ISSN 0948-9452

UFZ-BERICHT 5|2017
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Department Stadt- und Umweltsoziologie

Alena Bleicher, Martin David, Henriette Rutjes,
Magdalena Wallkamm

Rohstoffgewinnung und Technologieentwicklung in Deutschland im Wandel – Sozialwissenschaftliche Perspektiven

Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung GmbH – UFZ
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
www.ufz.de

NICHT ZUM VERKAUF BESTIMMT.

UFZ-BERICHT 5|2017 | Rohstoffgewinnung und Technologieentwicklung in Deutschland ...

5|2017

HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

Rohstoffgewinnung und Technologieentwicklung in Deutschland im Wandel

Sozialwissenschaftliche Perspektiven

AutorInnen:

Alena Bleicher, Martin David, Henriette Rutjes, Magdalena Wallkamm

Dieses Projekt wird gefördert durch das BMBF.
Förderkennzeichen: 033R148

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

HELMHOLTZ ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG UFZ

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung: Ressourcenversorgung und Technologieentwicklung 5

2 Methode 8

2.1 Datenerhebung 9

2.2 Auswertung der Daten und Identifizierung gesellschaftlicher Faktoren 10

2.3 Stakeholderworkshops 11

2.4 Kontextualisierung der Ergebnisse 12

3 Gesellschaftliche Faktoren der Entwicklung von Rohstofftechnologien 13

3.1 Rolle von Akteuren 13

3.1.1 Rolle der Wissenschaft 15

3.1.2 Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken 16

3.1.3 Rolle der Behörden 17

3.1.4 Rolle der Medien 18

3.1.5 Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik 20

3.1.6 Rolle des Staates 21

3.2 Werte 22

3.2.1 Wirtschaftlichkeit 23

3.2.2 Naturschutz 24

3.2.3 Landschaftsschutz und Landschaftsbild 25

3.3 Gesellschaftliche Deutungsmuster und Prozesse der Interpretation im Kontext von Rohstoffthemen 26

3.3.1 Interpretationen von Deponie- und Haldenrückbau 28

3.3.2 Umstrittene Interpretationen der regionalen Bergbaugeschichte 29

3.3.3 Exklusiver Fokus auf Innovation 30

3.3.4 Interpretation der Öffentlichkeit 31

3.3.5 Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff 32

3.4 Lokales Wissen 33

3.4.1 Wissen in den Behörden und Unternehmen 35

3.4.2 Wissen über Lagerstätten 36

3.4.3 Wissen über Umweltgeschichte 37

4 Faktoren der Technologieentwicklung – Stakeholder-Einschätzungen 39

5 Ressourcenversorgung durch Technologieentwicklung: Zusammenhänge und Mechanismen 42

5.1 Die ambivalente aber zentrale Rolle des Staates in Rohstofffragen 42

5.2 Eine Frage der aktiven Interpretation – Die Entstehung sekundärer Lagerstätten 43

5.3 Die Bedeutung von Vergangenheit und Abschaffung für innovative Technologieentwicklung 45

5.4 Lokales Wissen – eine wichtige Ressource für die Technologieentwicklung 47

6 Zusammenfassung 49

Literaturverzeichnis 51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forschungsverlauf 8

Abbildung 2: Bewertung der Faktoren in der Kategorie „Werte“ durch die Fokusgruppe der zivilgesellschaftlichen Akteure 12

Abbildung 3: Bewertung der Faktoren in der Kategorie „Werte“ durch die Fokusgruppe mit wissenschaftlichen Akteuren 12

Abbildung 4: Gesellschaftliche Faktoren der Entwicklung von Rohstofftechnologien in Deutschland 13

1 Einleitung: Ressourcenversorgung und Technologieentwicklung

Internationale Rohstoffmärkte durchlaufen derzeit einen tiefgreifenden Wandel, der insbesondere die Hochtechnologieindustrie weltweit vor die Herausforderung stellt, ihre Versorgung mit notwendigen Rohstoffen sicher zu stellen (Gandenberger 2016, Goldmann 2016, Exner et al. 2016, David et al. 2017a, Held und Schindler 2018). Mit der alleinigen Konzentration auf Nachfrage- und Angebotsverschiebungen auf Rohstoffschlüsselmärkten ist diesem Wandel nicht mehr zu begegnen (Tiess 2009, Owen und Kemp 2013, Giurco et al. 2014, Barteková und Kemp 2016). Auf diese Entwicklung reagieren die Regierungen einzelner Länder mit sehr unterschiedlichen Strategien. Im Wesen deuten diese auf eine grundlegende Diskussion über die Reorganisation von Rohstoffmärkten hin, was zum Beispiel eine teilweise Rückkehr zur heimischen Rohstoffgewinnung bedeutet (Gandenberger et al. 2012, Barteková und Kemp 2016). Technologieentwicklung im Bereich Rohstoffgewinnung wird generell als effizienz- und effektivitätsgetrieben beschrieben und ist eng an wirtschaftliche Unternehmungen sowie an unternehmerische Forschungs- und Entwicklungsleistungen gebunden (Desheng 2004, Ghose 2009, Lanke 2014, Martens et al. 2014). Vor dem Hintergrund des aktuellen Wandels der Rohstoffmärkte wird diese Orientierung von politischen Akteuren als zu kurz greifend wahrgenommen. Daher führt diese Diskussion, insbesondere in Europa, zu einem gesteigerten Interesse an staatlichem Engagement in der Erforschung und Entwicklung von Technologien und Methoden zur heimischen Gewinnung sogenannter wirtschaftsstrategischer Rohstoffe[1]. Die staatlich finanzierte Technologieentwicklung adressiert dabei die gesamte Kette der Rohstoffgewinnung – von der Exploration neuer Lagerstätten über den Abbau bis hin zur Aufbereitung (Barteková und Kemp 2016).

Auch in Deutschland ist technologieorientierte Forschungspolitik eine zentrale Strategie in Reaktion auf den Wandel der globalen Rohstoffversorgung (BMBF 2012). Die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Entwicklung neuer Rohstofftechnologien[2] findet in Deutschland als angewandte Forschung statt. Das bedeutet zum einen, dass an konkreten geologischen Lagerstätten, Bergbauhalden, Spezialdeponien und Hausmülldeponien sowie in Prozessen der Abfallaufbereitung (Recycling) geforscht wird. Zum anderen zielt Forschung und Entwicklung darauf ab, dass Rohstoffe aus Lagerstätten in Deutschland gewonnen werden können. Angewandte Forschungsprozesse sind daher durch direkte Interaktionen mit gesellschaftlichen Akteuren gekennzeichnet und werden durch deren Praktiken und Routinen, Werte und Zukunftsvorstellungen mitgestaltet. Ihrerseits wirkt die Forschung direkt auf gesellschaftliche Strukturen. Aufgrund dieser Anwendungsorientierung ist damit zu rechnen, dass es zu Interaktionen zwischen Wissenschaft und gesellschaftlichen Akteuren kommen wird, die die Entwicklung von Technologien mitbeeinflussen. Technologische Herausforderungen zur Erschließung von Potenzialen wirtschaftsstrategischer Rohstoffe in Deutschland sind die Heterogenität, Komplexität, geringe Größe (Wertinhalt) und teils schwere Zugänglichkeit der sekundären Rückstände aus Bergbau und Aufbereitung oder Abfall aus Konsumprozessen[3] und der primären, geologisch

[1] Die Terminologie für die fraglichen Rohstoffe ist nicht einheitlich. Allein das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) verwendet die Bezeichnungen „Hightech-Metalle und Seltene Erden", „nichtenergetische metallische Rohstoffe", „wirtschaftsstrategische Rohstoffe" oder „Metall führende Ressourcen", um Elemente zu bezeichnen, die für die Produktion moderner Technologiegüter essentiell sind (BMBF 2012, 2017).

[2] Die Forschung wird im Rahmen der Initiative „r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe" vom BMBF gefördert (BMBF 2017).

[3] Zur Taxonomie sekundärer oder urbaner Lagerstätten siehe Johannson et al. 2013.

entstandenen Lagerstätten (Poggendorf et al. 2016). Der Abbau entsprechender Lagerstätten würde mit starken ökologischen Eingriffen einhergehen, die in Deutschland in zunehmendem Maße von einer kritischen Öffentlichkeit begleitet werden. Diese Diskussionen haben in der Regel einen starken regionalen Bezug, da die Lagerstätten im Bundesgebiet geografisch ungleich verteilt sind und sich damit auch die Auswirkungen von Rohstoffgewinnung in den jeweiligen Regionen unterscheiden. Damit stellt sich nicht nur die Frage, welche Technologien und Methoden für Exploration und Gewinnung notwendig sind, sondern auch, wie eine gesellschaftliche Teilhabe an der Entscheidung über die Gestaltung von Rohstofftechnologien und zukünftiger Rohstoffbeschaffung ermöglicht werden kann. So ist beispielsweise auffällig, dass Fragen der Rohstoffversorgung im Hinblick auf die Bereitstellung von Industriemineralien und damit verbundener Technologieentwicklung in Deutschland bislang fast ausschließlich von politischen und wirtschaftlichen Akteuren sowie wissenschaftlichen Experten thematisiert werden (David et al. 2017a). Obwohl im Rahmen der Fortschreibung der Ressourceneffizienzstrategie (ProgRess II) Bürgerinnen und Bürger an der Diskussion über Strategien zur Förderung ressourcenschonender Lebensstile beteiligt wurden (zebralog und UfU 2015), sind die Diskurse zur Rohstoffversorgung in der breiteren Öffentlichkeit aktuell wenig präsent (Werland 2012, Jacob et al. 2013).

Vor diesem Hintergrund zielt das Projekt GORmin[4] darauf ab, die Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Technologieentwicklung für die Bereitstellung von Hochtechnologiemetallen in Deutschland zu verstehen. Aufbauend auf diesem Verständnis sollen Vorschläge für eine gesellschaftlich nachhaltige Gestaltung von Technologien entwickelt werden. Eine gesellschaftlich nachhaltige Technologieentwicklung zeichnet sich im Verständnis des Projektes dadurch aus, dass Möglichkeiten geschaffen werden, um Perspektiven jenseits von Wissenschaft, Forschungspolitik und Wirtschaft im Prozess der Technologieentwicklung einbringen und aufgreifen zu können. Die in diesem Arbeitspapier dargestellten Analyseergebnisse bilden daher die Grundlage für die Entwicklung von Gestaltungsoptionen.

In einem ersten Schritt ging es darum, die vielfältigen Beziehungen von Technologieentwicklung und Gesellschaft aufzuzeigen und zu verstehen. Es wurde herausgearbeitet, auf welche Weise Forschung und Entwicklung von ihrem gesellschaftlichen Umfeld beeinflusst werden. Methodisch wurde dafür ein explorativer Ansatz gewählt, der es ermöglichte, im bisher wenig konturierten Forschungsfeld systematisch fallvergleichend vorzugehen (vgl. Kapitel 2). Es wurden sogenannte soziokulturelle Faktoren identifiziert, die in Prozessen der Technologieentwicklung förderlich oder hinderlich wirksam werden können.

In der Analyse wurden insgesamt vier Kategorien abgeleitet, unter denen sich die soziokulturellen Faktoren fassen lassen (Kapitel 3.1 bis 3.4). Eine erste Kategorie umfasst Faktoren, die die Rolle von Akteuren problematisieren. Diese Faktoren nehmen insbesondere auf die Ausgestaltung von Interaktionen in Innovationsprozessen Bezug. Eine zweite, im Zuge der Analysen identifizierte Kategorie bündelt Faktoren, die sich auf den Einfluss von Werten in der Technologieentwicklung beziehen. Die Wissenschafts- und Technikforschung stellt heraus, dass Werte in den Entwicklungsprozess einfließen und auf diese Weise die Gestalt von Technologien mitbestimmen (Guston 2008, Fisher et al. 2015). Die dritte Kategorie beinhaltet Faktoren, die sich auf kulturell ge-

[4] Die Abkürzung GORmin steht für: Governanceoptionen für die akzeptable Gewinnung wirtschaftsstrategischer Ressourcen aus primären und sekundären Lagerstätten in Deutschland (www.ufz.de/gormin/).

prägte Prozesse der Interpretation technologischer Entwicklungen beziehen. Solche Interpretationen werden teils strategisch kommuniziert, um bestimmte Sinnzusammenhänge herauszustellen. Schließlich bezieht sich eine vierte Kategorie von Faktoren auf die Arten von Wissen, die im Prozess der Technologieentwicklung eingebunden sind. Die Analysen zeigten, dass gerade Wissen, das in lokalen und regionalen Kontexten entsteht, im untersuchten Feld die Technologieentwicklung beeinflusst. Die identifizierten Faktoren und Kategorien wurden im Rahmen von Workshops mit verschiedenen Stakeholdergruppen diskutiert, um die Forschungsergebnisse und Analysen nachzujustieren. Die Workshopdiskussionen werden im Kapitel 4 dargestellt. In den Kapiteln 5.1 bis 5.4 wird das Zusammenspiel von Faktoren im Hinblick auf ihre Wirkung in Technologieentwicklungsprozessen in Deutschland herausgearbeitet.

Das Papier schließt mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse, die in die weitere Arbeit einfließen werden.

2 Methode

Um soziokulturelle Einflussfaktoren zu identifizieren, wurde ein explorativer Ansatz gewählt. Dieser beschreibt ein vergleichendes, fallspezifisches Vorgehen sozialwissenschaftlicher Forschung in einem bisher wenig konturiertem Forschungsfeld. Das bedeutet, dass Sinnstrukturen und Kausalzusammenhänge, über die im Vorfeld nur wenig Wissen existiert, durch eine systematisch vergleichende Suche herausgestellt werden. Dieses sozialwissenschaftliche Vorgehen heißt Grounded Theory (Glaser und Strauss 1967) und zielt darauf ab, erste Annahmen über den Untersuchungsgegenstand zu bilden.[5] Damit grenzt sich dieses Verfahren von einem testenden Vorgehen ab, das bestehende Hypothesen überprüft. Insofern eignet sich der methodische Ansatz der Grounded Theory, um eine erste Erfassung und Charakterisierung des hier adressierten Forschungsfeldes vorzunehmen. Folglich hat die vorliegende Analyse einen beschreibenden Charakter und fokussiert auf die Bildung von Hypothesen über Zusammenhänge und Mechanismen im Feld der Technologieentwicklung zur Rohstoffgewinnung, die in weiteren Studien vertiefend erforscht werden können.

In diesem Papier werden Regelhaftigkeiten der gesellschaftlichen Einbettung von Technologieentwicklung für die Rohstoffgewinnung herausgestellt. Als gesellschaftliche Einbettung von Technologien werden hier das Verhältnis und die gegenseitige Beeinflussung von gesellschaftlichen Praktiken, Entscheidungen, Werten und Normen sowie Prozessen der Entwicklung von Technologien verstanden. Der Fokus der Analysen liegt auf drei Kontexten der Technologieentwicklung: geologische oder primäre Lagerstätten in Deutschland, Bergbauhalden, in denen Materialien aus der Aufbereitung primärer Rohstoffe gelagert sind, sowie Hausmülldeponien.

Abbildung 1 stellt den Verlauf der Forschung dar: 1. Datenerhebung, 2. Datenauswertung, 3. Stakeholderworkshops, und 4. Kontextualisierung der eruierten Faktoren.

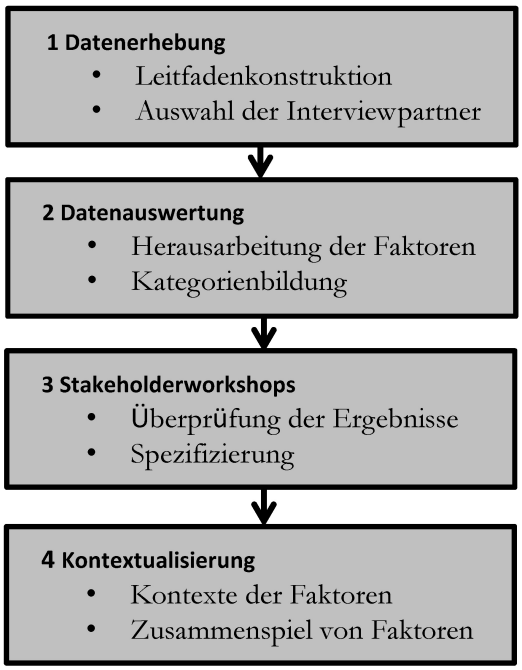

Abbildung 1: Forschungsverlauf

[5] Solche Verfahren werden beispielsweise in der medizinischen, patientenorientierten Forschung angewandt (Montgomery-Hunter 1991, 2006).

2.1 Datenerhebung

Die Datengrundlage der Analysen bildeten 28 Expertengespräche mit 37 Personen (Einzelinterviews und Gruppeninterviews) sowie eine Gruppendiskussion mit 13 Personen, die nach Herausarbeitung der Fragestellung organisiert wurden. Unter den Interviewten waren Wissenschaftler (11 Personen), Vertreter von Behörden (16 Personen), zivilgesellschaftliche Akteure (2 Personen), Personen aus Unternehmen (6 Personen) und politische Akteure (2 Personen), die sich aufgrund ihrer beruflichen Rolle oder aus privatem Interesse mit der Entwicklung von Rohstofftechnologien oder der Gewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe (im Kontext von Deponien (8 Personen), Halden (15 Personen) oder primären Lagerstätten (14 Personen) in Deutschland) beschäftigen. Für die ersten Gespräche wurden Akteure angesprochen, die in Projekte zur Entwicklung von Ressourcentechnologien im Bereich geologischer und sekundärer Lagerstätten (Bergbauhalden und Deponien) involviert waren oder es sind. Diese wurden jeweils gebeten, Personen zu nennen, die sich mit der Frage der Technologieentwicklung für Rohstoffgewinnung entweder bereits befassen oder aus Sicht des Interviewten befassen sollten, um diese für Gespräche zu gewinnen. Zentrales Ziel der Interviews war es, einen Überblick darüber zu gewinnen, wie in verschiedenen räumlichen Kontexten (bundesweit, auf Länderebene, in einzelnen Regionen), im Hinblick auf die drei Lagerstättentypen (Bergbau, Halde, Deponie) von den verschiedenen Akteuren Rohstoffgewinnung und Technologieentwicklung thematisiert wird und welche Schwierigkeiten und Potenziale von den Interviewten gesehen werden. Während der Erhebung wurden daher offene Fragen gestellt und diese mit gezielten Nachfragen ergänzt, was Teil des explorativen Vorgehens ist. Neben diesen systematisch durchgeführten Interviews, die aufgezeichnet und anschließend transkribiert wurden, führte das Forscherteam Gespräche mit weiteren Akteuren aus dem Rohstofffeld z.B. am Rande von Fachkonferenzen. Diese Gespräche hatten informierenden Charakter und wurden nicht systematisch ausgewertet.

Es zeigte sich, dass insbesondere in den Regionen Oberharz im Bundesland Niedersachsen, in der Region Mansfelder Land im Bundesland Sachsen-Anhalt, im sächsischen Erzgebirge, sowie im Bundesland Baden-Württemberg die Thematik der wirtschaftsstrategischen Rohstoffe von einem breiteren Kreis von Akteuren wahrgenommen und diskutiert werden. Das Zusammenspiel von Gesellschaft und Technologieentwicklung kann in diesen räumlichen Kontexten daher sehr gut rekonstruiert und analysiert werden. Viele der illustrierenden Beispiele beziehen sich daher auf diese Regionen.

