? OAW-ITA. [https://www.researchgate.net/publication/49580806\\_What\\_is\\_Accompanying\\_Research\\_on\\_Nanotechnology](https://www.researchgate.net/publication/49580806_What_is_Accompanying_Research_on_Nanotechnology).
- Filbert, W.; Bollingerfehr, W.; Wehrmann, J.; Graf, R. (2008): Optimization of emplacement technology for spent fuel in proceedings of EAFORM 2008.
- Finke, P. (2014): Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien. München: oekom.
- Fischer-Appelt, K.; Baltés, B.; Buhmann, D.; Larue, J.; Mönig J. (2013): Synthesebericht für die VSG. Bericht zum Arbeitspaket 13. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. GRS-290. Köln: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH. <https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-290.pdf>.
- Fischer-Appelt, K.; Baltés, B. (2010): Abwägungsmethodik für den Vergleich von Endlagersystemen in unterschiedlichen Wirtsgesteinformationen - Anleitung zur Anwendung der Abwägungsmethodik. Abschlussbericht zum Vorhaben 3607R02589 VerSi "Evaluierung der Vorgehensweise". GRS-A-3536. Köln: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH.
- Fleck, L. (1979): Genesis and development of a scientific fact. Chicago: University of Chicago Press.
- Flüeler, T. (2006): Decision Making for Complex Socio-Technical Systems. Robustness from Lessons Learned in Long-term Radioactive Waste Governance. Dordrecht: Springer.
- Friedrichs, Jürgen (2006): Methoden empirischer Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. R. (1993): Science for the Post-normal Age. *Futures* 25 (7), S. 739–755.
- Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. R. (2003): Post-normal Science. In: International Society for Ecological Economics (Hg.): Online Encyclopedia of Ecological Economics. <http://www.isecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf>.
- Fuchs, G. (2000): Vertrauen ersetzt Wissen <https://www.ingenieur.de/karriere/bildung/weiterbildung/vertrauen-ersetzt-wissen/> (abgerufen 09.10.18).
- Gailing, L.; Leibenath, M. (2017): Political Landscapes between Manifestations and Democracy, Identities and Power. *Landscape Research* 42 (4), S. 337-348.
- Gährken, A.; Missal, C.; Stahlmann, J. (2015): A thermal-mechanical constitutive model to describe deformation, damage and healing of rock salt. In: Roberts, L.; Mellegard, K.;

- Hansen, F. (Hg.): Proceedings of the Conference on Mechanical Behavior of Salt, Saltmech VIII. Rapid City, SD, USA: CRC Press Taylor&Francis Group, S. 331-338.
- Galson, D. A.; Richardson, P. J. (2011): PAMINA. Performance Assessment Methodologies in Application to Guide the Development of the Safety Case. Project Summary Report. Luxemburg: European Commission.
- Ghofrani, J. (2016): Conceptualisation and Software Development of a Simulation Environment for Probabilistic Safety Assessments of Radioactive Waste Repositories. Dissertation. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- GMBI (2002): Richtlinien des Bundesministeriums der Finanzen für die Abfindung der Mitglieder von Beiräten, Ausschüssen, Kommissionen und ähnlichen Einrichtungen im Bereich des Bundes vom 31. Oktober 2001.
- Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin: edition sigma.
- Grunwald, A. (2012): Technikzukünfte. Vorausdenken – Erstellen – Bewerten. Berlin, Heidelberg: acatech Impuls.
- Grunwald, A. (2016): Wissensintegration auf dem Weg zur Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle. In: Smeddinck, U.; Kuppler, S.; Chaudry, S. (Hg.): Inter- und Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. Grundlagen – Beispiele – Wissenssynthese. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 111-119.
- Hampel, A.; Herchen, K.; Lux, K.; Günther, R.; Salzer, K.; Minkley, W.; Pudewills, A.; Yildirim, S.; Rokahr, R.; Missal, C.; Gährken, A.; Stahlmann, J. (2016): Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen anhand von Modellberechnungen zum thermo-mechanischen Verhalten und zur Verheilung von Steinsalz, Sythesebericht. Stoffgesetzvergleich.
- Haug, V. M.; Zeccola, M. (2018): Neue Wege des Partizipationsrechts - eignet sich das Standortauswahlgesetz als Vorbild? *Zeitschrift für Umweltrecht* 2018 (75), S. 75-84.
- Hirse Korn, P.; Nies, A.; Rausch, H.; Storck, R. (1991): Performance assessment of confinement for medium-level and alpha contaminated waste. Rock Salt Option. EUR 13634 EN. Luxemburg: Commission of the European Communities.
- Hesse, H. A. (1998): Experte, Laie, Dilettant. Über Nutzen und Grenzen von Fachwissen. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Hocke, P.; Grunwald, A. (Hg.) (2006): Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Perspektiven für eine sozialwissenschaftliche Endlagerforschung. Berlin: edition sigma.
- Hocke, P. (2016): Technik oder Gesellschaft? Atommüll als sozio-technische Herausforderung begreifen. In: Brunnengräber, A. (Hg.): Problemfälle Endlager. Gesellschaftliche Herausforderungen im Umgang mit Atommüll. Baden-Baden: edition sigma. S. 77-96.