Neben den Expertengesprächen wurden sekundäre Quellen ausgewertet. Beispielsweise wurden Rohstoffstrategien auf europäischer und nationaler Ebene, sowie Rohstoffstrategien verschiedener Bundesländer in die Analysen einbezogen. Diese Dokumente geben Hinweise auf die politische Relevanz der Themen Rohstoffversorgung und Technologieentwicklung. Schließlich stellen sie auch dar, mit welchen Strategien die identifizierten Probleme adressiert werden sollen und geben Auskunft darüber, wie bestimmte Rollenverständnisse im Handeln von Akteuren aus der Politikperspektive gesehen werden.

Zur Sicherung der Qualität der sozialwissenschaftlichen Analysen wurden drei Workshops durchgeführt, um die bis dahin erzielten Forschungsergebnisse mit verschiedenen Stakeholdergruppen zu diskutieren und gegebenenfalls Teile der Analyse zu vertiefen.

Für die Identifizierung gesellschaftlich relevanter Faktoren der Technologieentwicklung wurde die Erhebung wie folgt gegliedert:

- Identifizierung gesellschaftlich relevanter Aspekte auf Grundlage des empirischen Datenmaterials,
- Bewertung und Einschätzung der Aspekte hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Technologieentwicklung,
- Zusammenfassung der Aspekte zu Faktoren,
- Gruppierung der Faktoren in Kategorien,
- Diskussion der identifizierten Faktoren im Rahmen von Stakeholderworkshops,
- Herausstellen des Zusammenwirkens von Faktoren.

2.2 Auswertung der Daten und Identifizierung gesellschaftlicher Faktoren

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte basierend auf dem etablierten sozialwissenschaftlichen Vorgehen der Grounded Theory (Glaser und Strauss 1967). Bei diesem Vorgehen werden durch ständiges Vergleichen der Aussagen Untersuchungskategorien herausgearbeitet und miteinander in Verbindung gesetzt. Dieses induktive, hypothesengenerierende Vorgehen zielt darauf ab, durch das Eingrenzen kleinster Sinneinheiten auf Grundlage des empirischen Materials Erklärungsmodelle der sozialen Wirklichkeit zu entwickeln. Das bedeutet, dass ausgehend vom Datenkorpus erste Annahmen über bestimmte Ausprägungen, Prozesse und Zusammenhänge gemacht werden, die unter Hinzuziehen neuen Materials stetig überprüft und angepasst werden, bis der Punkt theoretischer Sättigung[6] zur Aufstellung von Hypothesen und zur Theoretisierung erreicht ist.

In einem ersten Schritt wurden solche gesellschaftlichen Aspekte identifiziert, die einen Einfluss auf die Technologieentwicklung für die Gewinnung von wirtschaftsstrategischen Rohstoffen haben. Dabei gab es Aspekte, deren Einfluss Interviewpartner wahrnahmen und reflektierten und Punkte, die erst durch die Analyse aufgedeckt werden konnten.

In einer zweiten Überlegung wurde die Wirkung auf die Technologieentwicklung näher charakterisiert. Dabei war insbesondere die Frage von Interesse, ob ein bestimmter Sachverhalt hinderlich oder förderlich für die Technologieentwicklung ist. In der Bearbeitung zeigte sich, dass häufig ein hinderlicher Aspekt dargestellt wurde, zu dem es eine Vorstellung gibt, wie er aussehen müsste, damit er förderlich ist. Diese Aspekte wurden jeweils zu einem Einflussfaktor mit den unterschiedlichen Ausprägungen – hinderlich und/oder förderlich – zusammengefasst.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Systematik erfolgte die Zusammenfassung der identifizierten Faktoren thematisch in 4 Kategorien: a) Rolle von Akteuren, b) Werte, c) gesellschaftliche Deutungsmuster und Prozesse der Interpretation, d) lokales Wissen. Diese Gruppierung erfolgte im Hinblick auf die weiteren Arbeiten im GORmin Projekt. Ihr liegt der Gedanke zugrunde, dass die jeweils einer Kategorie zugeordneten Faktoren sich hinsichtlich der Governanceansätze, mit denen sie adressiert werden können, ähnlich sind. Während sich beispielsweise Werte und Werte-

[6] Von theoretischer Sättigung spricht man, wenn kein weiteres Material gefunden wird, das weitere Aspekte zu den Kategorien hinzufügt oder die identifizierten Zusammenhänge in Frage stellt (Strauss und Cobin 1990).

hierarchien nur langfristig ändern und Governanceansätze in erster Linie darauf abzielen können, Werte sichtbar zu machen und offen zu legen, kann das Zusammenspiel von Akteuren im Rohstoffbereich durch Instrumente direkt adressiert und gestaltet werden.

Schließlich wurden, angelehnt an der Idee eines transdisziplinären Forschungsdesigns (Strohmeier 2014), die identifizierten Faktoren mit verschiedenen Stakeholdergruppen diskutiert. Abschnitt 2.3 stellt das Vorgehen der Workshops dar. Die Ergebnisse der Workshopdiskussionen flossen in die Ausarbeitung und Darstellung der einzelnen Faktoren ein. Im Kapitel 4 werden die Workshopergebnisse im Überblick zusammengefasst.

2.3 Stakeholderworkshops

Die identifizierten Faktoren wurden im Rahmen von drei ganztägigen Workshops mit Experten aus Politik, Wissenschaft und der Zivilgesellschaft diskutiert, die technologieentwicklungsnahen Tätigkeiten nachgingen. Ziel dieser Diskussionen war es, die Forschungsergebnisse zu überprüfen, sowie gegebenenfalls Änderungen, Ergänzungen und Spezifizierungen vorzunehmen. Aus diesem Grund wurden auch Akteursgruppen adressiert, deren Perspektive bis dahin im empirischen Material nur teilweise abgebildet war (z.B. Akteure der Politik) (vgl. Schulz 2012, Morgan 1996).

Die Workshops hatten die Form von Fokusgruppendiskussionen, deren zentrales Merkmal die vergleichsweise homogene Zusammensetzung der Teilnehmer ist. Diese soll ermöglichen, die Perspektiven einer nach bestimmten Kriterien ähnlichen Gruppe von Akteuren (z.B. Rohstoffwissenschaftler, Naturschutz etc.) detaillierter kennenzulernen (z.B. Widersprüchlichkeiten innerhalb einer als homogen wahrgenommenen Akteursgruppe). Ferner soll die Konfrontation kontroverser Positionen, die in der Rolle von Akteuren in einem bestimmten gesellschaftlichen Kontext begründet sind, vermieden, und so die Diskussion gestärkt werden (vgl. Schulz 2012, Morgan 1997).

Am ersten Workshop nahmen neun Akteure aus der rohstoffbezogenen Bundes- und Landespolitik, sowie aus mit der Rohstoffgewinnung verbundenen Verwaltungseinheiten (z.B. Geologische Dienste der Bundesländer) teil. Ein zweiter Workshop wurde mit elf Vertreterinnen und Vertretern aus der Wissenschaft durchgeführt, die sich im Rahmen ihrer Forschung mit der Gewinnung von Industriemineralien beschäftigen. Die Teilnehmer des dritten Workshops waren sechs Vertreterinnen und Vertreter zivilgesellschaftlicher Organisationen aus Bereichen Tourismus und Naturschutz.[7]

Im ersten Workshop waren Vorträge zur Gewinnung und Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe, zur Rolle der Landespolitik und den aktuellen Entwicklungen auf Bundes- sowie Landesebene die Grundlage der Diskussion. In den letzten beiden Workshops stand die Auseinandersetzung mit den im Rahmen des GORmin Projektes identifizierten soziokulturellen Faktoren

[7] Die Teilnahmeanfrage wurde weit gestreut: Beispielsweise wurden auch Akteure aus der Kirche, den Gewerkschaftsverbänden und aus zivilgesellschaftlichen Initiativen im Rohstoffsektor (z.B. bergbauliche Traditionsvereine) angefragt. Allerdings konnten keine Teilnehmer aus diesen Kreisen gewonnen werden. Gründe dafür liegen vermutlich in der geringen Priorität des Themas für hauptsächlich ehrenamtlich arbeitende Organisationen mit eingeschränkten zeitlichen und finanziellen Ressourcen.

stärker im Mittelpunkt. Da es nicht möglich war, alle Faktoren im zeitlichen Rahmen eines Workshops zu diskutieren, erfolgte durch die Teilnehmenden eine Auswahl von fünf Faktoren, die sie hinsichtlich des Einflusses auf die Technologieentwicklung am wichtigsten einschätzten (siehe beispielhaft Abbildung 2 und 3).[8]

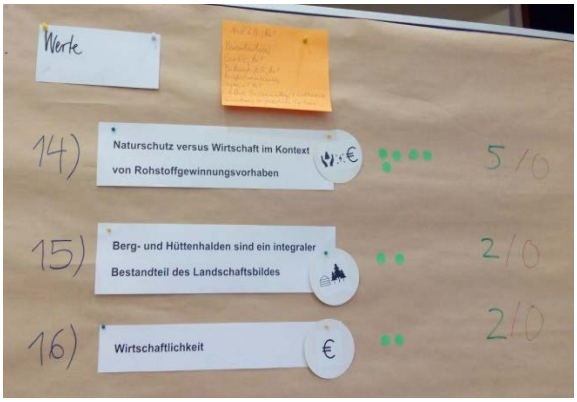

Foto: Martin David

Abbildung 2: Bewertung der Faktoren in der Kategorie „Werte“ durch die Fokusgruppe der zivilgesellschaftlichen Akteure

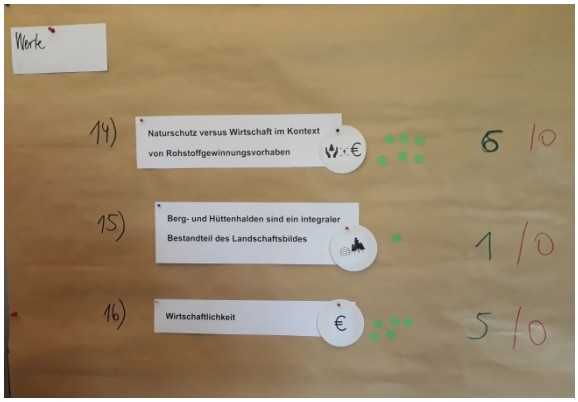

Foto: Robin Siebert

Abbildung 3: Bewertung der Faktoren in der Kategorie „Werte“ durch die Fokusgruppe mit wissenschaftlichen Akteuren

2.4 Kontextualisierung der Ergebnisse

Teil der angewandten explorativen Methode ist eine sogenannte Kontextualisierung der Ergebnisse. Während die Faktoren in den Kapiteln 3.1 bis 3.4 einzeln dargestellt werden, geht es im Kapitel 5 darum, die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den Faktoren aufzuspüren und darzustellen. Die Faktoren sind nicht unabhängig voneinander, sondern interagieren, beeinflussen sich gegenseitig und kommen gerade in diesen Wechselwirkungen in der Technologieentwicklung zum Tragen. Erst die Betrachtung des Zusammenspiels der Faktoren ermöglicht es, Prozesse und Mechanismen im Feld zu erkennen und zu verstehen.

[8] Die Auswahl erfolgte indem die Teilnehmenden mindestens drei und maximal fünf Klebepunkte auf die Faktoren verteilen. Die Faktoren mit der höchsten Anzahl an grünen Klebepunkten wurden zur Diskussion ausgewählt. Bei gleicher Punktzahl wurde mittels Handzeichen entschieden. Außerdem erhielten die Teilnehmenden einen roten Klebepunkt, mit dem sie angeben sollten, welcher Faktor aus ihrer Sicht den geringsten Einfluss auf die Technologieentwicklung hat.

3 Gesellschaftliche Faktoren der Entwicklung von Rohstofftechnologien

In der Analyse wurden 17 Faktoren identifiziert, die sich auf die Entwicklung von Rohstofftechnologien auswirken. Diese Faktoren wurden in vier Kategorien gruppiert (siehe Abbildung 4). Die Gruppierung erfolgte im Hinblick auf die spätere Entwicklung von Governanceoptionen. Es liegt der Gedanke zugrunde, dass die jeweils einer Kategorie zugeordneten Faktoren sich hinsichtlich der Governanceansätze, mit denen sie adressiert werden können, ähnlich sind.

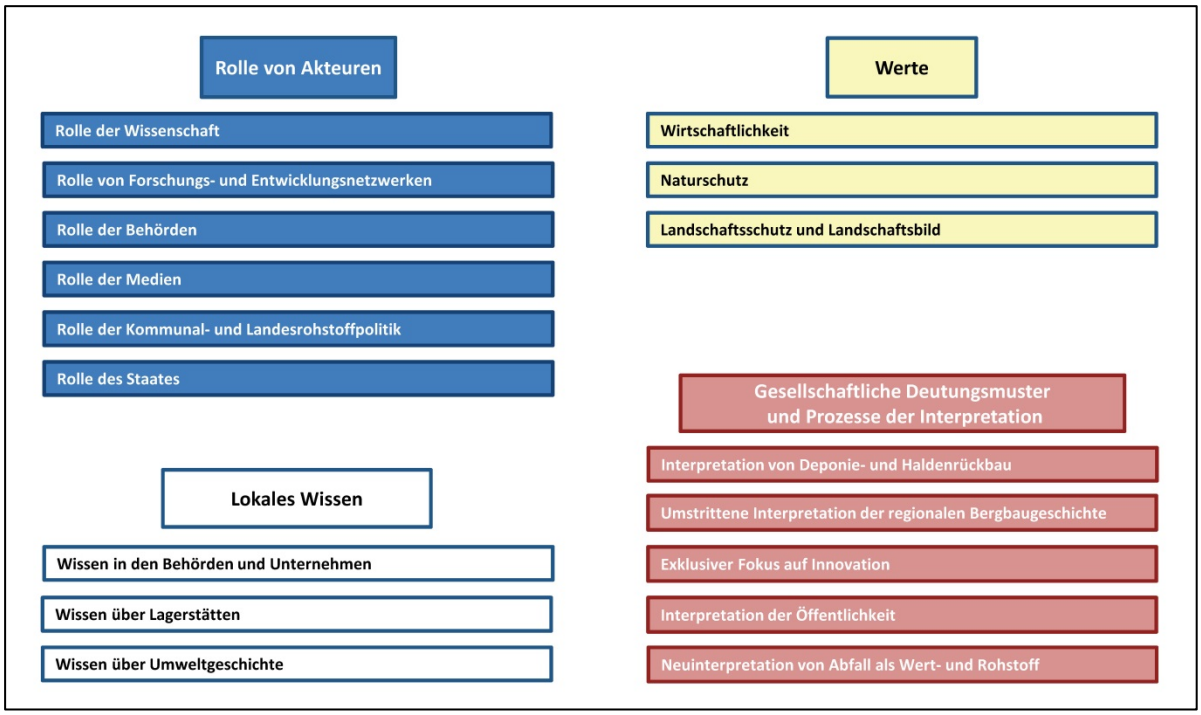

Abbildung 4: Gesellschaftliche Faktoren der Entwicklung von Rohstofftechnologien in Deutschland

3.1 Rolle von Akteuren

Ein Ziel der Analysen war es, die Rolle und den Einfluss von Akteuren und Akteursgruppen auf die Rohstoffforschung zu verstehen. Dabei wird in Anlehnung an Ajzen (1991, 2001) davon ausgegangen, dass Erwartungshaltungen an und Einstellungen gegenüber bestimmten Akteursrollen Verhalten und Handeln dieser Akteure mitbestimmen. Das bedeutet, dass das Handlungsfeld, in dem Akteure aktiv sind, stets durch diese an sie von anderen herangetragene Erwartungshaltung vorstrukturiert wird und damit Praktiken, wie beispielsweise Technologieentwicklung, beeinflusst werden. Durch Veränderungen in einem Feld entstehen neue Akteursrollen, die sich nach und nach etablieren. Die Schärfung einer Akteursrolle geht einerseits mit der Suche nach und der Integration von Partnern und Unterstützern einher. Andererseits dient die Abgrenzung von anderen Akteuren der Schärfung der Rolle. Die Konkretisierung von Rollendefinitionen wirkt demnach auf Akteure im Feld sowohl verbindend als auch ausgrenzend. Die Reflexion von Rollenveränderungsprozessen ist ein wesentlicher Baustein einer Rohstofftechnologie-Governance.

Wie die Interviews widerspiegeln, lassen sich solche Veränderungen und Abgrenzungsprozesse auch im Bereich der Rohstoffforschung und -gewinnung beobachten. Die von den Interviewpartnern wahrgenommenen Rollen(-veränderungen) bestimmter Akteure können allerdings im Fall der Analysen hier nur innerhalb des Untersuchungszeitraumes nachgewiesen und nicht durch längere Zeitreihendaten gestützt werden (siehe dazu auch Poole et al. 2000). Die Rollen im hier untersuchten „Prozessausschnitt" wurden durch die Ergebnisse der Workshopdiskussionen bestätigt.

Die Analysen zeigen, dass die Rollen und das Handeln von Akteuren und Akteursgruppen als relevant für die Initiierung und Umsetzung der untersuchten Projekte und somit für Technologie-Governance eingeschätzt werden (David et al. 2017a). Das gilt im Besonderen für die Rolle der Wissenschaft, die Forschungsthemen auf die Agenda setzen kann (Abschnitt 3.1.1). Wissenschaftler scheinen auf lokaler Ebene in der Lage zu sein, Projekte der Regionalentwicklung mitanzustoßen. Damit haben Wissenschaftler eine aktive Rolle in der Regionalentwicklung. Dabei zeigt sich, dass sich tendenziell die Handlungsbilder und Akteursrollen im Feld der Technologieentwicklung für heimische Rohstoffbeschaffung verändern: Wissenschaftler beschränken sich nicht allein auf die Rolle des Wissensproduzenten.

Neue Akteure, die ihre Rolle im Feld der Rohstoffforschung aktiv durch Einbeziehung und Abgrenzung schärfen, sind Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke (Abschnitt 3.1.2). Ihnen kommt im Kontext der Schaffung von Rohstoffwissen und der Entwicklung innovativer Technologien eine wichtige Bedeutung zu.

Wissenschaftliche Forschung erfährt jedoch auch Grenzen durch behördliche Entscheidungen. Behörden werden damit in ihrer Rolle als regulierend oder einschränkend wahrgenommen. Das betrifft insbesondere normierte Entscheidungen wie beispielsweise Genehmigungsprozesse. Diese behördliche Entscheidungshoheit ist gerade dann eine Schwäche, wenn Normen und Regelungen zu einem bestimmten Sachverhalt nicht verfügbar sind, weil in solchen Situationen Erwartungen an die eigene Rolle der Behörden zum Teil nicht erfüllt werden können (Abschnitt 3.1.3).

Darstellungen der Interviews zu Medien zeigen, dass Rohstoffexperten viel Wert darauf legen, die Deutungshoheit über rohstoffverbundene Themen innezuhaben. In den Interviews zeigt sich ferner, dass vor diesem Hintergrund die Rolle der Medien kontrovers diskutiert wird (Abschnitt 3.1.4). In den Workshops wurde jedoch auch von Vertrauensverhältnissen zu bestimmten Redaktionen berichtet, die sich auf heimische Rohstoffthemen spezialisiert haben.

Auch Landes- und Kommunalpolitik werden in einer zentralen Rolle für regionale Belange gesehen (Abschnitt 3.1.5). Ihre Entscheidungen sind richtungsgebend und beeinflussen die Entscheidungen anderer Akteure. Die Interviewten brachten ihre Erwartung an das Handeln regional- und lokalpolitischer Akteure sehr genau zum Ausdruck. Sie sollten mehr Initiative bei der Umsetzung technologischer Forschungsprojekte im Rohstoffbereich zeigen, so eine oft vertretene Meinung der Interviewten.