- Hocke, P.; Röhlig, K.-J. (2013): Challenges of communicating safety case results to different audiences. In: OECD/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. NEA/RWM/R (2013) 9. Paris: OECD/NEA, S. 373-384.

- Hocke, P.; Smeddinck, U. (2017): Robust-parlamentarisch oder informell-partizipativ? Die Tücken der Entscheidungsfindung in komplexen Verfahren. *GAIA* 26 (2), S. 125-128.
- Hoffmann, S.; Pohl, C.; Hering, J. G. (2017): Methods and procedures of transdisciplinary knowledge integration empirical insights from four thematic synthesis processes. *Ecology and Society* 22 (1).
- IAEA (2011): IAEA Safety Standards Series, Specific Safety Requirements No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste. Wien: International Atomic Energy Agency. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1449\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1449_web.pdf).
- IAEA (2012): IAEA Safety Standards Series. Specific Safety Guide No. SSG-23. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. Wien: International Atomic Energy Agency. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1553\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1553_web.pdf).
- IAEA (2014): Monitoring and Surveillance of Radioactive Waste Disposal Facilities. IAEA Safety Standards Series No. SSG-31.
- Jahn, T.; Bergmann, M.; Keil, F. (2012): Transdisciplinarity: Between Mainstreaming and Marginalization. *Ecological Economics* 79 (7), S. 1-10.
- Jahn, T.; Keil, F. (2016): Reallabore im Kontext transdisziplinärer Forschung. *GAIA* 25 (4), S. 247-252.
- Jantsch, E. (1970): Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. *Policy Sciences* 1(4), S. 403-428.
- Jin, D. (1994): Multimedia waste disposal optimization under uncertainty with an ocean option *Mar. Resour. Econ.* 9, S. 119-139.
- Jobmann, M.; Becker, D. A.; Hammer, J.; Jahn, S.; Lommerzheim, A.; Müller-Hoeppe, N.; Nosek, U.; Krone, J.; Weber, J. R.; Weitkamp, A.; Wolf, J. (2016): Machbarkeitsuntersuchung zur Entwicklung einer Sicherheits- und Nachweismethodik für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle im Kristallingestein in Deutschland (CHRISTA), Abschlussbericht. Hannover, Braunschweig, Peine: BGR, GRS, DBE.
- Jobmann, M.; Bebiolka, A.; Jahn, S.; Lommerzheim, A.; Maßmann, J.; Meleshyn, A.; Mrugalla, S.; Reinhold, K.; Rübel, A.; Stark, L.; Ziefle, G. (2017): Projekt ANSICHT. Sicherheits- und Nachweismethodik für ein Endlager im Tongestein in Deutschland. Synthesebericht. Hannover, Braunschweig, Peine: BGR, GRS, DBE.
- JOPRAD (2017): The Scientific and Technical Basis of a Future Joint Programme on Radioactive Waste Management and Disposal. Brüssel: Towards a Joint Programming on Radioactive Waste Disposal. [https://igdtp.eu/wp-content/uploads/2017/10/JOPRAD-2017-WP4-D4.2-ProgrammeDocument-Draft\\_v0.7-OpenConsultation.pdf](https://igdtp.eu/wp-content/uploads/2017/10/JOPRAD-2017-WP4-D4.2-ProgrammeDocument-Draft_v0.7-OpenConsultation.pdf).
- Kahnemann, D. (2011): Thinking, Fast and Slow. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Kalmbach, K.; Röhlig, K.-J. (2016): Interdisciplinary perspectives on dose limits in radioactive waste management. A research paper developed within the ENTRIA project. *Journal of Radiological Protection* 36 (2), S. 8-22.



- Kallenbach-Herbert, B.; Akinsara-Minhans, A.; Brohmann, B.; Kuppler, S.; Hocke, P.; Bechthold, E. (2018): Spezifizierung der soziotechnischen Herausforderungen. Arbeitsbericht zum Arbeitspaket 1 in SOTEC-radio. Konzepte und Maßnahmen zum Umgang mit den soziotechnischen Herausforderungen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Darmstadt, Ms. 93 Seiten.
- Kasperson, R. E. (2017): Risk Conundrums. Solving Unsolvable Problems. Taylor & Francis.
- Kelle, U.; Kluge, S. (2010): Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kindlein, J.; Buhmann, D.; Mönig, J.; Wolf, J. (2018): Sicherheits- und Nachweiskonzept für ein Endlager in flach lagernden Salzformationen. Ergebnisse aus dem Vorhaben KOSINA – Abschlussbericht. GRS.
- Klein, J. T. (2012): Research integration: a comparative knowledge base. In A. F. Repko, W. H. Newell, & R. Szostak (Eds.), *Case Studies in Interdisciplinary Research*, S. 283-298. Thousand Oaks: Sage.
- Klein, J. T. (2017): Typologies of Interdisciplinarity: The Boundary Work of Definition. In: Frodeman, R., Klein, J. T., Pacheco, R. C. S. (Hg.): *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. 2. Aufl. Oxford: Oxford University Press.