Der Staat ist traditionell ein wichtiger Akteur im Feld der Rohstoffe. Seine Rolle wird regelmäßig, in Folge der Dynamiken im internationalen Rohstoffsektor, hinterfragt. Auf Grundlage der Analysen wird gezeigt, welche Erwartungen an und welches Verständnis Akteure vom Staat als Akteur haben (Abschnitt 3.1.6).

3.1.1 Rolle der Wissenschaft

Wissenschaftlern kommt in der Technologieentwicklung zur Rohstoffgewinnung eine zentrale Rolle bei der Initiierung von Forschungsprojekten zu. Die Analysen zeigen aber auch, dass in einigen Regionen[9] Wissenschaftler jenseits der originären wissenschaftlichen Belange und Fragestellungen in der Regionalentwicklung aktiv werden. Forschungsschwerpunkte und -interessen der Rohstoffforschung prägen offensichtlich in einigen Regionen (z.B. Erzgebirge, Oberharz) regionale Entwicklungsvorstellungen und -politiken mit. Zugespitzt kann man davon sprechen, dass wissenschaftliche Akteure die Entwicklung von Regionen mitgestalten. Diese Mitgestaltung reicht von der eher rhetorischen Verknüpfung von Forschungsthemen mit regionalen Themen – z.B. innovative Methoden und Technologien ermöglichen eine regionale Rohstoffgewinnung und schaffen Arbeitsplätze – über das Einbringen von Expertise und Themen in regionalpolitische Diskurse, bis hin zu Aktivitäten gezielter Vernetzung mit regionalen Akteuren (z.B. Westharz und Erzgebirge) und zu gemeinsamen (Forschungs-)Projekten. Inwieweit die emotionale Verbundenheit einzelner Forscher mit einer Region dabei eine Rolle spielt, ist eine noch ungeklärte Frage. Förderlich für das regionale Engagement scheint es allerdings zu sein, wenn wissenschaftliche Institutionen in der Region einen Schwerpunkt im Bereich der Rohstoffgewinnung haben. Aussagen der Interviewpartner zufolge greifen die Institutionen (Universitäten, Wissenschaftsinstitute) dabei förderpolitische Möglichkeiten auf, um ihren eigenen Schwerpunkt zu stärken (lokal spezifische Institutionalisierung von Wissen wie TU Clausthal, TU Bergakademie Freiberg).

Eine wesentliche Folge eines solchen gesellschaftlichen Engagements wissenschaftlicher Akteure scheint zu sein, dass die Möglichkeit einer Rohstoffgewinnung (primär oder sekundär) als regionale Entwicklungsoption gesehen wird und Forschungsvorhaben zur Technologieentwicklung Unterstützung durch regionale Akteure erfahren. Unsere Analysen zeigen, dass das regionale Engagement von Wissenschaftlern dann eine positive Wirkung auf die Technologieentwicklung hat, wenn einerseits die nötigen Kontakte und Anwendungsfelder (z.B. Halden) für Forschungsfragen in regionalen Kontexten geschaffen werden können und andererseits regionale Akteure (Politik, Verwaltung, zivilgesellschaftliche Akteure, Wirtschaft) mit Hilfe wissenschaftlicher Expertise neue, bestenfalls erfolgversprechende Schwerpunkte in der Regionalentwicklung setzen können.

Eine enge Verbindung besteht häufig zu wirtschaftlichen Akteuren und Industriepartnern. Diese Verbindung wird von gesellschaftlichen Akteuren sehr deutlich wahrgenommen und kann Misstrauen gegenüber der Unabhängigkeit der Rohstoffforschung erzeugen. Ein regionales Engagement der Wissenschaft in Form einer engen und fast ausschließlichen Kooperation mit industriellen Akteuren stellt erhöhte Anforderungen an die Legitimierung wissenschaftlichen Handelns. Wissenschaft wird nicht mehr nur hinsichtlich der wissenschaftlichen Arbeit und Wissensgenerierung bewertet, sondern auch hinsichtlich ihrer regionalen Wirksamkeit. Ein aus regionalpolitischer Sicht ungünstig verlaufendes Projekt (z.B. keine Schaffung versprochener Arbeitsplätze) kann auch das Vertrauen in wissenschaftliche Forschung negativ beeinflussen.

Im Sinn transdisziplinärer und problemlösungsorientierter Forschung könnte die Rohstoffforschung Beiträge zur Lösung regionaler Problemlagen liefern. Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg problemorientierter, transdisziplinärer Forschung ist, dass die Forschungsprozesse

[9] Mit Region ist hier eine räumliche Einheit unterhalb der Ebene der Bundesländer gemeint, die nicht zwangsläufig mit administrativen Grenzen identisch sein muss.

entsprechend gestaltet sind. Das bedeutet unter anderem, dass im Forschungsprozess Momente geschaffen werden, an denen einerseits diverse gesellschaftliche Perspektiven aufgegriffen und andererseits Forschungsergebnisse und -agenden für die Bewertung durch regionale Akteure geöffnet werden, um nicht exklusiv Perspektiven der Forschung und Wirtschaft/Industrie abzubilden (Pohl und Hirsch Hadorn 2007).

3.1.2 Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken

Wissen in den untersuchten Regionen wird unterschiedlich institutionalisiert und organisiert. Das wird besonders deutlich beim Vergleich zwischen den Regionen Erzgebirge, Westharz und Mansfelder Land. Im Erzgebirge und Westharz wurde seit dem 17. Jahrhundert ergänzend zum Abbau von Erzlagerstätten praktisches Wissen aus dem Bergbau in eigens eingerichteten Organisationen in wissenschaftlichen Kontexten systematisiert und bis heute weiterentwickelt. Im Mansfelder Land hingegen findet eine derartige, weitere Institutionalisierung der Wissensproduktion nicht statt, da mit dem Zusammenbruch der DDR auch alle industriellen wissensproduzierenden Strukturen verloren gingen.

In den Interviews wird die heutige Situation wie folgt dargestellt: in ehemaligen Bergbauregionen wie dem Harz und dem Erzgebirge, die auch heute noch durch unterschiedliche, im internationalen Vergleich kleine, aber dennoch ergiebige primäre und sekundäre Lagerstätten ausgezeichnet sind, knüpfen neue Rohstoffaktivitäten an die traditionelle Forschungslandschaft bestehender Bergbau-Universitäten und an regionale, auf Rohstoffthemen spezialisierte Unternehmen an (Wagenbreth et al. 1990, Liessmann 2010). Auf diese institutionelle Wissensdichte bauen Rohstoffnetzwerke auf, die in den letzten zehn Jahren gegründet wurden. Obwohl diese unterschiedlich konstituiert und in unterschiedlichen räumlichen, historischen und fachlichen Kontexten entstanden sind, nehmen sie alle Einfluss auf das gesamte deutsche Rohstoffgeschehen. So wurde beispielsweise das sächsische Netzwerk Geokompetenzzentrum Freiberg e.V. (GKZ) 2007 von der Landesregierung gegründet, um eine Landesrohstoffstrategie für Sachsen zu erarbeiten. Das Niedersächsisch-Harzer Recycling-Cluster Rewimet hingegen entstand im Jahr 2011 aus einer Initiative der Landkreispolitik und hat zum Ziel, lokale Technologieentwicklung unter Einbindung lokaler Wirtschaft und Wissenschaft zu unterstützen.[10]

Neben diesen regionalen Netzwerken gibt es auch Netzwerkneugründungen auf nationaler und internationaler Ebene, die auf die Förderung von Innovation und Technologieentwicklung abzielen. Das virtuelle Institut GERRI (German Resource Research Institute) wurde 2015 mit Unterstützung der Bundesregierung ins Leben gerufen, um bundesweit Technologieentwicklungskompetenzen im Rohstoffbereich zu bündeln (GERRI 2017). GERRI orientiert sich am europäischen Netzwerk EIT RawMaterials, das Ende 2014 von der europäischen Rohstoffindustrie und -forschung ins Leben gerufen wurde, um die Innovativität im europäischen Rohstoffsektor signifikant zu erhöhen (EIT RawMaterials 2017).

Die Netzwerke verfolgen unterschiedliche Strategien, um ihre Ziele zu erreichen und binden dabei unterschiedliche Akteure ein. Im regionalen Netzwerk Rewimet entwickeln wissenschaftliche

[10] In der Darstellung der Akteure ist das Recyclincluster Rewimet erst von der Initiative Zukunft Harz ins Leben gerufen worden, obwohl die beteiligten Akteure schon viele Jahre vor Ort im Bereich Recycling aktiv waren.

Akteure gemeinsam mit der lokalen Industrie zielgerichtet technische Lösungen für die Gewinnung von Rohstoffen aus Recyclingkreisläufen. Das Netzwerk EIT RawMaterials versteht sich eher als Plattform, um derartige Entwicklungsprojekte zu unterstützen. Die Netzwerke GERRI und GKZ fokussieren auf den Austausch zwischen Wissenschaft und Rohstoffindustrie und legen ihren Schwerpunkt auf den Wissenstransfer. Auch wenn sich die Strategien im Detail unterscheiden, so wird doch deutlich, dass es sich bei allen Netzwerken um Expertennetzwerke handelt, die in erster Linie darauf abzielen, technologische Antworten auf die Rohstoffproblematik zu finden. Es wird die Gemeinschaft der rohstoffbereitstellenden Industrie sowie die Rohstoffforschung angesprochen, und damit weitere gesellschaftliche Perspektiven auf die Thematik fast völlig außen vor gelassen. Eine Einbindung gesellschaftlicher Akteure mit anderen Perspektiven in solche Netzwerke könnte deren Transparenz und Legitimität erhöhen sowie das von den Netzwerken produzierte Wissen verbessern.

Wie von den Interviewten deutlich herausgestellt wird, kommt einzelnen Personen eine wichtige Rolle in diesen Netzwerken zu. Diese Personen greifen Rohstoffthemen auf und engagieren sich, um durch neue Kontakte zu anderen Netzwerken das eigene Netzwerk zu vergrößern. Sie nutzen Kontakte, um beispielsweise Politik, Forschung und Industrie näher zu bringen. Solche Personen wurden in der Literatur als „innovative Grenzüberschreiter" bezeichnet, die dem Netzwerk neue Informationen zugänglich machen (Podolny und Baron 1997, Burt 1997, Obstfeld 2005).

In den Interviews gibt es Hinweise darauf, dass insbesondere im Hinblick auf das EIT RawMaterials starke Beteiligungsschranken wahrgenommen werden, obwohl sich das Netzwerk als eine für alle offene Initiative darstellt. Die Exklusivität der Netzwerke entsteht beispielsweise durch als hoch empfundene finanzielle Beiträge oder durch den zeitlichen Aufwand, der mit einer Mitgliedschaft verbunden ist. Das ist letztlich innovationshemmend, weil auch kleine Unternehmen des Sektors innovative Entwicklungen voranschieben, die dann nicht in das Netzwerk eingehen.

3.1.3 Rolle der Behörden

Entscheidungen genehmigender Behörden (z.B. Umweltbehörden, Bergämter, Denkmalämter) haben einen Einfluss auf die Gestaltung von Forschungsprojekten. Forschungsarbeiten, die jenseits der Grenzen wissenschaftlicher Labore stattfinden, wie beispielsweise Probenahmen in Flüssen und auf Halden, müssen mit dem geltenden Recht im Einklang sein. Gleichwohl bestehen im Rahmen rechtlicher Regelungen auch Spielräume, in denen Entscheidungen getroffen werden können, die die Technologieentwicklung beeinflussen. Wie die Analysen verdeutlichen, beeinflussen Behörden mit ihren Entscheidungen und Entscheidungsabläufen bewusst oder unbewusst das Forschungsgeschehen im Rohstoffbereich. Interviewpartner machten deutlich, dass Forschungsvorhaben häufig entsprechend der Anforderungen der Behörden nachjustiert werden müssen. Eine solche Anpassung kann so weitreichend sein, dass einige Forschungsfragen nicht bearbeitet werden können.

Im Kern ist relevant, wie Behörden mit Unsicherheiten in Entscheidungsprozessen umgehen, die durch die ergebnisoffene und teilweise Grenzen (der Fachbehörden) überschreitende Natur von Forschungsprojekten entstehen. Forschungsprojekte bewegen sich naturgemäß in Bereichen, in denen Fragen gestellt werden, Nichtwissen adressiert wird und Antworten erst gefunden werden sollen. Behördliche Abwägungen hingegen erfolgen auf Grundlage gesicherten Wissens (z.B. über

die Wirkungen von Stoffen), etablierter Technologien und rechtsgültiger Definitionen (siehe Abschnitt 3.3.5 Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff) und sollen, gerade in der Umweltverwaltung, ungünstige und unerwünschte Entwicklungen vermeiden (insbes. Gefahren für Mensch und Umwelt) (z.B. Dominok 2007). Diese unterschiedlichen Entscheidungsrationalitäten kommen in Genehmigungen für Projekte zum Tragen. Die Analysen geben Hinweise darauf, dass Behörden unterschiedliche Strategien entwickeln, um mit den durch Forschungsprojekte aufgeworfenen Fragen umzugehen. Beispielsweise kann es zum strategischen Verweis auf Wissenslücken durch behördliche Akteure kommen, um eine Nichtgenehmigungsfähigkeit oder eine eingeschränkte Genehmigungsfähigkeit zu begründen (ein Vorgehen, das nach Aussagen der Interviewten hinderlich für Forschungsprojekte ist). Je nach gewählter Strategie wirkt sich die Rolle der Behörden hinderlich oder förderlich auf die Technologieentwicklung aus.

Bei der Wahl von Strategien im Umgang mit der Ergebnisoffenheit von Forschungsprojekten spielen vier verschiedene Aspekte eine zentrale Rolle. Zum einen ist das Fachwissen der behördlichen Akteure, der fachliche Hintergrund einzelner Personen auf Bearbeiter- und Leitungsebene relevant (vgl. Bleicher und Gross 2016 am Beispiel der Geothermie). Je näher der Aufgabenbereich und das Fachwissen der Behörde an den Themen der Rohstoffforschung sind, desto einfacher erscheint die Genehmigung von Vorhaben. Nach Aussage von Interviewpartnern sind Umweltverwaltungen weiter entfernt vom Rohstoffthema als Bergbehörden. Zum zweiten sind die Organisationsstruktur sowie die personellen und finanziellen Ressourcen von Behörden ein entscheidender Aspekt. Forschungsprojekte erfordern häufig Entscheidungen, die nicht routinemäßig getroffen werden können und die wahrscheinlich oft nicht Teil der aktuellen Tagesaufgaben sind und damit einen Mehraufwand verursachen. Gerade in ländlichen Regionen und in der Situation angespannter Haushaltslagen stellt das eine Herausforderung für behördliche Entscheidungen dar (Bauer et al. 2007, SRU 2007). Ein dritter wichtiger Aspekt ist der Umgang mit dem Problem der Verantwortlichkeit, gerade bei ungünstigen Entwicklungen im Rahmen von Forschungsprojekten. Behördliche Strukturen und Abläufe scheinen bislang nicht adäquat, um mit ergebnisoffenen Prozessen umgehen zu können. Schließlich erleichtert viertens das Bestehen persönlicher Beziehungen zwischen Behördenmitarbeitern und Wissenschaftlern den Umgang mit Unsicherheiten und Nichtwissen.

Berücksichtigt man die diskutierten Punkte, erscheint es im Hinblick auf die Gestaltung von Projekten der Rohstoffforschung und Technologieentwicklung wichtig, eine frühe und breite Einbindung behördlicher Akteure zu ermöglichen, um beispielsweise kommunikative Handlungsspielräume zu schaffen.

3.1.4 Rolle der Medien

Wissenschaftliches Handeln muss zunehmend gesellschaftlich legitimiert und begründet werden, insbesondere auch gegenüber lokalen Akteuren (z.B. Neidhardt 1993). Diese Entwicklung schlägt sich auch im Verhältnis von Wissenschaft und Medien im Bereich der Rohstoffforschung nieder. Medien, und insbesondere die regionale Presse, sind aus Sicht der interviewten Experten wichtig, um Aufmerksamkeit für wissenschaftliche Forschung zu erzeugen. Wie auch in anderen Forschungsfeldern werden Medien als Repräsentanten und Übersetzer der öffentlichen Meinung einerseits und als Kommunikationskanal in Richtung gesellschaftlicher Öffentlichkeit andererseits verstanden (Neidhardt 1993, Weingart 1998).

Die (lokale) Presseberichterstattung über Forschungsergebnisse und Forschungsvorhaben werden als schwer beeinflussbare und teilweise als unberechenbare Größe wahrgenommen sowie als hinderlich für die Durchführung von Forschungs- und Technologieentwicklungsprojekten gesehen. Interviewpartner verweisen insbesondere auf sachlich unzureichende und fehlerhafte Darstellungen sowie zu weit gehende redaktionelle Eingriffe in wissenschaftliche Inhalte. Die kommunikativen Schwierigkeiten zwischen Presse und Wissenschaft sind in vielen Forschungsfeldern anzutreffen (vlg. Neidhardt 1993, Weingart 1998, Besley und Nisbet 2011). Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass die Art der Darstellung von (Forschungs-)Projekten durch die (lokalen) Medien einer eigenen Dramaturgie folgt, die von Wissenschaftlern – hier Rohstoffexperten – nicht immer geteilt wird. Aspekte, die die Dramaturgie der Medien beeinflussen sind beispielsweise Organisationsstrukturen der Presse (z.B. weniger festangestellte Journalisten), Marktlogiken der Presseberichterstattung, die Interessen von Herausgebern und gerade auf lokaler Ebene die Interessen und persönlichen Präferenzen von Reportern oder das mediale Selbstverständnis als gesellschaftliches Korrektiv (Neidhardt 1993). So finden – zumindest aus der Perspektive der Wissenschaft – negative oder möglicherweise gefährliche Aspekte von Forschung und Technologieentwicklung leichter ihren Weg in die Berichterstattung als positive und erfolgsversprechende Aspekte.

Interviewpartner aus dem Bereich der Wissenschaft weisen auf die Problematik fachlich nicht korrekter Darstellungen in Presseartikeln hin. Die zentrale Ursache für dieses Problem sehen sie gerade für die lokalen Printmedien in der fehlenden fachlichen Expertise von Journalisten. Persönliche Erfahrungen von eingeladenen Wissenschaftlern und Experten der Workshops zeigen, dass Presseberichterstattung konkrete Auswirkungen auf die gesellschaftliche Wahrnehmung von Projekten hat. So läuft aus so einer Sicht eine nicht angemessene oder gar falsche Berichterstattung Gefahr, eine negative Stimmung in der Bevölkerung gegenüber geplanten Projekten auszulösen.

Wie die Interviews zeigen, entwickeln Wissenschaftler und wissenschaftliche Institutionen Strategien, um sowohl die Beziehung zwischen Wissenschaft und Medien als auch die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (neu) zu gestalten. Nach wie vor werden klassische Medien als ein wichtiger Weg der Kommunikation von Forschungsaktivitäten gesehen. Allerdings liegt eine wachsende Aufmerksamkeit darauf, Pressearbeit und die Kommunikation über Forschungsvorhaben gezielt zu betreiben (z.B. Medientraining für Forschende, Presseerklärungen über Forschungsergebnisse). Darüber hinaus wird das direkte Gespräch mit Pressevertretern zur Thematisierung von Positionen und zur Verhandlung über die Darstellung von Themen, aber auch zum Aufbau von Kontakten auf persönlicher Ebene gesucht. Schließlich findet die Kommunikation über wissenschaftliche Arbeiten zunehmend nicht mehr über den „Umweg" der Presse statt. Gezielt werden die Möglichkeiten von Social Media genutzt, um selbst die Darstellung der Forschung vorzunehmen und Nachrichten zu produzieren und über eigene (Online-) Kanäle zu verbreiten. Auf diese Weise entsteht auf Seiten der Nachrichtenproduktion eine Kontrolle über die Darstellung von Forschungsvorhaben und -ergebnissen.