- Klein, J. T.; Häberli, R.; Scholz, R. W.; Grossenbacher-Mansuy, W.; Bill, A.; Welti, M. (Hrg.) (2001): *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society. An Effective Way for Managing Complexity*. Basel: Birkhäuser.
- Köhnke, D.; Hartmann, F.; Reichardt, M.; Budelmann, H. (2017): Länderstudie Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle in Frankreich. Braunschweig, Hannover. [http://www.ibmb.tu-bs.de/entria-weltkarte/factsheets/Laenderbericht\\_Frankreich.pdf](http://www.ibmb.tu-bs.de/entria-weltkarte/factsheets/Laenderbericht_Frankreich.pdf).
- Krohn, W.; Grunwald, A.; Ukowitz, M. (2017): Transdisziplinäre Forschung revisited: Erkenntnisinteresse, Forschungsgegenstände, Wissensform und Methodologie. *GAIA* 26 (4), S. 341-347.
- Krone, J. et al. (2008): Review and Appraisal of the Tools available for a Safety Assessment of Final Repositories for HLW (ISIBEL). Schlussbericht, Hauptband, BMWi-Projekt FKZ 02E10055. Peine: DBE.
- Krütli, P.; Stauffacher, M.; Flüeler, T.; Scholz, R. W. (2010a): Functional-dynamic public participation in technological decision making: Site selection processes of nuclear waste repositories. *Journal of Risk Research* 13(7), S. 861-875. doi: 10.1080/13669871003703252.
- Krütli, P.; Flüeler, T.; Stauffacher, M.; Wiek, A.; Scholz, R. W. (2010b): Technical safety vs. public involvement? A case study on the unrealized project for the disposal of nuclear waste at Wellenberg (Switzerland). *Journal of Integrative Environmental Sciences* 7(3), S. 229-244.
- Kuhlmann, S.; Plischke, E.; Röhlig, K.-J. (2015): Optimierung der numerischen Effizienz von Verfahren zur Sensitivitätsanalyse im Hinblick auf Modelle zur Analyse der

- Langzeitsicherheit von Endlagern. Abschlussbericht BMWi 02 E 11051. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- Kühne, O. (2018): Neue Landschaftskonflikte - Überlegungen zu den physischen Manifestationen der Energiewende auf der Grundlage der Konflikttheorie Ralf Dahrendorfs. In: Kühne, O.; Weber, F. (Hg.): Bausteine der Energiewende. Wiesbaden: Springer VS, S. 163-186.
- Kuppler, S. (2017): Effekte deliberativer Ereignisse in der Endlagerpolitik. Deutschland und die Schweiz im Vergleich von 2001 bis 2010. Wiesbaden: Springer VS.
- Kuppler, S.; Hocke, P. (2018): The Role of Long-term Planning in Nuclear Waste Governance. *Journal of Risk Research* 21 (3), S. 1–14.
- Kuppler, S.; Mbah, M. (2018): Governing Energy Landscapes: The Need for a Long-term, Place-sensitive Perspective. Vortrag, UFZ EnergyDays 2018, 24th and 25th of September 2018. Leipzig.
- Kuhlmann, S.; Plischke, E.; Röhlig, K.-J.; Becker, D.-A. (2013): Sensitivity analysis: Theory and practical application in safety cases. In: OECD/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. NEA/RWM/R(2013)9. Paris: OECD/NEA, S. 169-176.
- Lamnek, S. (1989): Qualitative Sozialforschung. Band 2: Methoden und Techniken. München: Psychologie Verlags Union.
- Lamnek, S.; Krell, C. (2016): Qualitative Sozialforschung. 6., vollst. überarb. Aufl. München: Beck.
- Lang, D. J.; Wiek, A.; Bergmann, M.; Stauffacher, M.; Martens, P.; Moll, P. et al. (2012): Transdisciplinary Research in Sustainability Science: Practice, Principles, and Challenges. *Sustainability Science* 7 (1), S. 25–43.
- Lawrence, R. J. (2015): Advances in transdisciplinarity: Epistemologies, methodologies and processes. *Futures* 65, S. 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.11.007>.
- León Vargas, R.; Stahlmann, J.; Mintzlaff, V. (2017): Thermal impact in the geometrical settings in deep geological repositories for HLW with retrievability and monitoring. 16th International High-Level Radioactive Waste Management Conference (IHLRWM 2017), Charlotte, NC, April 9-13, 2017.
- Li, X. (2015): Entwicklung der Softwareplattform ReSUS: Repository Simulation, Uncertainty Propagation and Sensitivity Analysis. Dissertation. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- Llewellyn, D. H.; Rohse, M.; Day, R.; Fyfe, H. (2017): Evolving Energy Landscapes in the South Wales Valleys. Exploring Community Perception and Participation. *Energy Policy* 108, S. 818–828.
- Luhmann, N. (1979): *Trurst and Power*. Chisester: Wiley.