Die Rezeption von Inhalten bleibt selbst mit der Veränderung der Nachrichtenproduktion unbestimmbar. Wie eine Information von nichtwissenschaftlichen Akteuren aufgenommen, interpretiert und bewertet wird, hängt weiterhin von Interessen, Erfahrungen, Positionen und kulturellen

Kontexten einzelner Personen und Personengruppen ab. Diese müssen verstärkt in den Fokus der Aufmerksamkeit geraten, wenn Wissenschaft diese direkt adressiert.

3.1.5 Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik

Kommunal- und Landespolitiken der von GORmin untersuchten Regionen beeinflussen Rohstoffdiskurse z.B. durch formulierte Rohstoff- und Technologiestrategien und können dadurch Möglichkeitenfenster für Entscheidungen zur heimischen Rohstoffgewinnung schaffen. Dabei nehmen sie unterschiedliche Rollen ein, wie der Vergleich zwischen den Bundesländern aufzeigt. Beispielsweise nahm nach Meinung der Interviewten die Landespolitik Baden-Württembergs beim Projekt „Akteursplattform Ressourceneffizienz Baden-Württemberg“ (Akteursplattform Ressourceneffizienz Baden-Württemberg 2017) eine dezidierte Rolle in der Entwicklung von Rohstoffeffizienztechnologien in enger Kooperation mit der ansässigen Industrie ein. In Sachsen wird hingegen das kooperative Dreieck zwischen Forschung, Politik und Wirtschaft betont, das zu einer sächsischen, die heimische Bergbautradition betonenden Ressourcenstrategie führte. Hier nimmt der Staat eine ordnungspolitische Rolle ein. Im Vergleich zeigt sich, dass in anderen Bundesländern, in denen es keine ausformulierte Rohstoffstrategie gibt (z.B. Sachsen-Anhalt), die Rolle des Staates in Rohstofffragen auf kommunaler und Landesebene noch diskutiert wird. Das Beispiel des 2011 gegründeten Rohstoff- und Recyclingnetzwerks Rewimet (Rewimet 2017) in Niedersachsen zeigt hingegen, dass auch die Kommunalpolitik Impulse setzen kann, denen sich eine Landespolitik anschließt.

Diese Strategien- und Rollenvielfalt staatlichen Handelns, darauf weisen die Erhebungen hin, lässt sich mit dem Verweis auf unterschiedliche Unternehmens- und Rohstofftraditionen und -kulturen begründen, die sich letztlich wieder in unterschiedliche Ansprüche an Landesrohstoffpolitiken übersetzen. Ferner ergibt sich aus dem Interviewmaterial eine in den Bundesländern unterschiedlich wahrgenommene und erwartete Konfliktivität, sei es bei der Rohstoffgewinnung aus primären Lagerstätten oder aus sekundären Lagerstätten wie Deponien oder Bergbauhalden. Beispielsweise gehen Interviewte aus Baden-Württemberg davon aus, dass Bergbau in Baden-Württemberg konfliktiv ist, da die Bevölkerung anders als in anderen Bundesländern Bergbau nicht über Jahrhunderte gewohnt sei.

Die Rolle der Landes- und kommunalpolitischen Akteure wird, darauf weisen Aussagen in Interviews und Workshopdiskussionen hin, kontrovers diskutiert: auf der einen Seite sollte der Staat nicht die Rolle des Lenkers einnehmen und Märkte stützen. Auf der anderen Seite soll der Staat aktiver in der Rohstoffthematik werden, sich zur Gewinnung von Rohstoffen in der jeweiligen Region bekennen oder beispielsweise bei Konflikten eingreifen.

Die Analyse weist insbesondere auf vier Handlungsfelder hin, in denen Politik im Hinblick auf die Rohstoffthematik unterstützend aktiv sein kann: 1) die Sensibilisierung für die Relevanz des Rohstoffthemas, insbesondere auf kommunaler Ebene im Zusammenhang mit konkreten Projektstandorten (z.B. im Rahmen von Agenda-setting Prozessen), 2) das Einwirken auf Prozesse in den genehmigenden Behörden (z.B. im Rahmen der Ausübung der Richtlinienkompetenz auf kommunaler Ebene), 3) das Engagement in der Lösung von Konflikten mit nichtwissenschaftlichen Akteuren (z.B. NGO, Bürger) im Kontext von Projekten der Technologieentwicklung und 4) das Initiieren von Rohstoffnetzwerken (siehe Abschnitt Rolle von Forschungs- und Entwick-

lungsnetzwerken), in denen Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und anderen gesellschaftlichen Bereichen zusammenkommen.

Diesen Forderungen steht eine, von den Interviewten als gering eingeschätzte Diskurs- und Umsetzungskapazität und -kompetenz (Jordan und Halpin 2004) gegenüber, deren Ursachen in begrenzter Meinungsführung, aber auch in begrenzter Fachkompetenz gesehen werden. Zudem scheint die Landespolitik nach Aussagen der Interviewten die Kapazitäten der kommunalen Ebene, wie beispielsweise bei Öffentlichkeits- oder Rechtsfragen, teilweise zu überfordern. Hieraus ergeben sich aus Sicht der Interviewten unterschiedliche Rationale im Umgang mit Landes- und kommunaler Politik. Auf der einen Seite sehen es Rohstoffakteure als ihre Aufgabe, auf politische Akteure einzuwirken. Auf der anderen Seite besteht die Erwartung, dass Politik von selbst handeln muss. Insgesamt zeigt sich also, dass Kommunal- und Landespolitik ein hoher funktionaler Anspruch in Rohstofffragen entgegengebracht wird, den die jetzige Rohstoffpolitik nur eingeschränkt erfüllt. Gleichzeitig wird deutlich, dass Politik teilweise trotz der ihr attestierten Mängel als entscheidender Handlungsfaktor verstanden wird. Es wäre daher ein denkbarer Ansatz, die strategischen Kapazitäten von kommunalen und Landespolitiken im Bereich der Rohstoffpolitik zu stärken. So könnte die Problemerkennung und Zielhaftigkeit im Einsatz bestehender Instrumente (z.B. Förderungen, Regulierungen) verbessert werden.

3.1.6 Rolle des Staates

Staaten übernehmen die Aufgabe der Regelsetzung auf Rohstoffmärkten (Angerer et al. 2016). Daneben übernimmt der Staat auch hoheitliche Regulierungsaufgaben wie beispielsweise Umwelt- und Gesundheitsregulierungen bei Rohstoffgewinnung im Bereich Grundwasserschutz (Bebbington und Bury 2009, Gandenberger et al. 2012). Diese Regulierungen nehmen Einfluss auf Technologieentwicklung.

Mit Blick auf die Situation in Deutschland kann man nicht von einer (einheitlichen) staatlichen Rohstoffpolitik sprechen. Vielmehr fällt auf, dass in den vergangenen Jahren in verschiedenen Politikfeldern eigene, zum Teil miteinander abgestimmte Rohstoffpolitiken entwickelt wurden. Diese Politiken sind in nahezu allen Fällen in Form von Strategiepapieren ausformuliert.

Die Rohstoffstrategie des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) flankiert die Wirtschaft und adressiert unter anderem die Diversifizierung von Rohstoffquellen und die Beseitigung von Handelshemmnissen, aber auch die Förderung von Aktivitäten der Exploration im In- und Ausland und die Entwicklung alternativer Rohstoffquellen beispielsweise aus dem Recyling (BMWi 2010). In der Hightech-Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wird die Technologieforschung für den primären und sekundären Bereich der Rohstoffgewinnung als zentrales Element der Rohstoffpolitik hervorgehoben. Die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) initiierte ProgRess-Strategie (unter Mitarbeit des BMWi und BMBF) zielt in erster Linie auf die Verminderung des Einsatzes von Rohstoffen (Ressourceneffizienz) ab. Ferner sind die Ansätze zur Zertifizierung von Rohstofflieferketten und die Länder-Rohstoff-Partnerschaften, die in Zusammenarbeit des Auswärtigen Amtes mit dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) entstanden, als

Rohstoffpolitiken zu verstehen. Diese sind jedoch nicht als Strategiedokument niedergeschrieben. Obwohl in den Strategien Ziele und Handlungsempfehlungen formuliert werden, sind diese nicht als bindende Rahmenprogramme zu verstehen.

Die Rolle einer staatlichen Rohstoffpolitik wird in den Interviews insbesondere im Verhältnis zur Rolle der Industrie kontrovers diskutiert. Zwei zentrale Diskussionspunkte ließen sich identifizieren: die Rolle des Staates als Vertreter von Partikularinteressen und die Rolle des Staates im Rohstoffmarkt. Einige Interviewte bemängeln, dass staatliche Akteure nur dann Interesse an Rohstoffthemen zeigen, wenn wirtschaftliche Interessen berührt sind. Als Beispiel wurde angeführt, dass im Zusammenhang mit der Nutzung sekundärer Rohstoffe von staatlicher Seite geklärt werden müsste, wann ein Abfall zum Rohstoff wird. Interviewpartner und -partnerinnen, die kritisieren, dass der Staat in Rohstofffragen in erster Linie die Partikularinteressen der Industrie vertritt, weisen auch darauf hin, dass eine rohstoffbezogene Umweltgesetzgebung von staatlichen Akteuren konsequent verfolgt werden sollte. In den Workshops kam jedoch auch Zufriedenheit mit staatlichem Handeln, gerade in Hinblick auf entsprechende Regulierungen, zum Ausdruck.

Ein zweiter Diskussionspunkt betrifft die Rolle des Staates im Rohstoffmarkt. In den Interviews und auch in Workshopdiskussionen stand die Auffassung, der Staat solle nicht als Marktakteur auftreten, weil Akteure der privaten Industrie selbst für Rohstoffversorgung verantwortlich sind, der Position gegenüber, dass die Rohstoffversorgung verstaatlicht werden sollte. Darüber hinaus stellten einige Interviewte die starke Orientierung der staatlichen Rohstoffpolitiken an globalen Preiszyklen und die reaktive Entwicklung von Strategien in Frage und wiesen darauf hin, dass die Bundespolitik stärker und antizipativer als Rahmengeber für den primären industriellen Rohstoffabbau auftreten müsse. Im Rahmen eines Workshops wurde das Selbstverständnis staatlichen Engagements im Rohstoffsektor in der Art beschrieben, dass rohstoffbezogene Strategien auf Bundesebene als flankierende Instrumente gedacht sind und davon ausgegangen wird, dass die Industrie selbst für die notwendige Rohstoffversorgung verantwortlich ist. Die in diesem Grundverständnis – der Staat hält sich weitestgehend aus der Gestaltung des Rohstoffsektors heraus – entwickelten Politikinstrumente lassen politische Eingriffe offen und ermöglichen keine kohärente Strategie der Technologieentwicklung. Hätten alle Akteure im Rohstoffsektor ein gleiches Verständnis der Rollen von Staat und Industrie, wäre eine bessere Koordination zwischen den Akteuren im Feld der Rohstoffbeschaffung möglich. Davon würde insbesondere die technologische Nischenbildung profitieren, die auf ein konkretes Zielverständnis angewiesen ist.

3.2 Werte

Werte können allgemein verstanden werden als „everything social actors appreciate, appraise, wish to obtain, recommend, set up or propose as an ideal […]. The value holders are either individual or collective actors or social groups“ (Rezsohazy 2001: 16153, siehe auch Schwartz 2012, Ntebutse und Croyere 2016). Werte werden demzufolge als universelle, wenig reflektierte, aber zentrale, dem Entscheiden und Handeln zugrunde liegende, subjektive oder geteilte Motivationen (Vorstellungen des Wünschenswerten) und Prinzipien menschlichen Handelns verstanden. Werte stehen in Wertesystemen in hierarchischer Beziehung, die darin gegründet ist, dass Individuen und Gruppen ihnen eine unterschiedliche Bedeutung zuweisen. Wertehierarchien werden durch

soziale Kontexte geprägt (Schwartz 2012). Solche Wertehierarchien werden deutlich, wenn Akteure oder Akteursgruppen ihre Interessen oder Zielvorstellungen artikulieren; insbesondere dann, wenn es sich um konfliktive Situationen handelt.

Werte spielen bei der Entwicklung von Technologien eine große Rolle. Verschiedene Autoren weisen darauf hin, dass die Vorstellung von Effizienz und finanzielle Werte in der Technologieentwicklung sehr dominant sind (Felt 2015, Fisher et al. 2015). Kontroversen um Technologien machen aber deutlich, dass häufig auch Wertvorstellungen jenseits der Effizienz berührt werden (Bogner et al. 2013).

Wie die Analysen zeigen, wird finanziellen Werten auch bei der Entwicklung von Rohstofftechnologien eine hohe Bedeutung zugesprochen, wie im Abschnitt 3.2.1 zu zeigen sein wird. Die Effizienz oder Wirtschaftlichkeit von Technologien wird von Akteuren in Entscheidungen (z.B. über die Förderung von Forschungsprojekten) als wichtig erachtet. Ziel der Analysen war es darüber hinaus zu identifizieren, welche Werte jenseits der Vorstellung von Wirtschaftlichkeit relevant sind und welche Wertvorstellungen welcher Akteure in der Technologieentwicklung als wichtig eingeschätzt werden. So wird eine Ursache für erwartete (antizipierte) und für tatsächlich beobachtete Konflikte in der heimischen Rohstoffgewinnung und in Forschungsprojekten in Werten wie Naturschutz (vertreten v.a. durch Naturschutzfachplanung, aber auch adressiert von Naturschutzverbänden und Bürgerinitiativen) (Abschnitt 3.2.2) oder Landschaftsschutz (Abschnitt 3.2.3) gesehen. Naturschutz und Landschaftsschutz sind daher zwei Werte, die einen starken Einfluss auf die Entwicklung von Rohstofftechnologien haben.

Eine in unterschiedlichen Wertvorstellungen gegründete Kontroverse kann langwierig und intensiv sein, zur Frustration aller Beteiligten führen und die Umsetzung von Projekten verzögern oder sogar unmöglich machen. Projekte der Technologieentwicklung, die im Anwendungskontext, also außerhalb wissenschaftlicher Labore stattfinden, würden daher davon profitieren, wenn frühzeitig offen gelegt würde, welche unterschiedlichen Wertvorstellungen zum Tragen kommen. Die lokale und regionale Verortung entsprechender Projekte legt es nahe, gerade die Wertvorstellungen lokaler Akteure und Gemeinden zu identifizieren und entsprechend zu adressieren (Fisher et al. 2015).

3.2.1 Wirtschaftlichkeit

Rohstoffgewinnung soll ökonomisch effizient und effektiv durchgeführt werden. So sind beispielsweise Projekte, die im Rahmen der BMBF Forschungsförderung für Rohstofftechnologien finanziert werden, aufgefordert, wirtschaftliche und wissenschaftlich-technische Verwertungsabsichten, das Marktpotenzial, die Wirtschaftlichkeit und Anwendungspotenziale der zu entwickelnden Technologien in den Projektanträgen darzustellen (BMBF 2017). Auch in den Interviews wird oft davon ausgegangen, dass Rohstoffgewinnung nur dann stattfinden soll, wenn die Gewinnung und Vermarktung wirtschaftlich sind.

Allerdings sind das Beharren auf Wirtschaftlichkeit und ein früher Renditefokus als Leitwert für Technologieentwicklung, gerade im Zusammenhang mit der aktuellen Revitalisierung der heimischen Rohstoffgewinnung, zu hinterfragen. So ist die Vorbereitung für den Abbau primärer Lagerstätten sehr aufwändig und braucht in der Regel über mehrere Jahre große Investitionen. Der

Erfolg ist also unsicher, in den Interviews wird von einer Erfolgschance von 1–5 Prozent gesprochen. Lagerstätten müssen selbst nach Exploration und Prospektion testweise abgebaut werden, da stets unsicher ist, wie die Lagerstätten im Betrieb tatsächlich beschaffen und wie die Extraktionsbedingungen sind. Das bedeutet, dass gerade zu Beginn Investitionen nötig sind, bei denen nicht klar ist, ob sie sich nach mehreren Jahren rentieren, so einige Interviewte. Auch im Sekundärbereich wird von langzeitigen Kalibrierungsprozessen von Gewinnungstechnologien gesprochen, die an der auf Haldenkörper abzielenden Technologie vorgenommen werden müssen. Ob Renditen möglich sind, zeigt sich in der Regel erst im laufenden Abbau. Dementsprechend kann über die Rendite bestimmter Anwendungskontexte für Technologieentwicklung erst gesprochen werden, wenn bereits Rohstoffe gewonnen werden.

Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass ein sehr frühes Beharren auf Wirtschaftlichkeit, für Methoden- und Technologieentwicklung nicht immer förderlich ist; es kann Projekte, und damit Technologieentwicklung, komplett verhindern. In vielen Interviews wurde gerade auf die geringen Kapazitäten kleiner, eigentlich innovativer Unternehmen verwiesen, solche langfristigen und hohen Investitionen zu tätigen. Ein stetiges Management technologischer Nischen, die später zu tragfähigen Innovationen für die Entwicklung von Rohstofftechnologien und -methoden für Lagerstättenabbau werden, wäre ein Ansatz, dem ein veränderter Fokus zugrunde liegt. Nicht die Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens wäre dann ausschlaggebend, sondern der Wert der technologischen Innovation selbst. Zudem, das haben die Interviewten unterstrichen, müssten solche Maßnahmen, die gezielt Forschung und Entwicklung in den Blick nehmen, von einer gewissen Langfristigkeit geprägt sein.

3.2.2 Naturschutz

Gruppen artikulieren Interessen, in denen sich ihre unterschiedlichen Werte und Wertehierarchien ausdrücken (Schwartz 2012, Ntebutse und Croyere 2016). Es kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass für Akteure aus der Wirtschaft (z.B. Unternehmen, Wirtschaftslobbyisten) andere Werte eine große Bedeutung haben als für Akteure des Naturschutzes (z.B. Verbände, Naturschutzverwaltungen). In den von den Interviewpartnern dargestellten Konflikten wird die Werteebene zwar selten explizit als solche angesprochen, allerdings sind wertegeleitete Paradigmen in diesen Konflikten klar erkennbar. Besonders deutlich werden Wertekonflikte im Kontext der Rohstoffgewinnung und damit verbundener Technologieentwicklung, wenn sich konservierende und auf den Erhalt natürlicher Elemente (z.B. Habitate) gerichtete Interessen und ökonomische Interessen, für die Veränderungen der natürlichen Umwelt eine Begleiterscheinung darstellen, gegenüber stehen (siehe dazu auch Wester-Herber 2004).

In den Analysen wurde deutlich, dass die Veränderung der Natur, insbesondere die als irreversibel wahrgenommene Zerstörung von Habitaten, ein zentraler Punkt in Auseinandersetzungen um Projekte der Rohstoffgewinnung ist. Die Interviewpartner nahmen an, dass auch Projekte, mit dem Ziel Rohstofftechnologien zu entwickeln, mit Auseinandersetzungen konfrontiert sein können, in denen die Wertvorstellungen des Naturschutzes eine wichtige Rolle spielen. Ein konkretes Beispiel für einen Konflikt um eine innovative Rohstofftechnologie in Deutschland ist die Auseinandersetzung in der sächsischen Gemeinde Deschka. Eine Bürgerinitiative kritisiert in

diesem Fall geplante Tests im Zusammenhang mit der Technologie des Bioleaching[11] (Beier 2015). Diese sollten im Rahmen eines Forschungsprojektes im Untergrund unter der Gemeinde an einer Kupferschieferlagerstätte stattfinden (BIOMOre 2017). Die Initiative sieht durch die aus ihrer Sicht risikobehaftete Technologie die Versehrtheit der Natur gefährdet. Das Forschungskonsortium bestehend aus Wissenschaftlern und Unternehmen hingegen stellt die zu entwickelnden Technologien als umweltfreundlich und innovativ dar.

Konfliktive Situationen ergeben sich aber nicht nur im Kontext primärer Rohstoffgewinnung. So zeigt sich häufig, dass sich an Haldenstandorten spezielle erhaltenswerte Biotope gebildet haben (z.B. Schwermetallrasen) (Wilmanns 1993, Bundesamt für Naturschutz 2011, Runge und Wachter 2011). Der Abbau von Wertstoffen aus Halden, aber auch die Entwicklung von Technologien, die an konkreten Haldenstandorten Veränderungen vornimmt, muss also, so die Aussagen von Interviewpartnern, mit dem Naturschutzwert umgehen.

Der Wert des Naturschutzes hat demnach einen Einfluss darauf, welche Prioritäten von Akteuren bei Methoden- und Technologieentwicklung gesetzt werden. So kann davon ausgegangen werden, dass Akteure, für die Naturschutz einen hohen Stellenwert hat, auf andere Aspekte in der Technologieentwicklung achten – beispielsweise die Berücksichtigung der Auswirkungen auf Fauna und Flora – als Akteure, für die Rendite und Wirtschaftlichkeit eine große Rolle spielen.

Interviews mit Akteuren aus Baden-Württemberg geben Hinweise darauf, wie Akteure mit dem Spannungsverhältnis zwischen Naturschutzwerten und wirtschaftlichen Werten im Kontext primärer Abbauvorhaben (in diesem Fall bezogen auf die Gewinnung von Steinen und Erden) umgehen können. In einem berichteten Fall wurde dargestellt, dass auf Grundlage einer offenen Aussprache zwischen zwei Behörden ein gemeinsames Positionspaper verfasst wurde, dass künftigen Kooperationen als Grundlage diente. Darüber hinaus wurde in den Workshopdiskussionen betont, dass sowohl Naturschutz als auch Wirtschaftlichkeit in der Entwicklung von Rohstofftechnologien Beachtung finden müssten.

3.2.3 Landschaftsschutz und Landschaftsbild

Interviewpartner gehen davon aus, dass vertraute Landschaftsbilder einen hohen Wert haben. Dabei sind sowohl natürliche Elemente (Berge, Gewässerläufe, Wald- und Feldstrukturen) als auch Elemente, die anthropogene Ursprünge haben – z.B. Berg- und Hüttenhalden – prägend. Der Unterschied zum Wert des Naturschutzes liegt darin, dass nicht die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen, Flora und Fauna im Mittelpunkt stehen, sondern eine bestimmtes ästhetisches Erscheinungsbild der Landschaft. Die spezielle Komposition von Landschaften wird – zumindest von einigen Akteuren – als sehr wertvoll eingeschätzt. Der spezielle Wert von Bergbauhalden liegt neben dem Wert für den Naturschutz (siehe Abschnitt 3.2.2 Naturschutz) auch in ihrer Eigenschaft als Zeugen der regionalen Vergangenheit und vergangener Wirtschaftsstrukturen. Halden werden daher auch als themenübergreifendes Bildungsobjekt verstanden.

Forschungsarbeiten zeigen, dass natürlichen und anthropogen geschaffenen Elementen von Landschaften eine identitätsstiftende Rolle zukommt (z.B. Müller und Herrmann 1999, Hidalgo

[11] Bioleaching (auch Biolaugung genannt) ist ein Verfahren, bei dem beispielswiese Metalle durch bakterielle Metabolisierung gewonnen werden.

und Hernández 2001, Strohmeier 2014). Daher kann die Wertschätzung landschaftsprägender Elemente relevant werden, wenn es darum gehen sollte, sie im Hinblick auf die Gewinnung von Rohstoffen zu verändern. Wird diese Wertschätzung durch starke Eingriffe ins Landschaftsbild infrage gestellt, kann es zu Konflikten kommen. Konflikte um Landschaften (und einzelne Landschaftselemente) werden von Akteuren der Rohstoffforschung erwartet und als ähnlich wahrscheinlich gesehen wie die Auseinandersetzung um den Schutz der Natur. Gleichzeitig wird aber deutlich, dass auf Seiten der Rohstoffakteure nicht nur ein Bewusstsein für den hohen Wert der Landmarken und materiellen Zeitzeugen besteht, sondern diese in gleicher Weise wertgeschätzt werden. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass gerade in ehemaligen Bergbauregionen die historische Anbindung von Rohstoffthemen auch für die Erzeugung gesellschaftlicher Aufmerksamkeit für Forschungsprojekte der Rohstoffgewinnung genutzt wird (vgl. Kapitel 3.3.2 Umstrittene Interpretationen regionaler Bergbaugeschichte).

Eine Lösungsmöglichkeit für den Umgang mit Kontroversen aufgrund von Landschaftseingriffen wird in der Entwicklung von Technologien gesehen, die den Eingriff in das Landschaftsbild minimieren. Gerade technologische Trends im primären Bergbau stellen auf die Unsichtbarmachung von Technologie und Rohstoffgewinnung ab (Desheng 2004, Ghose 2009, Exner et al. 2016). Das ist im Kontext der Entwicklung von Technologien für die Rohstoffgewinnung aus Halden bislang nicht der Fall. Es scheint daher angeraten, die Komponente Landschaftsbild auch in diesem Zusammenhang mitzudenken.

3.3 Gesellschaftliche Deutungsmuster und Prozesse der Interpretation im Kontext von Rohstoffthemen

Die Grundlage dafür, dass eine gesellschaftliche Auseinandersetzung mit und über Ereignisse und Themen stattfinden kann, ist, dass sie von Akteuren in gleicher Weise verstanden und interpretiert werden. Solch ein gemeinsames Verständnis im Kontext der Rohstoffforschung in Deutschland ist es beispielsweise, Bergbauhalden als Altlast und Umweltproblem zu verstehen. Ein anderes gemeinsames Verständnis ist, Bergbauhalden als Rohstoffquelle zu interpretieren. Je nach Interpretation werden sich die Entscheidungen und Maßnahmen, die in Bezug auf Bergbauhalden getroffen und ergriffen werden, unterscheiden. In der Soziologie wird für derartige gesellschaftlich geteilte Interpretationen auch der Begriff der Rahmung oder des Deutungsmusters verwendet (Goffman 1974, Ahlheit und Dausien 1992). Es handelt sich dabei um kulturell geprägte und verankerte Interpretationsschemata, die es Akteuren ermöglichen, Ereignisse und Themen einzuordnen und zu bewerten. Ein Interpretationsrahmen stellt ein Thema in einen bestimmten Kontext, setzt es in Beziehung zu vergangenen und künftigen Entwicklungen, definiert auf diese Weise zulässige und unzulässige Handlungen und trifft Annahmen über die Rolle von Akteuren. Ein Interpretationsrahmen beeinflusst beispielsweise auch, wie legitim sich Akteure gegenseitig im untersuchten Feld wahrnehmen (z.B. welche Akteursgruppen an bestimmten Entscheidungen partizipieren dürfen), oder wie Tätigkeiten oder Artefakte im Feld definiert und reguliert werden müssten. Diese Interpretationsrahmen werden nicht explizit gemacht und sind den Akteuren häufig nicht bewusst. Sie liegen aber Strategien und auch Entscheidungen zugrunde. Ihre Identifizierung gibt daher Aufschluss über die Art und Weise, wie Akteure in ihrem wahrgenommenen sozialen Umfeld Entscheidungen treffen und warum Akteure in einer bestimmten Art und Weise im Feld kooperieren oder sich voneinander abgrenzen (Gilovich und Griffin

2002). Wird eine Technologie beispielsweise als Risikotechnologie gerahmt, dann werden bestimmte Vorstellungen und Erwartungen an diese Technologie geweckt (z.B. unkontrollierbare Gefahr), aber auch Ansprüche an das Handeln verschiedener Akteure erhoben (z.B. Wissenschaft soll Wissen über die Gefahren schaffen, Politik soll die Zuständigkeit für Schäden regeln) und damit Rollen definiert. Rahmen bieten auf diese Weise eine Orientierung für das Handeln und Entscheiden, schreiben aber keinesfalls bestimmte Handlungen vor (Bogner et al. 2013).

Die Wahl eines (Interpretations-)Rahmens ist ein sozialer Aushandlungsprozess in dem unterschiedliche Rahmen und „Gegen-Rahmen" (Counterframes) von Akteursgruppen ins Spiel gebracht werden (Gamson 1992, Bogner et al. 2013). In diesen Prozessen kommen bestimmte Qualitätsmerkmale von Rahmen zum Tragen – z.B. die Passfähigkeit mit Wertvorstellungen gesellschaftlicher Gruppen, die Fähigkeit, vielfältige Interessen innerhalb der Gesellschaft zu adressieren, oder die Konsistenz der angebotenen Interpretation (Benford und Snow 2000). Akteure sind daran interessiert, eine bestimmte Rahmung oder Interpretation zu etablieren und zum breiteren Verständnis zu machen (Gamson 1992, Benford und Snow 2000). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass nicht immer und nicht zu jedem Zeitpunkt eine eindeutige und auf einem gesamtgesellschaftlichen Konsens beruhende Interpretation oder ein Deutungsmuster eines Themas existiert.

Auch Rohstofftechnologieentwicklung ist in vielfältiger Weise mit kulturell verankerten Deutungsmustern verbunden und konfrontiert. Sei es die Interpretation von Technologien und ihren Auswirkungen – z.B. Bioleaching verstanden als innovative und umweltfreundliche Technologie oder als Risikotechnologie – oder sei es die Interpretation von Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten – z.B. Preissteigerungen als nationale Bedrohung oder als Normalität in langjährigen Zyklen global vernetzter Märkte. Rahmen und kollektive Interpretationen wirken sich auf die mögliche Umsetzung von Projekten der Technologieentwicklung aus. Sie beeinflussen die prinzipielle Möglichkeit sowie die Art und Weise der Technologieentwicklung.

In den Analysen wurden fünf Einflussfaktoren identifiziert, die im Zusammenhang mit Prozessen der Rahmung und gesellschaftlichen Deutungsmuster stehen. Besonders im Kontext der Technologieentwicklung für den Deponie- und Haldenrückbau wird die Bedeutung von Rahmungsprozessen deutlich (Abschnitt 3.3.1). Der Rückbau kann entweder als Umweltschutzmaßnahme oder als Rohstoffgewinnung gerahmt werden. Wie ein konkretes Rückbauvorhaben gestaltet wird, ist davon abhängig, welche Interpretation schlussendlich zugrunde gelegt wird. Wie zu zeigen sein wird, verknüpfen Akteure der Technologieentwicklung zur Rohstoffgewinnung aus Halden beide Rahmen.

Der Interpretation der lokalen Bergbauvergangenheit kommt im Rohstofffeld eine besondere Bedeutung zu (Abschnitt 3.3.2). Sie kann entweder als Tradition und Basis heutiger Technologieentwicklung interpretiert werden oder als Umweltdesaster, dessen Wiederholung in Zukunft zu vermeiden ist. Je nachdem welcher Interpretationsrahmen dominant ist, wirkt der Bezug zur Geschichte förderlich oder hinderlich auf Vorhaben der Technologieentwicklung.

Weiterhin ist das Feld der Rohstoffforschung und -bereitstellung durch einen exklusiven Fokus auf Innovationen, auf das Neue gekennzeichnet (Abschnitt 3.3.3). Dem Innovationsrahmen liegt die Annahme zugrunde, dass Technologieentwicklungsprozesse ausschließlich durch Modernisierung und Erneuerung bestimmt werden. Dabei werden Abschaffungsprozesse übersehen, die für

die Technologieentwicklung ebenso relevant sind und sich auf Innovationsprozesse auswirken. Ein solcher Abschaffungsprozess ist beispielsweise die Beendigung des Bergbaus in Deutschland Anfang der 1990er Jahre, der sich auf verschiedene Art und Weise auf die aktuelle Technologieentwicklung im Rohstoffbereich auswirkt.

Eine weitere für die Technologieentwicklung wichtige Interpretation betrifft das Verständnis von Öffentlichkeit. Im analysierten Feld sind Strategien der Öffentlichkeitsbeteiligung durch das sogenannte *deficit model* (Suldovsky 2016) der Kommunikation von Experten und Öffentlichkeit gekennzeichnet. Experten der Rohstoffforschung nehmen das Wissen von Nichtexperten (Politik, Verwaltung, Zivilgesellschaft etc.) als defizitär an und entwickeln entsprechende Strategien zur Einbindung oder Nichteinbindung (Abschnitt 3.3.4).

Die Neuinterpretation von Abfall als Wertstoff, der mit einem uneinheitlichen Verständnis zentraler Begriffe wie Deponie, Abfall und Rohstoff einhergeht, gibt einen deutlichen Hinweis auf einen Rahmungsprozess (Abschnitt 3.3.5). Der bestehende Interpretationsrahmen, dass Dinge und Materialien, die im gesellschaftlichen Alltag oder in industriellen Prozessen keine Verwendung mehr finden, wertloser Abfall sind und auf Halden und Deponien gelagert werden, wird durch neue Konzepte der sekundären Rohstoffgewinnung wie Landfill Mining oder Urban Mining in Frage gestellt.

3.3.1 Interpretationen von Deponie- und Haldenrückbau

In den Interviews und Workshopdiskussionen wurde deutlich, dass der Rückbau von Deponien und von Bergbauhalden sehr unterschiedliche Ziele verfolgen kann: den Schutz der Umwelt, indem beispielsweise Emissionen reduziert werden, die Schaffung von Flächen, die für neue Gewerbeansiedlungen oder andere Nutzungen zur Verfügung stehen oder auch die Gewinnung von Rohstoffen. Diese Ziele geben Hinweise darauf, dass die mit Deponien und Halden verbundenen Probleme, Herausforderungen und Chancen durch verschiedene Akteure ganz unterschiedlich interpretiert (gerahmt) werden können.

Wird Halden- oder Deponierückbau als ein Thema des Umweltschutzes interpretiert, dann wird die Vermeidung von Umweltbelastungen als ein zentrales Handlungsziel gesehen. Der Rückbau einer Deponie oder Halde wird dann in der Gesamtheit seiner Umweltwirkungen betrachtet. Eine von Deponien und Halden ausgehende Gefahr für Mensch und Umwelt ist in dieser Lesart ein wichtiges Bewertungs- und Entscheidungskriterium, um einen Rückbau zu beginnen (z.B. Brandt 1993). So wenig Eingriff und Veränderung wie möglich, aber so viel wie nötig – könnte das Leitmotiv im Hinblick auf einen Rückbau im Umweltschutz-Rahmen beschreiben.

Werden hingegen Halden und Deponien als Rohstoffquelle interpretiert, geht damit die Vorstellung einher, dass die (temporäre) Belastung von Mensch und Umwelt unvermeidlich ist. Nach diesem Verständnis müssen negative Begleiterscheinungen in Kauf genommen, und bestenfalls minimiert und nachträglich „repariert“ werden. Der Fokus einer Rohstoffgewinnung liegt nicht auf Deponie und Halde in ihrer Gesamtheit, sondern auf den gesuchten Rohstoffelementen. Ein Projekt zu beginnen, lohnt sich in diesem Verständnis nur dann, wenn die erwarteten Erlöse hoch genug sind (Wirtschaftlichkeit ist ein zentrales Bewertungs- und Entscheidungskriterium). Darüber hinaus ist der Umgang mit Reststoffen aus diesen Abbauprojekten (im Sinne nicht als

wertvoll erachteter Materialien) nicht zentral und wird unter Umständen von den Rohstoffgewinnern nicht als primäres Thema gesehen (Nachsorge nach Abbau).

Die Analyse zeigt, dass die unterschiedlichen Interpretationen von Halden und Deponien gleichzeitig existieren und von verschiedenen Akteuren in unterschiedlicher Weise unterstützt werden. Wie ein konkretes Rückbauvorhaben gestaltet wird, ist nicht zuletzt davon abhängig, welche Interpretation schlussendlich zugrunde gelegt wird. Dabei ist die Auswahl eine Folge gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse (Bogner et al. 2013). Entwicklungen wie die Veränderung der Rohstoffpreise können diesen Prozess beeinflussen: hohe Preise für Rohstoffe können dazu führen, dass der Abbau einst unrentabler Rohstoffe als Option gesehen wird und die Rohstoffgewinnung für einen breiteren Kreis von Akteuren ein überzeugender Interpretationsrahmen ist.[12]

Sowohl im Fall der Deponien als auch im Fall der Halden wird ein Rückbau mit dem alleinigen Ziel der Rohstoffgewinnung im deutschen Kontext von vielen Interviewpartnern und Workshopteilnehmern als derzeit nicht lohnend eingeschätzt. Diese Beobachtung lässt sich dahingehend interpretieren, dass der Rahmen der Rohstoffgewinnung nicht überzeugend und damit nur bedingt förderlich für die Initiierung von Forschungsprojekten ist. Eine Strategie, die von verschiedenen Akteuren bereits verfolgt wird, um die Rohstoffgewinnung aus Halden und Deponien zu betreiben, ist die Verknüpfung der Idee der Rohstoffgewinnung mit Zielen des Umweltschutzes an konkreten Standorten (und damit die Verbindung der beiden dargestellten Interpretationsrahmen) (Büttner et al. 2016, Krüger et al. 2016, Poggendorf et al. 2016).

Eine Rohstoffgewinnung scheint einerseits als Option in Verbindung mit Umweltschutzmaßnahmen denkbar. Andererseits wird in der Literatur und von Interviewpartnern darauf verwiesen, dass die Option der Rohstoffgewinnung eine neue Dynamik in die Sanierung von Altlasten und Umweltschäden bringen kann. Eine zentrale Herausforderung, die sich mit dieser Verknüpfung ergibt, ist, Technologien zu finden, die beiden Zielen genügen und auch die entsprechenden Entscheidungen in den Verwaltungen in Einklang zu bringen (Umweltschutz und Bergbau sind in Deutschland in unterschiedlichen Verwaltungseinheiten verortet).

3.3.2 Umstrittene Interpretationen der regionalen Bergbaugeschichte

Die subjektive Interpretation des Regionalgeschichtsverlaufs prägt die individuelle Identifizierung mit einer Region (Paasi 2003). In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass Menschen, die in ehemaligen Bergbauregionen leben, sich mit der jeweiligen lokalen Industriegeschichte und damit einhergehenden Traditionen identifizieren (Gouthro und Palmer 2010, Marot und Mali 2012).

In den Interviews lassen sich positiv gefärbte Aussagen über regionale Prägungen durch den Bergbau finden, die diese Befunde der Literatur bestätigen: „wir sind eine Bergbauregion“ oder „die Leute sind Rohstoffgewinnung gewohnt“. Interviewpartner identifizieren sich nicht nur selbst mit der Vergangenheit, sondern unterstellen auch die Existenz einer positiven kollektiven Identität mit der Rohstoffgewinnung der Vergangenheit. In diesem Verständnis wird die Bergbauvergangenheit als Tradition und Basis heutiger Technologieentwicklung verstanden. Die guten Voraussetzungen, die in ehemaligen Bergbauregionen für die Umsetzung von Projekten zur

[12] In der rahmentheoretischen Terminologie wird von der salience und resonance of frames gesprochen (Gamson 1992, Benford and Snow 2000).