- Lux, K.-H.; Wolters, R.; Zhao, J.; Rutenberg, M.; Feierabend, J.; Pan, T. J. (2017): TH2M-basierte multiphysikalische Modellierung und Simulation von Referenze-

- Endlagersystemen im Salinar- und Tonsteingebirge. Band ENTRIA-Arbeitsbericht-07. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- Lux, K.-H.; Düsterloh, U.; Wolters, R.; Zhao, J.; Rutenberg, M.; Feierabend, J.; Pan, T. J. (2018): Multiphysikalische Modellierung und Simulation von Referenz-Endlagersystemen im Salinar- und Tonsteingebirge ohne bzw. mit Möglichkeit eines direkten Monitoring. Band Lehrstuhlbericht zu den ENTRIA-Teilprojekten VP 5.1, VP 5.2 und VP 6.7mod. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- 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. Baden-Baden: Nomos, S. 247-267.
- Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.
- Meyer-Soylu, S.; Parodi, O.; Trenks, H.; Seebacher, A. (2016): Das Reallabor als Partizipationskontinuum. Erfahrungen aus dem Quartier Zukunft und Reallabor 131 in Karlsruhe. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 25 (3), S. 31-40.
- Mittelstraß, J. (2005): Methodische Transdisziplinarität. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 14 (2), S. 18-23.
- Mittelstraß, J. (2018): Forschung und Gesellschaft: Von theoretischer und praktischer Transdisziplinarität. *GAIA* 27(2), 201-204. doi: 10.14512/gaia.27.2.4.
- Modern2020 (2018) EU Projekt [www.modern2020.eu](http://www.modern2020.eu).
- Marti, M. (2016): Risikoansichten. ENTRIA-Arbeitsbericht-05. Hannover: ENTRIA. [https://www.entria.de/fileadmin/entria/Dokumente/Arbeitsberichte/ENTRIA-Arbeitsbericht-05\\_Marti\\_Risikoansichten.pdf](https://www.entria.de/fileadmin/entria/Dokumente/Arbeitsberichte/ENTRIA-Arbeitsbericht-05_Marti_Risikoansichten.pdf)
- Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz.
- 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“. Salzgitter, Lüchow-Dannenberg: AG Schacht Konrad, ausgestrahlt e. V., BI Lüchow-Dannenberg, S. 39-47.
- Meserve, R. A. (2004): Global warming and nuclear power. *Science* 303, S. 433.
- Michel, R.; Daraoui, A.; Gorny, M.; Jakob, D.; Sachse, R.; Tosch, L.; Nies, H.; Goroncy, I.; Herrmann, J.; Synal, H. A.; Stocker, M.; Alfimov, V. (2012): Iodine-129 and iodine-127 in European seawaters and in precipitation from Northern Germany *Sci. Total Environ.* 419, S. 151-169.
- Mintzlaff, V.; Léon Vargas, R.; Epkenhans, I.; Stahlmann, J. (2018): Monitoring als Entscheidungsgrundlage für die Rechtfertigung über die Rückholung/Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen. Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik Technische Universität Braunschweig 104, S. 55-74.

- Missal, C.; Gährken, A.; Stahlmann, J. (2016a): Ein thermisch-mechanisches Stoffmodell für Steinsalz mit Berücksichtigung von Schädigung, Bruch und Verheilung. *Geotechnik* 39 (1), S. 2-17.
- Missal, C.; Gährken, A.; Stahlmann, J. (2016b): Vergleich aktueller Stoffgesetze und Vorgehensweisen anhand von Modellberechnungen zum thermo-mechanischen Verhalten und zur Verheilung von Steinsalz, Endbericht des Teilvorhabens 6. Stoffgesetzvergleich.
- Mogalle, M. (2001): Management transdisziplinärer Forschungsprozesse. Basel: Birkhäuser.
- MoDeRN (2013): Monitoring during the staged Implementation of Geological Disposal. Technical Summary Report.
- Mühr-Ebert, E. L.; Wagner, F.; Walther, C. (2018): Speciation of Uranium: Validation of a database by modelling techniques and comparative experiments Applied Geochemistry? submitted.
- Nagra (2011): Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Technischer Bericht 11-01. Wettingen: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. [https://www.nagra.ch/display.cfm/id/101441/disp\\_type/display/filename/d\\_ntb11-01.pdf](https://www.nagra.ch/display.cfm/id/101441/disp_type/display/filename/d_ntb11-01.pdf).
- Nagra (2014): Bautechnische Risikoanalyse zur Realisierung der Zugangsbauwerke. Arbeitsbericht NAB 14-50. Wettingen: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. [https://www.nagra.ch/data/documents/database/dokumente/\\$default/Default%20Folder/Publikationen/NABs%202004%20-%202015/d\\_nab14-050.pdf](https://www.nagra.ch/data/documents/database/dokumente/$default/Default%20Folder/Publikationen/NABs%202004%20-%202015/d_nab14-050.pdf).
- NEA (2008): Moveing forward wirh Geological Disposal of Radioacitve Waste, pdf No. 6433. Paris: OECD/NEA.
- NEA (2012): Reversibility and Retrievability in Planning for Geological Disposal of Radioactive Waste. Proceedings of the "R&R" International Conference and Dialogue, 14-17 December 2010, Reims, France.