Entwicklung von Rohstofftechnologien bestehen, werden in dieser Interpretation hervorgehoben. Das damit einhergehende Argumentationsmuster nimmt in einem ersten Schritt an, dass die Selbstdarstellung als Bergbauregion mit einem positiven Rückbezug zur regionalen Bergbaugeschichte verbunden ist. In einem zweiten Schritt wird geschlussfolgert, dass sich diese Selbstdarstellung gut mit einem Selbstverständnis als Rohstoffregion mit hohem Innovationspotenzial vereinbaren lässt und mobilisierend in der regionalen Gesellschaft wirkt. In dieser Logik kann sich ein positiver Rückbezug auf die Regionalgeschichte förderlich auf die Umsetzung von Technologieentwicklungsprojekten auswirken.

Es ist aber nicht immer klar, ob wirklich alle Bewohner einer Region den positiven Rückbezug auf die Bergbauvergangenheit teilen. In den Darstellungen einiger Interviewpartner wird deutlich, dass die regionale Bergbauvergangenheit auch als Umweltproblem verstanden und interpretiert werden kann. Gerade in der Vergangenheit grundenteignete Familien oder gesundheitlich durch Lärm, Emission oder Wasserverschmutzung beeinträchtigte Personen, aber auch Umweltverbände, interpretieren die Bergbauvergangenheit eher als ökologisches Desaster. Sie stehen neuen Rohstoffvorhaben eher kritisch gegenüber, im Extremfall können solche alternativen Interpretationen in Bürgerinitiativen gegen Rohstoffgewinnung münden.

Bewertungen und Interpretationen der Bergbauvergangenheit (Rahmungen) können sich also durchaus konkurrierend und (im ungünstigen Fall) konfliktiv gegenüberstehen. Konsequenterweise muss die Annahme, dass die Bergbauvergangenheit ausschließlich positiv bewertet wird, überdacht werden und kann nicht mit einer generell positiven Zukunftserwartung an regional revitalisierten Bergbau, und sei es nur zur Entwicklung von Technologien, gleichgesetzt werden. Eine präzise Darstellung, Beschreibung und Analyse historischer Rückbezüge ist nötig, um besser zu verstehen, wie und wann ein Rückbezug förderlich für die Technologieentwicklung für Rohstoffgewinnung oder die soziale Konstruktion regionaler Rohstoffpotenziale ist. Ein Ansatz, um mit einem aus der unterschiedlichen Interpretation der Vergangenheit resultierenden Konflikt umzugehen, wäre, die Vielfalt möglicher Lesarten der Vergangenheit anzuerkennen und sich mit den daraus abgeleiteten, auf die Zukunft gerichteten Handlungsstrategien frühzeitig auseinanderzusetzen.

3.3.3 Exklusiver Fokus auf Innovation

In den letzten Jahrzehnten war das globale Rohstoffregime fundamentalen Veränderungen ausgesetzt. Beispielsweise stieg in den sogenannten BRIC-Staaten die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen deutlich (Gandenberger et al. 2012). Dadurch gerieten die Hochtechnologie-Industrien global unter Druck (Angerer et al. 2016). Für den deutschen Kontext berichten Interviewte, dass in dieser Situation keine Strukturen (mehr) vorhanden waren, die auf diese Veränderungen mit einer passenden Versorgungsstrategie hätten reagieren können. Solche Strukturen bestanden aber in der Vergangenheit. Allerdings hatten sich die Netzwerke, in denen Deutschlands Metallrohstoffbeschaffung seit dem 19. Jahrhundert organisiert war, bereits in den 1980er Jahren infolge der geschrumpften deutschen Stahlindustrie aufgelöst.

Die Exnovationsforschung setzt sich systematisch-vergleichend mit Prozessen des Abschaffens und Ausmusterns von als unvorteilhaft interpretierten Technologien auseinander (Gross und Mautz 2015, David 2017a, 2017b). In diesem Forschungsfeld werden insbesondere Rohstoffver-

knappung, norm- und wertebasierte Evaluierung, aber auch Politikwandel als treibende Exnovationskräfte verstanden (Kimberly 1981, Clark und Staunton 1989). Kimberly (1981) sieht in einer Exnovation auch die Möglichkeit der Verteidigung einer Technologie durch relevante Stakeholder bei einer sich andeutenden Abschaffung. Eine solche Verteidigung kann beispielsweise die Verbesserung der Eigenschaften einer Technologie sein, um ihre Abschaffung abzuwenden. Auf diesen Befund stellt auch die Literatur zu technologischen Diskontinuitäten ab (Strong 2007, Bergek et al. 2013), die Produkteliminierungsliteratur (Avlonitis 1985, Mitchell et al. 1998) oder die Destabilisierungsliteratur (Turnheim und Geels 2013).

Auf die deutsche Rohstoffsituation kann dieses Erklärungsmodell insofern angewandt werden, als dass sich soziotechnische Nischeninnovationen abzeichnen, die gerade als Reaktion auf die wahrgenommene Rohstoffexnovation interpretiert werden können. Experteninterviews bestätigen diese Interpretation. Gerade die Lieferengpässe von Seltenen Erden durch China und die damit auf dem Weltmarkt explosionsartig ansteigenden Preise (Angerer et al. 2016) führten in Deutschland von einer Phase der Resignation in eine Phase proaktiven Handelns auf Seiten der rohstoffbeschaffenden Industrien und der Wissenschaft. So wurden in der Folge strukturelle Handlungskapazitäten in Netzwerken gebündelt (vgl. Kapitel 3.1.2 Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken) und wissenschaftliches Wissen neu bewertet (vgl. Kapitel 3.4 Lokales Wissen). Beispiele für innovative Nischen, die vor dem Hintergrund von Exnovationsdynamiken entstehen, sind das Projekt SEEsand in Mecklenburg-Vorpommern (SEEsand 2017) oder die Grube Niederschlag im Erzgebirge (EFS GmbH 2017). Im Projekt SEEsand wird Ostseesand im Hinblick auf die Gehalte von schweren Seltenerdenelementen untersucht. Bislang wurde dieser Sand lediglich als Baumaterial betrachtet, „mit seinem Vorhaben bewertet ‚SEEsand' den vermeintlich erforschten Rohstoff neu." (SEEsand 2017). In der Grube Niederschlag, ein neu aufgefahrenes Bergwerk für Flußspat, werden beispielsweise moderne Sortierungstechniken einsetzt und weiterentwickelt, aber auch modulare und bewegliche Rohstoffgewinnungstechnologien unter realen Abbaubedingungen getestet.

Um zu verstehen, wie und warum sich innovative Nischen zur Entwicklung von Rohstofftechnologien bilden, reicht es nicht aus, allein auf ermöglichende Innovationsfaktoren zu schauen. Vielmehr müssen auch Prozesse auf ihre Wirkung untersucht werden, die nicht gleich auf den ersten Blick für Innovationen relevant zu sein scheinen.

3.3.4 Interpretation der Öffentlichkeit

Kommt es zu Kontroversen um wissenschaftliches Wissen und neue Technologien, werden häufig das Wissen und die Anliegen nichtwissenschaftlicher und gesellschaftlicher[13] Akteure als wenig(er) rational, stark interessengeleitet und wissenschaftlich-technischem Wissen unterlegen verstanden. Positionen, vertreten von nichtwissenschaftlichen Akteuren, werden oftmals als aufklärungsbedürftig dargestellt (z.B. Wynne 1993, Welsh und Wynne 2013). In einer solchen Perspektive wird die Berechtigung der Anliegen gesellschaftlicher und lokaler Akteure („die Nachbarn") in der Bewertung von Technologien und Projekten der Technologieentwicklung in Frage gestellt.

[13] Die Kategorie gesellschaftliche Akteure ist sehr unscharf und je nach Rolle und Position desjenigen, der die Kategorie zur Bezeichnung einer gesellschaftlichen Gruppe verwendet, sind andere Akteure in der Kategorie ein- oder ausgeschlossen. In Anlehnung an Limoges (1993) könnte man sagen, dass als Öffentlichkeit („the public") oder als gesellschaftliche Akteure immer diejenigen verstanden werden, die einem Projekt gegenüber kritisch eingestellt sind.

Gerade in Kontroversen um innovative Technologien findet auch eine Auseinandersetzung darüber statt, welches und wessen Wissen in der Bewertung (z.B. von Technikfolgen) berechtigt ist.

Die Analysen zeigen, dass auch im Kontext der Technologieentwicklung zur Rohstoffgewinnung diese Interpretation der gesellschaftlichen Öffentlichkeit – eine Öffentlichkeit, die durch Unwissenheit, Partikularinteressen, irrationales Handeln charakterisiert ist – verbreitet und etabliert ist. Sowohl bei Akteuren aus der Wissenschaft, aber auch aus Wirtschaft, Verwaltung und sogar bei Vertretern zivilgesellschaftlicher Organisationen. Das wird deutlich, wenn man die avisierten Strategien zur Beteiligung gesellschaftlicher Akteure im Kontext von Technologieprojekten betrachtet. Diese zielen fast ausschließlich auf Aufklärung und Informationsvermittlung über Technologien und Projekte. Informationen zu vermitteln, ist nicht verkehrt, greift aber dann zu kurz, wenn es zu Auseinandersetzungen um Projekte und Technologien kommt, die zumeist eben nicht nur in einem Defizit an Informationen gegründet sind, sondern denen grundsätzlichere Fragen zugrunde liegen, die einer gesellschaftlichen Auseinandersetzung bedürfen (z.B. Welsh und Wynne 2013, Williams et al. 2017, Bleicher und David 2015). Eine solche Frage ist beispielsweise, welche Mengen an Rohstoffen überhaupt verbraucht werden sollen und dürfen. Sicherlich gibt es technische Zwänge und Erfordernisse, die darauf eine scheinbar klare Antwort geben. Gleichzeitig wird mit dieser Frage ein Thema adressiert, das nur in einer gesellschaftlichen Debatte adäquat aufgegriffen werden kann. Wird die gesellschaftliche Relevanz solcher Themen verkannt, können sich Kontroversen um einzelne technologische Projekte verschärfen, so dass die Entwicklung von Technologien und die Umsetzung entsprechender Projekte erschwert werden.

Gleichwohl erkennen einzelne Akteure aus dem Feld der Rohstoffforschung die Anliegen (Wünsche, Ängste, Werte etc.) gesellschaftlicher Akteure als berechtigt an. Ein solches Grundverständnis bietet die Möglichkeit, das Verhältnis gesellschaftlicher Interessen und der Interessen von Experten (Wissenschaft, Wirtschaft und auch Experten der Verwaltung) kontextbezogen neu zu diskutieren. Auf Grundlage eines differenzierten Bildes gesellschaftlicher Akteure können Partizipationsformate gewählt werden, die es ermöglichen, gut mit Kontroversen um Technologien umzugehen und bestenfalls kritische Punkte als Verbesserung in die weitere Technologieentwicklung und künftige Projektdesigns einfließen zu lassen (Chilvers und Kearnes 2015).

3.3.5 Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff

Die Forschung zur Rohstoffgewinnung aus Deponien und Halden basiert auf einer Neuinterpretation von Abfall als Rohstoff. Damit verbunden sind die Einführung neuer Konzepte sowie die Veränderung (Ausweitung oder Eingrenzung) der Bedeutung bestehender Begriffe. Die Analysen geben Hinweise darauf, dass Begriffe und Konzepte wie z.B. Halde, Abfall, Depot oder Rohstoff im Kontext der Gewinnung sekundärer Rohstoffe präzisiert und neu bestimmt werden müssen. Auch Konzepte der sekundären Rohstoffbeschaffung wie Urban Mining sind (noch) nicht allgemeingültig definiert (vgl. Fricke et al. 2012, Goldmann 2010, Johannson et al. 2013) und werden von Akteuren sehr unterschiedlich verstanden. Es scheint insbesondere ein Merkmal der sekundären Rohstoffgewinnung zu sein, dass Definitionen und der Gültigkeitsbereich von Begriffen und Konzepten nicht allgemeingültig verstanden werden. Das kann als Hinweis auf einen noch laufenden gesellschaftlichen Definitionsprozess gesehen werden. Ein weiteres Feld der definitorischen Uneinigkeit stellt die Bezeichnung der fokussierten Rohstoffe dar. Handelt es sich um wirtschaftsstrategische Rohstoffe (BMBF 2012), kritische Rohstoffe (Europäische Kommission

2010), Hochtechnologiemetalle (z.B. Melcher 2014) oder Spurenelemente (minor metals)? Diese Uneinigkeit wurde in allen Workshopdiskussionen deutlich.

Jede Definition spiegelt ein bestimmtes kollektives Verständnis des relevanten Gegenstandes, Vorannahmen, Interessen und auch wissenschaftliche Perspektiven wider. Sie ist sowohl Ausdruck eines geteilten Verständnisses über eine Sache, was z.B. eine Halde oder was Abfall ist, als auch darüber, welche Handlungen und Entscheidungen im Kontext der Definition möglich sind und welche Rolle die einzelnen Akteure haben (sollten). So sind beispielsweise Abfallbehörden und Abfallentsorger auf Fragen der sicheren Deponierung des Abfalls fokussiert, können auf entsprechende Technologien und Expertisen zurückgreifen und haben entsprechende Abläufe entwickelt, um dieses Ziel zu erreichen. Die Gewinnung von Rohstoffen aus Abfallmaterialien hingegen erfordert sowohl Wissen über mögliche Wertstoffe und ihre Aufbereitung (Recyclingtechnologie), als auch neue Ansätze der Lagerung und Sortierung (vgl. Clausen et al. 2007).

Rechtsgültige Definitionen sind besonders relevant, da sie Zuständigkeiten (z.B. behördlicher Art) und notwendige Entscheidungsabläufe festlegen und bestimmte Abläufe nicht zulassen. Im Zusammenhang mit der Neubewertung von Abfällen als Rohstoff schaffen rechtliche Festlegungen beispielsweise auch Sicherheit darüber, ob und in welcher Form recyceltes Material zur Schaffung neuer Produkte eingesetzt werden kann; wann recyceltes Material ein Produkt ist. Clausen et al. (2007) bemerken dazu: „Die Unterscheidung zwischen ‚Abfall' und ‚Produkt' bedeutet für jeden Akteur der Ressourcenwirtschaft eine scharfe Trennlinie: wer mit Abfällen zu tun hat, muss einerseits automatisch mit höheren Umweltauflagen rechnen. Andererseits sind die Produzenten von Sekundärprodukten den gleichen gesetzlichen Anforderungen unterworfen, wie sie an jede andere industrielle Produktion auch gestellt werden." (Clausen et al. 2007: 229). Im Kontext der Einführung einer Mantelverordnung im Jahr 2017, die den Umgang mit recycelten Baustoffen regeln soll, kritisierten Interessensverbände insbesondere die Veränderungen für Haftung und Verantwortung der Produzenten und Abnehmer von Recyclingbaustoffen (RECYCLING magazine 2016).

Uneinheitliche Definitionen können dazu führen, dass Regulierungslücken ausgenutzt werden – im Negativen wie im Positiven. Für Technologieentwicklungen können solche Uneinheitlichkeiten Möglichkeitenfenster bedeuten. Sie können aber auch Unsicherheiten hervorrufen, die zögerliche Entscheidungen zur Folge haben und sich z.B. negativ auf die Entwicklung von Technologien auswirken. Klare Definitionen und ein klarer Rechtsrahmen wären notwendig, um zum einen Zuständigkeiten der unterschiedlichen Rechtsbereiche entsprechend abzugrenzen und zum anderen, um Sicherheit für weitere Akteure im Feld zu schaffen (z.B. Wirtschaft). In Auseinandersetzungen, wie beispielsweise der Genehmigung von Forschungsprojekten oder auch später der Genehmigung von Rohstoffgewinnungsvorhaben, können fehlende Definitionen Entscheidungsprozesse beeinflussen.

3.4 Lokales Wissen

Zentrale Annahme des hier zugrunde liegenden Wissensbegriffs ist, dass sich Wissensproduktion zeit-, raum- und akteursbezogen verorten lässt und Wissen erst in sozial und räumlich unterschiedlichen Kontextualisierungen geschaffen wird (Nonaka und Takeuchi 1995, Chambers und Gillespie 2000, Bijker 2001, Nonaka 2008). Der hier verwendete Wissensbegriff geht auch davon

aus, dass Akteure bestimmte Eigenschaften von Wissen wahrnehmen und als wichtig erachten. Auf Grundlage dieser Eigenschaften können verschiedene Wissensformen in der Analyse unterschieden werden. Für den Rohstoffbereich lässt sich feststellen, dass von den Akteuren als wichtig erachtetes Wissen oft einen lokalen Bezug hat.

Einen theoretischen Ansatz zur Wissensproduktion und zu Wissenstransfer in sozialen Kontexten bieten Nonaka und Takeuchi (1995). Ihr Modell unterscheidet zwischen zwei grundlegenden Typen von Wissen. Der erste Typ ist das implizite Wissen. Dieses Wissen kann nicht per se zwischen Individuen und Akteuren transferiert werden, sondern ist an komplexe Praktiken (z.B. berufliche Tätigkeiten) gebunden, die von Akteuren in sozialen Interaktionen erlernt werden können und Wissen entsprechend strukturieren (Nonaka und Takeuchi 1995). Praktisches Wissen ist in diesem Verständnis vorwiegend implizites Wissen. Nonaka und Takeuchi (1995) zufolge werden zeitliche und räumliche Dimensionen der Wissensgenese in Erzählungen über Tätigkeiten zum Ausdruck gebracht. Die Interviewten verweisen auf die zeitliche und räumliche Dimension der Wissensgenese, wenn sie darstellen, dass die Einwohner einer Region Wissen über komplexe, lange Abläufe wie den generationenübergreifende Abbau von Lagerstätten und über die damit zusammenhängende Veränderung der Umwelt und des sozialen Zusammenlebens haben. So weist die Aussage „wir sind eine Bergbauregion" auf eine generationsübergreifend ausgeführte Praktik in einem bestimmten räumlichen Kotext hin; eine Praxis, in die Akteure „hineingeboren" werden (Goudsblom 1974).

Der zweite Typ Wissen bezeichnet implizites Wissen, das in sozialen Prozessen in transferierbares Wissen umgewandelt wird – externalisiertes Wissen. Kuhn (1970) spricht in diesem Zusammenhang von erlebtem und geteiltem Wissen: implizite Erfahrungen werden durch Erzählungen kommuniziert, externalisiert und sozial geteilt. Solche Prozesse finden beispielweise an Forschungseinrichtungen statt, indem Wissen im Rahmen von Forschungsprojekten geschaffen und in Form von Projektergebnissen in Industrie und Politik weitergegeben wird. Weiterhin fließt dieses Wissen in die Lehre ein. Es ist also die soziale Interaktion, die aus implizitem Wissen externalisiertes und transferierbares Wissen macht und sowohl Wissensproduktion als auch Wissenstransfer bestimmt. Wissensproduktion, -anwendung und -verbreitung kann auch als Prozess der gesellschaftlichen Inwertsetzung vorhandenen Wissens verstanden werden. Ferner wird solches Wissen normiert und lizensiert, wie es beispielsweise der Fall bei Berufsqualifikationen oder im akademischen Bereich ist (Lorenzen und Zifonun 2011). In den Interviews wird beispielsweise die Frage, ob bestimmte vorhandene Wissensbestände tatsächlich zu Innovationen beitragen können, von Akteuren in verschiedenen sozialen Kontexten unterschiedlich beantwortet. Das bedeutet, dass es eine aktive Entscheidung ist, ob Wissen externalisiert werden soll. Diese Entscheidung wird nicht zuletzt dadurch beeinflusst, dass bei den handelnden Akteuren ausreichend Ressourcen und Kapazitäten vorhanden sind und dass die Akteure selbst ausreichend legitimiert sind, um an Personen und Praktiken gebundenes Wissen in den sozialen Prozess der Schaffung externalisierten Wissens einzubinden.

Die Analysen machen deutlich, dass bestimmte Akteure legitimiert sind, über die Externalisierung von Wissen und über den Nutzen des jeweils externalisierten Wissens zu bestimmen. Zu diesen Akteuren gehören insbesondere Behörden und Unternehmen, die durch ihre je spezifische Art der Durchsetzung von Regulierungen (Praktiken) Rohstoffgewinnung und damit verbundene Technologieentwicklung ermöglichen oder diese auf Grundlage von spezialisiertem praktischem

(Verwaltungs-)Wissen (Kuhn 1970) erschweren (Kapitel 3.4.1). Gerade die Frage der Zugänglichkeit von Wissen (z.B. der Verschluss von Unternehmens- oder Behördendaten), die wiederum in sozialen Strukturen (z.B. rechtliche Regelungen) begründet ist, hat einen Einfluss auf die Möglichkeit, Wissen zu externalisieren. Besonders relevant für die Technologieentwicklung ist lokales Wissen im Hinblick auf Kenntnisse über Lagerstätten (Kapitel 3.4.2) und auf lokale Umweltschäden durch Rohstoffgewinnung (Kapitel 3.4.3). Dieses Wissen ist nicht nur implizit, sondern schließt auch normiertes und lizensiertes, also externalisiertes Wissen (z.B. wissenschaftliches Wissen) ein.

Die Lokalität von Wissen erklärt sich also durch einen bestimmten Ort sozialer Interaktionen und Praktiken, an dem das von den Akteuren im Feld als wichtig erachtete (lokale) Wissen entsteht, verbreitet und angewandt wird.

3.4.1 Wissen in den Behörden und Unternehmen

Für die Technologieentwicklung zur Gewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe ist Wissen über Lagerstätten wichtig, das in Behörden und Unternehmen geschaffen wird. Dabei geht es im Hinblick auf sekundäre Rohstoffe um das Wissen über (Alt-)Ablagerungen und im Hinblick auf primäre Rohstoffe um das Wissen über geologische Lagerstätten.

Die Beschäftigung mit *Deponien* (insbesondere ältere (ungesicherte) Hausmülldeponien und spezielle Industrieablagerungen) und *Bergbauablagerungen* (Aufhaldungen und Absatzbecken), die nicht mehr unter Bergrecht stehen, ist das zentrale Thema der Altlastensanierung und der zuständigen Bodenschutzbehörden („Altlastenwissen"). In den letzten Jahrzehnten wurde im Rahmen der Altlastensanierung und Altlastenforschung Wissen geschaffen – z.B. über Wirkung und Verhalten von Spurenelementen aber auch über Ablagerungshistorien an speziellen Standorten – und Technologien und Methoden zur Probenahme, Analyse und Beseitigung von Gefahren (Sanierung) entwickelt (Brandt 1993).

Auf dieses Wissen und auf damit verbundene Datenbestände kann im Hinblick auf die Frage zu gewinnender Rohstoffe zurückgegriffen werden (z.B. Identifizierung potenzieller Lagerstätten anhand des Altlastenkatasters (Nühlen et al. 2016)). Allerdings ist eine (Neu-)Bewertung der erfassten Daten im Hinblick auf die spezielle Frage der Rohstoffgewinnung notwendig. Altlastensanierung zielt auf die Minimierung von Gefährdungen aus Altablagerungen und Altstandorten ab und betrachtet (Spuren-)Elemente unter diesem Gesichtspunkt. Rohstoffgewinnung hingegen strebt die Nutzbarmachung und Gewinnung bestimmter Zielelemente an. Diese unterschiedlichen Perspektiven auf die Elemente können bedeuten, dass beispielsweise die Informationen im Altlastenkataster nicht ausreichen, um eine Aussage darüber zu treffen, ob es die gesuchten Zielstoffe in einer Ablagerung gibt. Fehlende Informationen sind Nühlen et al. (2016) zufolge insbesondere die genaue Lage und Größe von Halden oder die Zusammensetzung und Genese des Haldenkörpers. Im Kontext der r³-Haldenclusterprojekte wurde mit einer entsprechenden Aufbereitung vorhandenen Wissens begonnen. Für eine (Neu-)Bewertung der Wissensbestände aus dem Altlastenkontext im Hinblick auf die Frage der Rohstoffgewinnung können die Daten zuständiger Bodenschutzbehörden mit dem Wissen über Verfahren zur Wertstoffgewinnung zum Zeitpunkt der Entstehung einer konkreten Halde kombiniert werden. Es wurde auch aufgezeigt, dass gerade Explorationstechnologien weiterentwickelt werden müssen, um Wissen zu schaffen

und um das vorhandene Wissen entsprechend der Rohstoffgewinnung in Wert zu setzen (Nühlen et al. 2016: 316, 324).

Wissen über geologische Lagerstätten und potenziell abbauwürdige Vorkommen bestimmter Elemente wird von den geologischen Landesdiensten erfasst. Bedingt durch die föderale Struktur in Deutschland sind die Praktiken der Datenerhebung und -erfassung in den geologischen Landesämtern unterschiedlich. Insbesondere wirken sich nach Aussagen von Interviewpartnern das Selbstverständnis der jeweiligen Behörde und landespolitische Zielstellungen in Rohstofffragen (siehe Kapitel 3.1.5 Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik) auf die Datenerfassung aus. Geologische Unternehmensdaten sind nur eingeschränkt zugänglich und über die Konditionen der Zugänglichkeit bestimmt allein das Unternehmen (z.B. Wismut GmbH 2017).

Wissen und Erfahrungen im Zusammenhang mit sekundären und primären Lagerstätten sind relevant für die Entwicklung von Methoden, Ansätzen und Technologien für die Gewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe. Beispielsweise können Methoden aus der Altlastensanierung Anwendung bei der Rohstoffgewinnung finden. Oder Aufbereitungserfahrungen bereits bestehender Industriecluster der ehemaligen Primärrohstoffindustrie können mit neuen Recyclingtechnologien verknüpft werden. Grundlage für eine solche Übertragung und Weiterentwicklung von Methoden ist es, Wissen neu zu kontextualisieren. Unterstützend könnten in diesem Prozess Strukturen wirken, die es erleichtern, Wissen aus anderen Bereichen in den Kontext der Rohstoffgewinnung einzubinden.

3.4.2 Wissen über Lagerstätten

Wie in den Interviews herausgestellt wird, besitzen Lagerstätten stets geologisch oder anthropogen verursachte Eigenheiten, die spezifische Erkundungs- und Abbaumethoden erfordern. Das bedeutet, dass lagerstättenbezogene Wissensgenese lokal auf unterschiedliche Praktiken baut, die die Technologieentwicklung beeinflussen.

Primäre Lagerstätten bestimmter Rohstoffe sind nie identisch beschaffen, da geologische Prozesse der Mineralisierung ortsverschieden und nicht linear verlaufen und damit Rohstoffgehalte und geochemische Eigenschaften von Lagerstätte zu Lagerstätte schwanken. Die Entstehung anthropogener Lagerstätten, wie beispielswiese Deponien oder Halden, wird durch gesellschaftliche Praktiken bestimmt. Die Praktiken der Ablagerung (Deponierung) waren und sind unterschiedlich hinsichtlich der Abfall produzierenden Aktivität und der dabei angewandten Verfahren (z.B. Verhüttung, industrielle Produktion, Konsum) oder der für die Ablagerung angewandten Technologie (z.B. Vorbehandlung von Abfallstoffen). Auch der zum Zeitpunkt der Ablagerung geltende rechtliche Rahmen beeinflusst die Gestalt einer anthropogenen Lagerstätte. Die Heterogenität und eingeschränkte Vergleichbarkeit beider Lagerstättenkontexte bedeutet, dass der Lagerstätte angepasste Technologien zur Erkundung und zum Abbau entwickelt werden müssen (David et al. 2017a).

In den Interviews wird für alle Lagerstättentypen unterstrichen, dass Erfahrungswissen über Lagerstätten intergenerational reproduziert und interpersonal weitergegeben wird. Diesen Befund verdeutlicht das Beispiel Erzgebirge, wo ehemals im Bereich des Primärbergbaus lokal produziertes Wissen angesichts der Revitalisierungsbestrebungen von Bergbau in Deutschland auch jen-

seits des lokalen Kontextes relevant wird. So werden beispielsweise in der DDR erhobene Bohrkerndaten im Projekt ROHSA 3 (ROHSA 3 2017) digitalisiert und Interessenten (z.B. aus Wirtschaft und Wissenschaft) zur Verfügung gestellt. Auch werden alte Stollen wieder gangbar gemacht. Dabei werden Personen wichtig, die an solchen Lagerstätten bereits arbeiteten und ihr Wissen nun anwenden und weitergeben. Auch innerhalb lokaler Behörden werden Aufgaben in Verbindung mit Rohstofffragen von Mitarbeitern übernommen, die bereits früher im Fachgebiet tätig waren. Aber auch im Bereich der sekundären Rohstoffgewinnung ist lokale, lagerstättenbezogene Erfahrung gefragt. So stellten Interviewpartner beispielsweise dar, dass im Mansfelder Land ehemalige Kumpel nach der Beschaffenheit von Halden aus dem Kupferbergbau befragt wurden, um die Probenahme im Kontext von Forschungsprojekten zielgerichtet durchführen zu können. Ähnliche Aussagen trafen Interviewte über den Bereich der Deponien, wo das Wissen von Personen über die Phasen der Ablagerung von Material, beispielsweise im Rahmen von Altlastensanierungen, erfragt wird. Aus diesem Wissen können Hinweise auf mögliche Rohstoffpotentiale abgeleitet werden.

Die Wissensgenese ist nicht nur an lokale Kontexte und Routinen gebunden, sondern ist mit Universitäten und Unternehmen auch lokal institutionalisiert und wird damit auch regionalspezifisch gestaltet. Lokal verankerte, international anerkannte Montanuniversitäten sind prägend für ehemalige Bergbauregionen, entwickeln praktisches Wissen fachbezogen weiter und verbreiten es unter anderem durch Lehrangebote (externalisiertes Wissen). Beispiele sind die Technische Universität Bergakademie Freiberg und die Technische Universität Clausthal. Ein Gegenbeispiel dazu ist die Situation im Mansfelder Land. In dieser ehemaligen Bergbauregion haben sich keine Wissensinstitutionen gehalten. Das große Rohstoffkombinat wurde nach dem Zusammenbruch der DDR aufgelöst. Damit kam es zum Verlust wissenschaftlichen Potenzials, da kein weiterer Ausbau eines Wissensstandortes angestrebt wurde und die Verbindung zur nahe gelegenen Universität Halle in Rohstofffragen nicht stark ausgeprägt ist.

Rohstoffgewinnung produziert an die jeweilige Lagerstätte und regional spezifische Praktiken gebundenes und in lokal verankerten Wissensinstitutionen weiterentwickeltes Erfahrungswissen (Livingstone 2010). Dieses Erfahrungswissen spielt in der Technologieentwicklung für Rohstoffgewinnung eine entscheidende Rolle, denn es zeigt sich, dass Erfahrungsschätze „umgenutzt" werden können. Im Hinblick auf eine Unterstützung oder Förderung der Entwicklung von Methoden zur Rohstoffgewinnung gilt es Ansätze zu entwickeln, die den Zugang zu diesem Wissen erleichtern. Die Einbindung von Personen mit entsprechender lokaler Expertise ist eine Strategie, das ROHSA 3-Programm im Bundesland Sachsen ebenso.

3.4.3 Wissen über Umweltgeschichte

Einige Interviewte weisen darauf hin, dass sich Einwohner ehemaliger Rohstoffregionen eine erneute Rohstoffgewinnung in der Region wünschen. Von den Workshopteilnehmern und -teilnehmerinnen wurde diese Beurteilung allerdings auch kritisch hinterfragt. Es wurde herausgestellt, dass diese Sichtweise in Regionen keinesfalls Konsens ist. Vielmehr wurde betont, dass Einwohner starke emotionale und identitätsbildende Bindungen zu ihrer Umgebung aufbauen und die Möglichkeit neuer Rohstoffprojekte auch Ängste über die damit einher gehenden Umweltauswirkungen hervorrufen kann (vgl. Kapitel 3.3.2 Umstrittene Interpretation der regionalen

Bergbaugeschichte). In diesem Zusammenhang, so die Diskussion, muss lokales Umweltwissen erhalten bleiben und stärker Beachtung in Rohstoffprojekten finden.

In Regionen können Lerneffekte durch lokale, langfristig ausgeprägte Umweltschädigungen eintreten, die sich auf die Entwicklung von Rohstofftechnologien im Anwendungskontext auswirken. Ein Beispiel ist die Region Oberharz, wo eine neue Rohstoffinitiative (das Rewimet-Netzwerk) (vgl. Kapitel 3.1.2 Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken) Umweltaspekte bei der Technologieentwicklung berücksichtigt. Für den Kontext der Deponien wird in den Interviews herausgestellt, dass Umwelterwägungen z.B. im Hinblick auf umwelt- und gesundheitsschädigende Emissionen Projekte zur Technologieentwicklung beinträchtigen (z.B. Bahn und Klarner 2012).

Umweltwissen kann daher Technologieentwicklungen zur Rohstoffgewinnung fördern, aber auch behindern (Bebbington und Bury 2009). In den Interviews wurde der Einfluss lokalen Umweltwissens auf Abbaumethoden und -technologien sowohl für den primären, als auch für die sekundäre Rohstoffgewinnung dargestellt. Umwelteffekte und Risiken, die im Zusammenhang mit bestimmten technologischen Anwendungen und Entwicklungen stehen, werden vor dem Hintergrund der regionalen Entwicklungsgeschichte und aufgrund des lokalen Umweltwissens (zum Beispiel über gefährdete, aber stark identitätsstiftende Habitate und Landschaften) unterschiedlich verstanden und interpretiert (Bijker 2001). Diese unterschiedlichen Interpretationen und Erfahrungen in den jeweiligen Regionen sollten bei der Rohstoffgewinnung und Technologieentwicklung erkannt und stärker einbezogen werden (Carolan 2007, Callon et al. 2009, Pellizzone et al. 2017).

4 Faktoren der Technologieentwicklung – Stakeholder-Einschätzungen

Wie in Kapitel 2 dargestellt, wurden die soziokulturellen Faktoren der Technologieentwicklung im Rahmen von Workshops mit verschiedenen Akteursgruppen diskutiert. In den Diskussionen bestätigten die Gruppen die Relevanz der identifizierten Faktoren für die Entwicklung von Rohstofftechnologien weitestgehend, maßen einzelnen Faktoren aber sehr unterschiedliches Gewicht bei. Auch innerhalb der Workshopgruppen bewerteten die Teilnehmenden die Bedeutung einzelner Faktoren nicht immer einheitlich. Darüber hinaus wurde auch der aktuelle politische Fokus, der im Rohstoffbereich auf der Technologieentwicklung und der Entwicklung technischer Lösungen liegt, unterschiedlich bewertet. Insbesondere die Vertreter zivilgesellschaftlicher Organisationen stellten diesen Fokus grundsätzlich in Frage.[14] Die teilnehmenden Nichtwissenschaftler trennten Fragen der Technologieentwicklung und ihrer Gestaltung kaum von Fragestellungen, die sich mit wirtschaftlich-industriellen Projekten der Rohstoffgewinnung (unter Einsatz etablierter Technologien) beschäftigen. Häufig wurden daher Erfahrungen aus dem Kontext der Gewinnung von Steinen und Erden oder der Braunkohle auf mögliche Projekte zur Technologieentwicklung für die Gewinnung von Industriemineralien aus geologischen und sekundären Lagerstätten (Halde, Deponie) übertragen. Die Ergänzungen und Spezifizierungen der Diskussionsergebnisse, die über die qualitative Auswertung und Analyse der Faktoren hinausgingen, werden im Folgenden zusammengefasst.

In allen drei Workshops gab es intensive Diskussionen über das Thema der Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff und den damit verbundenen Veränderungen in den Definitionen zentraler Begriffe und der rechtlichen Zuständigkeiten. So beschäftigte die Teilnehmenden aus der Politik die Frage, welche Rohstoffe als „wirtschaftsstrategisch" einzustufen sind und ob ein einheitlicher Rechtsrahmen für alle Rohstoffe geschaffen, beziehungsweise ob der bestehende Rechtsrahmen spezifiziert oder definitorisch erweitert werden sollte. Die Teilnehmenden des Workshops mit wissenschaftlichem Hintergrund sprachen dem Faktor zuerst wenig Einfluss zu. Im Laufe der Diskussion wurde jedoch deutlich, dass auch sie mit Unsicherheiten in Behörden bei der Definition von Urban Mining oder mit dem Begriff der Halde konfrontiert werden. Diese definitorische Unschärfe kann sich auf Forschungsergebnisse auswirken. Auch die zivilgesellschaftlichen Akteure schätzten unzureichende Definitionen in der sekundären Rohstoffgewinnung als wichtiges Thema ein. Diskussionspunkt waren vor allem die unklare Abgrenzung der beiden Begriffe Abfall und Rohstoff und die damit einhergehende Verschiebung rechtlicher Zuständigkeiten. Nach Ansicht dieser Akteure sollte eine Auseinandersetzung mit unklaren Definitionen nicht nur in Expertenkreisen, sondern auch in der Öffentlichkeit stattfinden.

In diesem Zusammenhang wurde der Einfluss von Behörden auf Rohstoffforschung und -gewinnung diskutiert. Die politischen Akteure machten beispielsweise mit Blick auf den primären Bergbau deutlich, dass in Umweltbehörden, anders als in Bergbehörden, kein Detailwissen über Betriebsabläufe in Rohstoffunternehmen existiert. Diese Tatsache führt aus ihrer Sicht dazu, dass Entscheidungen über Bergbauvorhaben in Deutschland häufig langwierige Prozesse sind. Die Ursache dafür wird in der Zuständigkeit der Umweltbehörden für den Schutz der Umwelt und

[14] So wurde beispielsweise angemahnt, dass die Idee der Rohstoffsuffizienz auf nationaler und EU-Ebene stärker adressiert werden sollte. Kern dieser Idee ist die Frage, wie viele Rohstoffe gebraucht und wofür diese eingesetzt werden (Linz 2015).

der damit einhergehenden speziellen Expertise gesehen. In der Diskussion unter den Wissenschaftlern wurde vor allem erkennbar, dass offensichtlich diejenigen Forschenden im Vorteil sind, deren Arbeitsbiographie sowohl Erfahrungen aus der Wissenschaft als auch der Wirtschaft und der Behörde vereint. Damit geht augenscheinlich die Fähigkeit einher, zwischen den Bereichen übersetzen zu können. Auch Akteure aus den Umweltverbänden und Tourismus thematisierten die Rolle von Behörden, sahen sie jedoch eher förderlich für das Thema der Rohstoffe und hinderlich für ihre eigenen Anliegen (besonders im Naturschutz).