- Nowotny, H. (2011): Experten, Expertisen und imaginisierte Laien. In: Bogner, A.; Torgersen, H. (Hg.): Wozu Experten? Ambivalenzen der Beziehung von Wissenschaft und Politik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- OECD/NEA (2012): Methods for Safety Assessment of Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste. Outcomes of the NEA MeSA Initiative. Paris: Nuclear Energy Agency (NEA). <https://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2012/nea6923-MESA-initiative.pdf>.
- OECD/NEA (2013): The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories. Paris: Nuclear Energy Agency (NEA). <https://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2013/78121-rwn-sc-brochure.pdf>.
- OECD/NEA (2017): Communication on the Safety Case for a Deep Geological Repository. Paris: Nuclear Energy Agency (NEA). [https://read.oecd-ilibrary.org/nuclear-energy/communication-on-the-safety-case-for-a-deep-geological-repository\\_9789264274150-en](https://read.oecd-ilibrary.org/nuclear-energy/communication-on-the-safety-case-for-a-deep-geological-repository_9789264274150-en).

- Osman, A.; Bister, S.; Riebe, B.; Daraoui, A.; Vockenhuber, C.; Wacker, L.; Walther, C. (2016): Radioecological investigation of <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C, and <sup>129</sup>I in natural waters from Fuhrberger Feld catchment. *Northern Germany Journal of Environmental Radioactivity* 165, S. 243-252.
- Ott, K.; Smeddinck, U. (2018): Umwelt, Gerechtigkeit, Freiwilligkeit – insbesondere bei der Realisierung eines Endlagers: Beiträge aus Ethik und Recht. Berlin: BWV.
- Pang, B., Becker, F. (2016) Albedo neutron dosimetry in a deep-geological disposal system for high-level nuclear waste. *Radiation Protection Dosimetry*, doi:10.1093/rpd/ncw147.
- Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2016) Monte-Carlo based investigations of a universal two-component albedo dosimeter in a deep-geological disposal system for high-level nuclear waste. *Annals of Nuclear Energy*, 98, 81-89.
- Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2016) Individual dosimetry in disposal repository of heat-generating nuclear waste. *Radiation Protection Dosimetry*, 170, 387-392.
- Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2017a) Reference level of the occupational radiation exposure in a deep geological disposal facility for high-level nuclear waste. *Annals of Nuclear Energy* 110, 258–264
- Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2017b) Monte Carlo based study of radiation field in a deep geological repository for high-level nuclear waste with different host rock types. *Nuclear engineering and design* 325, 44-48.
- Plischke, E. (2010): An effective algorithm for computing global sensitivity indices (EASI). *Reliability Engineering & System Safety* 95, S. 354-360.
- Poenitz, E.; Walther, C. (2017): Calculation of Dose Rates at the Surface of Storage Containers for High-Level Radioactive Waste. *Radiation Protection Dosimetry* 177 (4), S. 361-372.
- Pohl, C.; Hirsch Hadorn, G. (2006): Gestaltungsprinzipien für die transdisziplinäre Forschung. Ein Beitrag des td-net. München: oekom.
- 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.
- PTKA (2018): BMWi geförderte FuE-Vorhaben zur „Entsorgung radioaktiver Abfälle“. Berichtszeitraum: 1. Juli - 31. Dezember 2017. PTE 54. Projektträger Karlsruhe Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE).
- Rehbinder, E. (2018): Endlagerung hochradioaktiver Abfälle und Rechtsschutz - ein Königsweg zur Lösung eines "verzwickten" Umweltproblems? *Europäisches Umwelt- und Planungsrecht* 16 (1), S. 61-71.
- Rempe, N. T. (2007): Permanent underground repositories for radioactive waste. *Prog. Nucl. Energy* 49, S. 365-374.
- Renn, O.; Schweizer, P.-J.; Dreyer, M.; Klinke, A. (2007): Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit. München: oekom
- Renn, O. (2014): Das Risikoparadox. Frankfurt a. M.: S. Fischer

- Riemann, M. (2017): Gerechtigkeit an der Oberfläche. In: Köhnke, D.; Reichardt, M.; Semper, F. (Hg.): Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Randbedingungen und Lösungsansätze zu den aktuellen Herausforderungen. Wiesbaden: Springer VS, S. 159-171.
- Rittel, H. W. J.; Webber, M. M. (1973): Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences* 4(2), S. 155-169. doi: 10.1007/bf01405730.
- Röhlig, K.-J. (2015a): Review of uncertainty propagation and sensitivity analysis in SR-Site. Technical Note 2015:05. Stockholm: SSM.
- Röhlig, K.-J. (2015b): Methodik (Multikriterienanalysen). Expertenbericht im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp, Etappe 2, Sachplan geologische Tiefenlager. Brugg: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI).
- Röhlig, K.-J.; Appel, D.; Kienzler, B.; Lux, K.-H.; Odoj, R.; Plischke E. (2010): Review des im Vorhaben "Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW" (ISIBEL) erstellten FEP-Katalogs: Abschlußbericht. Clausthal-Zellerfeld: TU Clausthal.
- Röhlig, K.-J.; Häfner, D.; Lux, K.-H.; Hassel, T.; Stahlmann, J. (2017): Einschluss oder Zugriff. Tiefenlagerung ohne oder mit Vorkehrungen zur Rückholbarkeit. *GAIA* 26 (2), S. 114-117.
- Röhlig, K.-J.; Eckhardt, A. (2017): Primat der Sicherheit. Ja, aber welche Sicherheit ist gemeint? *GAIA* 26 (2), S. 103-105.
- Röhlig, K.-J.; Plischke, E.; Bolado-Lavín, R.; Becker, D.-A.; Ekström, P.-A.; Hotzel, S. (2009): Lessons learnt from studies on sensitivity analysis techniques in the EU project PAMINA: A benchmark study. *Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications* 2009 (3), S. 1769-1775.
- Röhlig, K.-J.; Hocke, P. (2016): Safety Case, Interdisziplinarität und Transdisziplinarität. In: Smeddinck, U.; Kuppler, S.; Chaudry, S. (Hg.): Inter- und Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. Grundlagen – Beispiele – Wissenssynthes. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 77-88.
- Röhlig, K.-J.; Chaudry, S.; Plischke E. (Hrsg) (2019): Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA, 2013–2018): Abschlussbericht. Ergebnisse und Leistungsbilanz, doi.org/10.21268/20190225-1.
- Saurí Suárez, H. (2018) Individual dosimetry in disposal facilities for high-level nuclear waste. Karlsruher Institut für Technologie: Dissertation.
- Saurí Suárez, H., Pang, B., Becker, F., Metz, V. (2017) Monte-Carlo based comparison of the personal dose for emplacement scenarios of spent nuclear fuel casks in generic deep geological repositories. *ATW Atomwirtschaft-Atomtechnik, International Journal for Nuclear Power* 62, 384-388.

- Schneider, M.; Froggatt, A.; Johnstone, P.; Stirling, A.; Katsuta, T.; Ramana, M. V., von Hirschhausen, C.; Wealer, B.; Stienne, A.; Hazemann, J. (2018): World Nuclear Industry Status Report 2018. Paris: Mycle Schneider Consulting.
- Schneider, S.; Walther, C.; Bister, S.; Schauer, V.; Christl, M.; Synal, H.-A.; Shozugawa, K.; Steinhauser, G. (2013): Plutonium release from Fukushima Daiichi fosters the need for more detailed investigations *Nature Sci Rep*.
- Schneidewind, U., Singer-Brodowski, M.; Augenstein, K. (2016): Transformative Science for Sustainability Transitions. In: Brauch, H. G.; Oswald Spring, Ú.; Grin, J.; Scheffran, J. (Hg.): Handbook on sustainability transition and sustainable peace. Cham: Springer. S. 123 -136.
- Scholz, R.W. et al. (Hg.) (2007): Entscheidungsprozesse Wellenberg – Lagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. ETH-UNS Fallstudie 2006 (Zurich, Chur: Rüegger).
- Scholz, R. W.; Steiner, G. (2015): The Real Type and Ideal Type of Transdisciplinary Processes. *Sustainability Science* 10 (4), S. 527-544.
- Schröder, J.; Rossignol, N.; Van Oudheusden, M. (2016): Safety in long-term radioactive waste management: Insight and oversight. *Safety Science* 2016, S. 258-265.
- Schulze, H. (2013): Zum Thema: Der Streit um die Zaundosis am Zwischenlager in Gorleben. *StrahlenschutzPRAXIS* 2.
- Schulze, W.; Brookshire, D.; Sandler, T. (1981): The Social Rate of Discount for Nuclear Waste Storage: Economics or Ethics? *Natural Resources Journal* 21 (4), S. 811-832.
- Schützeichel, R. (2016): Zur Soziologie des Rechtsgefühls. In: Landweir, H. und Koppelberg, D. (Hg.), *Recht und Emotion I: Verkannte Zusammenhänge*, Freiburg, München: Karl Alber, S. 65-99.
- Seidl, R.; Krütli, P.; Moser, C.; Stauffacher, M. (2013): Values in the siting of contested infrastructure. the case of repositories for nuclear waste *Journal of Integrative Environmental Sciences* 10 (2), S. 107-125.
- Seidl, R. et al. (2016): Radioaktive Abfälle und Sonderabfälle im Vergleich. ETH-Swissnuclear-Kooperationsprojekt «Wege in eine Allianz der Verantwortung». ETH Zürich. USYS TdLab.
- Seidel, J. P.; Wealer, B. (2015): Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland. Analyse von Organisationsmodellen, Status Quo des Rückbaus, Marktbeobachtung und internationale Erfahrungen. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Seidel, J. P.; Wealer, B. (2016): Decommissioning of Nuclear Power Plants and Storage of Radioactive Waste – An International Comparison of Organizational Models. Master thesis, Berlin Institute of Technology. Berlin: Berlin Institute of Technology.
- Shafer, D. S.; Hartwell, W. T. (2011): Community Environmental Monitoring Program: A case study of public Education and Involvement in Radiological Monitoring. *Health Physics* 101 (5), S. 606-617.
- SHAMISEN-SINGS (2018): EU Project: Stakeholder Involvement in generating science after nuclear emergencies Citizen Participation in preparedness for and recovery from a

- radiation accident through novel tools and APPs to support data collection on radiation measurements, health and well-being indicators. <http://radiation.isglobal.org/index.php/en/shamisen-sings-home> (abgerufen 09.10.18).
- Siegrist, M.; Cvetkovich, G.; Roth, C. (2000): Salient Value Similarity, Social Trust, and Risk/Benefit Perception. *Risk Analysis* 20 (3), S. 353-362.
- Siegrist, M.; Gutscher, H.; Earle, T. C. (2006): Perception of risk. The influence of general trust, and general confidence. *Journal of Risk Research* 8 (2), S. 145-156.
- Six, F.; Verhoest, K. (2017): Trust in regulatory regimes. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Sjöberg, L. (2001): Limits of Knowledge and the Limited Importance of Trust. *Risk Analysis* 21 (1), S. 189-198.
- Smeddinck, U. (2016): Innovative Ansätze im Umweltrecht – Standortauswahlgesetz und Nudge-Ansatz: rechtswissenschaftliche Forschung zu Emotionen und Verhalten als Perspektive. In: Hoffmann-Riem, W. (Hg.), Innovationen im Recht. Baden-Baden: Nomos, S. 403-437.
- Smeddinck, U. (2016): Umgang mit Ungewissheit bei der Realisierung eines Endlagers für Atommüll resilient reguliert? In: Hill, H.; Schliesky, U. (Hg.), Management von Unsicherheit und Nichtwissen, Baden-Baden: Nomos, S. 147-183.
- Smeddinck, U.; Kuppler, S.; Chaudry, S. (2016): Inter- und Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe, Wiesbaden: Springer.
- Smeddinck, U.; König, C. (2016): Grenzwertbildung im Strahlenschutz – Physik, Recht, Toxikologie: Grundlagen, Kontraste, Perspektiven, Berlin 2016 Berlin: BWV.
- Smeddinck, U. (2017): Die Fortentwicklung des Standortauswahlgesetzes (StandAG). Novellierungen, Beispiele, Reflektionen. *Zeitschrift für Europäisches Umwelt- und Planungsrecht* 15 (3), S. 195-205.
- Smeddinck, U. (2017): StandAG Standortauswahlgesetz: Kommentar. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH.
- Smeddinck, U. (2018): Emotionen bei der Realisierung eines Endlagers – Interdisziplinäre Beiträge. Berlin: BWV.
- Stahlmann, J.; León Vargas, R.; Mintzlaff, V. (2016): Geotechnische und geologische Aspekte für Tiefenlagerkonzepte mit der Option der Rückholung der radioaktiven Reststoffe. *Bautechnik* 93 (3), S. 141-150.
- Stahlmann, J.; León Vargas, R.; Mintzlaff, V.; Epkenhans, I. (2018): Normalszenarien und Monitoringkonzepte für Tiefenlager mit der Option Rückholung. ENTRIA.
- Stahlmann, J.; Mintzlaff, V.; León Vargas, R. (2015): Generische Tiefenlagermodelle mit Option zur Rückholung der radioaktiven Reststoffe: Geologische und Geotechnische Aspekte für die Auslegung. ENTRIA.



- Stahlmann, J.; Missal, C.; Hahn, P.; Edel, T. (2014): Geotechnische Bedingungen in der Schachtanlage Konrad – Auffahrung von Strecken und Kammern in druckhaftem Gebirge. *Geotechnik* 37 (2), S. 129-137.
- Stehr, N. (2001): *The Fragility of Modern Societies. Knowledge and Risk in the Information Age*. London: SAGE.
- Steppert, M.; Walther, C. (2013): Mass spectrometric characterization and quantification of Pu(VI) hydrolysis products *Radiochim. Acta* published online, doi: 10.1524/ract.2013.2033.
- Sträter, O. (2005): *Cognition and Safety. An Integrated Approach to Systems Design and Assessment*. Aldershot: Ashgate.
- Sträter, O. (2018): *Risikofaktor Mensch? Zuverlässiges Handeln gestalten*. Berlin: Beuth.
- Streffer, C. et al. (2011): *Radioactive Waste. Technical and Normative Aspects of its Disposal*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Sukopp, T. (2010): Interdisziplinarität und Transdisziplinarität. Definitionen und Konzepte. In: Jungert, M.; Romfeld, E.; Sukopp, T.; Voigt, U. (Hrg.): *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme*. Darmstadt: WBG – Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 13-29.
- Sutter, B. (2005): Von Laien und guten Bürgern – Partizipation als politische Technologie. In: Bogner, A.; Torgersen, H. (Hg.): *Wozu Experten? Ambivalenzen der Beziehung von Wissenschaft und Politik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 220-240.
- Tawussi, F.; Gupta, D. K.; Mühr-Ebert, E.; Schneider, S.; Bister, S.; Walther, C. (2017): Uptake of Plutonium-238 into *Solanum tuberosum* L. (Potato plants) in presence of complexing agent EDTA *J. Env. Radioactivity* 178, S. 186-192.
- Truffer, B. (2007): Wissensintegration in transdisziplinären Projekten: Flexibles Rollenverständnis als Schlüsselkompetenz für das Schnittstellenmanagement. *GAIA* (16), S. 41-45.
- Vahlbruch, J. W. (2014): Vertrauensbildende Maßnahmen im Zusammenhang mit der Asse. *StrahlenschutzPRAXIS* 2, S. 43-48.
- Van Wijk, J. J. (2005): The value of visualization. In *Visualization, 2005. VIS 05. IEEE*. S. 79-86.
- Van Wijk, J. J. (2013): Evaluation: A challenge for visual analytics. *Computer* 46(7), S. 56-60.
- Verweij, M.; Thompson, M. (2006): *Clumsy Solutions for a Complex World. Governance, Politics and Plural Perceptions*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Von Hirschhausen, C.; Reitz, F. (2014a): Atomkraft Ohne Zukunftsaussichten. 13. DIW Wochenbericht. Berlin: DIW Berlin. [\afs\tu-berlin.de\units\Fak\\_VII\wip\share\literatur\Hirschhausen\\_et\\_al\\_2014-DIW\\_Wochenbericht\\_13\\_Atomkraft\\_ohne\\_Zukunftsaussichten.pdf](https://www.diw.de/afs/tu-berlin.de/units/Fak_VII/wip/share/literatur/Hirschhausen_et_al_2014-DIW_Wochenbericht_13_Atomkraft_ohne_Zukunftsaussichten.pdf).
- Von Hirschhausen, C.; Reitz, F. (2014b): Atomkraft: Auslaufmodell Mit Ungelöster Endlagerfrage. *DIW Wochenbericht* 2014 (13), S. 267-276.

- Von Hirschhausen, C.; Gerbaulet, C.; Kemfert, C.; Reitz, F.; Schäfer, D.; Ziehm, C. (2015): Rückbau Und Entsorgung in Der Deutschen Atomwirtschaft: Öffentlich-Rechtlicher Atomfonds Erforderlich. 45. DIW Wochenbericht. Berlin, Germany. [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.518250.de/15-45-3.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.518250.de/15-45-3.pdf).
- Völker, H. (2004): Von der Interdisziplinarität zur Transdisziplinarität? In: Brand, F.; Schaller, F.; Völker, H. (Hrg.): Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Göttingen: Universitäts-Verlag, S. 9-28.
- Waag, P. (2012): Inter- und transdisziplinäre (Nachhaltigkeits-)Forschung in Wissenschaft und Gesellschaft. artec-paper Nr. 181. Bremen: artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit.
- Wagner, F.; Grunwald, A. (2015): Reallabore als Forschungs- und Transformationsinstrument. Die Quadratur des hermeneutischen Zirkels. *GAIA* 24 (1), S. 26-31.
- Walther, C.; Fuss, M.; Büchner, S. (2008): Formation and hydrolysis of polynuclear Th(IV) complexes - a nano-electrospray mass-spectrometry study *Radiochim. Acta* 96, S. 411-425.
- Walther, C.; Rothe, J.; Schimmelpfennig, B.; Fuss, M. (2012): Thorium nanochemistry: the solution structure of the Th(IV)-hydroxo pentamer. *Dalton Trans.* 41 (36), S. 10941-10947.
- Wealer, B.; Gerbaulet, C.; von Hirschhausen, C.; Seidel, J. P. (2015): Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland (»Rückbau-Monitoring 2015«). DIW Berlin, Data Documentation 81. Berlin, Germany: DIW Berlin, TU Berlin.
- Wealer, B.; Czempinski, V.; von Hirschhausen, C.; Wegel, S. (2017): Nuclear Energy Policy in the United States: Between Rocks and Hard Places. *IAEE Energy Forum 2017 (Second Quarter)*, S. 25-29.
- Weischer, C.; Gehrau, V. (2017): Die Beobachtung als Methode in der Soziologie. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- Weingart, P. (2006): Die Wissenschaft der Öffentlichkeit. Essays zum Verhältnis von Wissenschaft, Medien und Öffentlichkeit. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Werlen, B. (2010): Gesellschaftliche Räumlichkeit. Konstruktion geographischer Wirklichkeiten. Stuttgart: Franz Steiner.
- White, M. J. (2014): Monitoring During the Staged Implementation of Geological Disposal: The MoDeRn Project Synthesis - MODERN DELIVERABLE D-6.1.
- Xu, S.; Dverstorp, B.; Lindgren, G.; Norden, M.; Röhlig, K.-J. (2015): A Structured Approach to Independent Modelling in Support of a Licensing Review. In: American Nuclear Society (Hg.): ANS 2015 International High-Level Radioactive Waste Management Conference (IHLRW). Chaleston: American Nuclear Society.
- Zscheischler, J., Rogga, S.; Lange, A. (2018): The success of transdisciplinary research for sustainable land use: individual perceptions and assessments. *Sustainability Science* 13, S. 1061-1074. doi: <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0556-3>.