Umfassende Diskussionen gab es in allen Workshops auch zur Frage der Wirtschaftlichkeit (vgl. Kapitel 3.2.1). Die Teilnehmenden aus dem Feld der Politik machten deutlich, dass ein Abbau von Industriemineralien aus Primärlagerstätten in Deutschland nur dann stattfinden wird, wenn er aus Sicht von Investoren und Unternehmen wirtschaftlich möglich ist. Demgegenüber machten jedoch die Teilnehmenden auch die Notwendigkeit deutlich, dass es in Deutschland Möglichkeiten geben muss, (wissenschaftlich-technisches) Wissen über Rohstoffgewinnung zu generieren. Dieses Wissen kann nach Ansicht einiger Workshopteilnehmer nur im Kontext wirklichen Rohstoffabbaus geschaffen werden, auch wenn der Abbau selbst nicht die üblichen Renditeerwartungen erfüllt. Die an der Diskussion beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen merkten an, dass Wirtschaftlichkeit nicht nur nach dem Preis bemessen werden kann, sondern immer auch vor dem Hintergrund des Zeitraums, der Akteure und ihrer Interessen, den rechtlichen Zuständigkeiten und der gesellschaftlich wahrgenommenen Kritikalität betrachtet werden muss. Auch die zivilgesellschaftlichen Akteure befürworteten eine Betrachtung aus dem Blickwinkel der Volkswirtschaft, nicht aus der Sicht von einzelnen Unternehmen.

Sowohl die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen als auch die Vertreter und Vertreterinnen zivilgesellschaftlicher Organisationen schätzten das Zusammenspiel der Werte Naturschutz und Wirtschaftlichkeit (vgl. Kapitel 3.2.2) als besonders einflussreich auf die Entwicklung von Rohstofftechnologien ein, aber mit unterschiedlichen Konsequenzen. Während die Akteure der Forschung in diesem Spannungsfeld einen Motor für die Technologieentwicklung sahen, hoben die Akteure der Zivilgesellschaft hervor, dass dem Naturschutz zu wenig Wert in der gesamten Diskussion um Rohstoffe beigemessen wird. In diesem Zusammenhang machten sie deutlich, dass der Abbau von Halden und Deponien ausschließlich unter den Aspekten des Umwelt-, Natur- und Gesundheitsschutzes erfolgen sollte; Rohstoffgewinnung sollte dabei in jedem Fall zweitrangig sein. Diese Forderung ist insofern wenig überraschend, als dass viele der Teilnehmer und Teilnehmerinnen dieser Diskussionsgruppe Naturschutzverbänden angehörten.

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus der Politik stellten fest, dass gesellschaftliche Aspekte, die über eine frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit in Projekten aufgegriffen werden könnten, in der Praxis oft nicht mitbedacht werden. Sie bezogen sich dabei auf konkrete Abbauvorhaben. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen betonten, dass schon in der Technologieentwicklung, beispielsweise im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken (vgl. Kapitel 3.1.2), andere gesellschaftliche Perspektiven eingebunden werden müssen. Gleichzeitig, so wurde argumentiert, sind diese Netzwerke ein geschlossener und dadurch sicherer Raum für Forschende, in dem Wissen gebündelt und anschließend weitergegeben werden kann.

Die Teilnehmenden aus der Politik diskutierten über die Einführung konkreter Politikinstrumente zur Gestaltung und Erleichterung der Versorgung mit Rohstoffen. So wurde unter anderem

die Bevorratung mit Rohstoffen als möglicher Ansatzpunkt politischer und behördlicher Gestaltung besprochen. Die Rolle der Medien (vgl. Kapitel 3.1.4) in der Entwicklung von Rohstofftechnologien wurde hingegen nur von den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen thematisiert. Die Befunde aus den Interviews, die zur Identifizierung des Faktors führten, wurden dabei in der Diskussion vollständig bestätigt. Ausschließlich die zivilgesellschaftlichen Akteure diskutierten über das lokale Wissen über die Umweltgeschichte (vgl. Kapitel 3.4.3). Ein Ergebnis der Diskussion war, dass Wissen über die lokale Umweltgeschichte für alle frei zugänglich (open source) zur Verfügung gestellt werden sollte. Es stand dabei jedoch nicht die Erleichterung der Rohstoffgewinnung oder der Technologieentwicklung im Mittelpunkt. Vielmehr wurde der Zugang zum Wissen über die Umweltgeschichte als identitätsstiftendes Moment gesehen, als Bildungsauftrag sowie als Möglichkeit, Bergbaufolgen aus ehemaligen Abbauprojekten wirksam entgegenzutreten. Auch die Rolle der Wissenschaft (vgl. Kapitel 3.1.1) wurde nur von den zivilgesellschaftlichen Akteuren diskutiert. Die Teilnehmenden äußerten dabei ambivalente Anforderungen an die Wissenschaft: auf der einen Seite wurde der Vorwurf erhoben, dass Rohstoffforschung industriegeleitet ist. Auf der anderen Seite soll Wissenschaft festlegen, wie viele Rohstoffe in der Zukunft gebraucht werden. Einigkeit bestand jedoch unter den zivilgesellschaftlichen Teilnehmern in der Forderung nach einer allgemeinwohlorientierten, gesellschaftliche Interessen einbeziehenden Rohstoffforschung.

5 Ressourcenversorgung durch Technologieentwicklung: Zusammenhänge und Mechanismen

In der Analyse wurden 17 Faktoren identifiziert, die Projekte der Technologieentwicklung zur Gewinnung kritischer Rohstoffe in Deutschland auf unterschiedliche Weise beeinflussen. Bislang wurden die Faktoren isoliert voneinander dargestellt. Diese Faktoren wirken aber nicht unabhängig voneinander, sondern interagieren und beeinflussen sich gegenseitig und kommen gerade in diesen Wechselwirkungen in der Technologieentwicklung zum Tragen.

Erst die Betrachtung des Zusammenspiels der Faktoren ermöglicht es, Prozesse und Mechanismen im Feld zu erkennen und zu verstehen. Dem analytischen Ansatz der Grounded Theory folgend werden nun Erklärungsmodelle der sozialen Wirklichkeit dargestellt. Dafür wird das Zusammenspiel von einzelnen Faktoren beleuchtet. Diese Erklärungsmodelle haben im sozialwissenschaftlichen Verständnis eine geringe Reichweite; das bedeutet, dass sie sehr spezifisch für den hier betrachteten Kontext der Entwicklung von Rohstofftechnologien sind. Sie kondensieren das Ergebnis der sozialwissenschaftlichen Analyse und bieten eine empiriebasierte Erklärung gesellschaftlicher Strukturen und Prozesse der Entwicklung von Rohstofftechnologien im regionalen Anwendungskontext in Deutschland.

Im ersten Abschnitt wird die Rolle des Staates in Rohstofffragen und die Wechselwirkung mit den Faktoren Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Wirtschaftlichkeit und Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken dargestellt. Im zweiten Abschnitt wird erläutert, wie das Zusammenspiel der Faktoren Interpretationen von Halden- und Deponierückbau, Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Rolle der Behörden sowie der Faktoren Wirtschaftlichkeit, Landschaftsschutz und Landschaftsbild die Prozesse der Interpretation regionaler Rohstoffpotenziale beeinflusst. Das Zusammenwirken der umstrittenen Interpretationen der regionalen Bergbaugeschichte, dem exklusiven Fokus auf Innovation, Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken, sowie der Interpretation von Öffentlichkeit, ist Inhalt des dritten Abschnitts. Schließlich wird im vierten Abschnitt beleuchtet, wie die Faktoren Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, sowie Interpretationen von Deponie- und Haldenrückbau und Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff sowohl die Entstehungsbedingungen als auch die Bedingungen für das Aufgreifen lokalen Wissens in der Technologieentwicklung beeinflussen.

5.1 Die ambivalente aber zentrale Rolle des Staates in Rohstofffragen

Zentrale Faktoren: Rolle des Staates, Rolle Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Wirtschaftlichkeit, Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken

Der Staat setzt den Rahmen für die nationale Rohstoffwirtschaft und die Rohstoffforschungspolitik. Auch auf lokaler- und Landesebene können Politiken die Etablierung von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken unterstützen. Die Rolle des Staates in Rohstofffragen ist seit einiger Zeit Gegenstand einer intensiven internationalen Debatte über staatskapitalistische und neoliberale Beschaffungsmodelle, die insbesondere Versorgungsinvestitionen in den Blick nehmen (Gandenberger et al. 2012). Auch in Deutschland ist die Rohstoffsicherheit im Sinne der Absicherung des aktuellen Rohstoffbedarfs eine leitende Vorstellung. Dieser Vorstellung liegen zwei zentrale

Prämissen zugrunde. Zum einen wird davon ausgegangen, dass sich die Menge und Art der benötigten Materialien gut prognostizieren lässt und zum anderen, dass die Handlungsspielräume industrieller Akteure nicht durch sanktionierende Maßnahmen (wie beispielsweise eine Rohstoffsteuer) eingeschränkt werden sollen. Der Diskurs der Rohstoffsicherheit wird vor allem von Akteuren aus Wirtschaft und Industrie (Verbände, aber auch Politik – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, BMWi) vertreten.

Wie die Analyse zeigt, deuten Diskussionen zur Eingriffstiefe des Staates in Angelegenheiten der Rohstoffbeschaffung generell auf ein eher eingeschränktes staatliches Mandat hin. Der Staat wird dabei als flankierender Helfer eines reibungslosen Ablaufs der Rohstoffbeschaffung gesehen. Mit dem Anstieg der internationalen Rohstoffpreise in den letzten Jahren wurde diese Diskussion intensiviert. Auf der einen Seite soll der Staat die Rohstoffe beschaffende Industrie dann unterstützen, wenn die Preise durch ein Überangebot auf dem Weltmarkt niedrig sind. Auf der anderen Seite soll der Staat die rohstoffverarbeitende Industrie schützen, wenn Rohstoffpreise global steigen. Die Wirtschaftlichkeit des Rohstoffhandels und der Rohstoffbeschaffung bestimmen damit das Verhältnis der Industrie zum Staat. Diese eher neoliberale Weltmarktorientierung der deutschen Rohstoffpolitik führt zur Übertragung der Beschaffungsverantwortung auf die Rohstoff- und die Rohstoffe verarbeitende Industrie. Strukturell ist das ein Nachteil für eine staatliche Governance von Rohstofftechnologienentwicklung, da sich der Ort der Entwicklung auf die privatwirtschaftliche Ebene verschiebt. Damit wird Technologieentwicklung maßgeblich von Akteuren bestimmt, die insbesondere Wirtschaftlichkeit und Effizienz betonen (David et al. 2017a, 2017b).

Der starke Fokus auf Wirtschaftlichkeit in der Rohstoffbeschaffung, so wurde es in der Analyse herausgesellt, steht der Technologieentwicklung an kleinen Lagerstätten in Deutschland aus zwei Gründen entgegen. Zum einen sind innovative technologische Nischen anfangs nicht profitabel. Zum anderen bieten kleinere Lagerstätten auch geringere Renditen, womit mögliche finanzielle Rückflüsse in die Technologieentwicklung kleiner sind. Hier setzt die deutsche Rohstoffforschungspolitik an und fördert mit Forschungsprogrammen und der Unterstützung für Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken Technologieentwicklung, die sowohl auf die Exploration und Gewinnung von heimischen Rohstoffquellen als auch auf den Export von Technologien zielt. Technologien müssen auf die speziellen Merkmale – klein, heterogen, komplex – heimischer Lagerstätten zugeschnitten sein. Da sich der Abbau kleiner Lagerstätten aber nur dann lohnt, wenn die Rohstoffpreise attraktiv genug für Zielmaterialien sind, ist der Anwendungskontext, in dem Technologien entwickelt oder graduell verbessert werden, relativ volatil. Forschungspolitik im Bereich Technologieentwicklung für Rohstoffentwicklung muss also anerkennen, wie fragil die Bildung technologischer Nischen ist, bedenkt man die globalen Dynamiken auf Rohstoffmärkten.

5.2 Eine Frage der aktiven Interpretation – Die Entstehung sekundärer Lagerstätten

Zentrale Faktoren: Interpretationen von Halden- und Deponierückbau, Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Rolle der Behörden, Wirtschaftlichkeit, Landschaftsschutz und Landschaftsbild.

Die Interpretation von Deponien und Halden als Rohstoffquelle ist ein sozialer Prozess. Das Zusammenspiel der Faktoren Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Rolle der Behörden sowie der Faktoren Wirtschaftlichkeit, Landschaftsschutz und Landschaftsbild kann erklären, wie die Prozesse der Interpretation ablaufen. Die Analysen zeigen, dass es in den untersuchten Regionen in Deutschland häufig Wissenschaftler sind, die die Idee der Rohstoffnutzung von Deponien und Halden aufbringen.[15] Wenn in Forschungsprojekten der Frage nachgegangen wird, welche Rohstoffgehalte es in Deponien und Halden gibt und mit welchen Technologien und Methoden diese zu identifizieren, zu gewinnen und aufzubereiten sind, interpretieren sie Deponien und Halden als Rohstoffquelle und (sekundäre) Lagerstätte. Wird diese Interpretation nur von wissenschaftlichen Akteuren vertreten, entfaltet sie keine breitere Wirkung und es entsteht kein Potenzial für eine Gewinnung sekundärer Rohstoffe. Wissenschaftliche Projekte haben dann häufig einen größeren Rechtfertigungsdruck (z.B. gegenüber genehmigenden Behörden).

Gerade am Beispiel der Bergbauhalden kann gezeigt werden, dass sich wissenschaftliche Akteure verschiedener Strategien bedienen, um ihre Lesart und Interpretation von Halden als Rohstoffquelle zu verstärken und anderen Akteuren dieses Verständnis nahe bringen. So werden z.B. bislang voneinander unabhängige Interpretationen zusammengebracht, indem argumentiert wird, dass ein Haldenrückbau sowohl der ökologischen Sanierung als auch der Rohstoffgewinnung dient. In der sozialwissenschaftlichen Literatur wird diese Verbindung von Interpretationen als „frame bridging" bezeichnet (Benford und Snow 2000: 624). Eine andere Strategie ist, Interessen und Interpretationen anderer Akteure, z.B. Regionalpolitik oder Umweltschutz in die Interpretation der Halde als Rohstoffquelle mit aufzunehmen (Benford und Snow 2000: 624, „frame extension"). Diese Strategie wird beispielsweise gewählt, wenn argumentiert wird, dass Technologieentwicklung und Haldenrückbau positive regionalwirtschaftliche Effekte haben oder innovative Technologien überregionales und internationales Interesse für die Region wecken werden. Gerade Akteure der regionalen und lokalen Politik werden von Rohstoffwissenschaftlern mit dem Ziel adressiert, das Forschungsthema Rohstoffe zu unterstützen. Es ist zu erwarten, dass sich eine klare politische Positionierung hinsichtlich der regionalen Bedeutung des Rohstoffthemas auf Entscheidungsprozesse zu rohstoffbezogenen Fragestellungen innerhalb von Behörden auswirkt. Wie in den Analysen dargestellt, nehmen politische Akteure dabei im Rahmen der Ausübung ihrer Richtlinienkompetenz Einfluss auf behördliche Entscheidungsabläufe.

Strategien, die darauf abzielen die Interpretation von Halden als Rohstoffquellen zu stärken, adressieren auch Werte und Wertehierarchien von Akteuren und Akteursgruppen jenseits des Rohstofffeldes. So wird der Wert des Umweltschutzes angesprochen, wenn Rohstoffgewinnung mit Fragestellungen der ökologischen Sanierung verbunden wird. Der Wert des Landschaftsschutzes kommt dann besonders stark zum Tragen, wenn eine mögliche lokale Rohstoffgewinnung mit der (positiv bewerteten) Vergangenheit verbunden wird, die sich in einer von Halden geprägten Kulturlandschaft widerspiegelt. Die Bezugnahme auf diese beiden Werte scheint das Wertmuster regionaler Akteure anzusprechen und die Interpretation von Halden als Rohstoffquelle zu verstärken. Im Gegensatz dazu scheint eine exklusive Bezugnahme auf den Wert der Wirtschaftlichkeit eher dazu zu führen, dass Halden nicht als Rohstoffquelle interpretiert werden.

[15] In einzelnen Fällen bringt die lokale Politik (oder andere Akteure wie ehemalige Bergbauvereine) diese Interpretation in den regionalen Diskurs ein.

Die Verbreitung der Interpretation von Halden als Rohstoffquelle und die Unterstützung dieser Interpretation durch regionale Akteure und insbesondere die Regional- und Lokalpolitik ist für die Rohstoffforschung von Vorteil. Gleichwohl geben die Analysen auch Hinweise darauf, dass die Erfüllung regionalpolitischer Versprechungen, die in diesem Zusammenhang von Wissenschaftlern gemacht werden, von gesellschaftlichen Akteuren auch eingefordert wird. Man kann daher schlussfolgern, dass es mit einem gewissen Risiko (für Ansehen und Reputation, aber auch für künftige Forschungen) verbunden ist, wenn sich Wissenschaftler zum Beispiel für die Etablierung eines neuen Verständnisses von Bergbauhalden und Deponien aus dem rein wissenschaftlichen Feld hinausbegeben.

Die Gestaltung der Rohstoffforschung auf lokaler Ebene ist mit der Herausforderung konfrontiert, dass die Technologieentwicklung für Rohstoffgewinnung Teil gesellschaftlicher Interpretationsprozesse ist. Eine Reflexion darüber, welche Interpretationsprozesse im Forschungskontext relevant sind, kann transparent machen, welche Rolle verschiedene Akteure diesen Prozessen spielen, und welche Aspekte und Mechanismen dazu führen, dass eine bestimmte Lesart (z.B. Halde = Rohstoffquelle) von immer mehr Akteuren geteilt wird. Es sollte auch deutlich gemacht werden, dass sich Interpretationen widersprechen können und dass Akteure unterschiedliche Risiken mit den Interpretationen assoziieren. Die Auswirkungen solcher Widersprüche auf Forschungsprozesse im lokalen Anwendungskontext müssten reflektiert werden. Auf Grundlage einer solchen Reflexion können Strategien entwickelt werden, um Forschungsprozesse im gesellschaftlichen Umfeld so zu gestalten, dass gesellschaftliche Perspektiven aufgegriffen werden können.

5.3 Die Bedeutung von Vergangenheit und Abschaffung für innovative Technologieentwicklung

Zentrale Faktoren: Umstrittene Interpretationen der regionalen Bergbaugeschichte, exklusiver Fokus auf Innovation, Rolle von Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken, Interpretation der Öffentlichkeit

Insbesondere in ehemaligen Bergbauregionen Deutschlands lassen sich Narrative über die Regionalgeschichte identifizieren, die das Verständnis über die entsprechende Region und angewandte Gewinnungstechnologien und -methoden (beispielsweise Tage- oder Untertagebau) bestimmen. Solche Narrative können sich kontrovers gegenüberstehen. Sie sind entweder aufgrund von Negativerfahrungen im Zusammenhang mit vergangener Rohstoffgewinnung (z.B. Enteignungen, Umwelt- und Gesundheitsschäden) von der Ablehnung von Rohstoffgewinnung geprägt. Dabei wollen sich Akteure von jeglichem Bezug zu einer Rohstoffvergangenheit abgrenzen. Oder diese Narrative stellen die positive Erwartungshaltung von Bürgerinnen und Bürgern ehemaliger Bergbauregionen in den Vordergrund: man ist Bergbau ja schließlich gewohnt und teilweise waren Familienmitglieder am Bergbau beteiligt. An das zweite Narrativ versuchen Akteure wie Behörde, Wirtschaft, Staat und Forschung anzuknüpfen, um die heimische Gewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe zu revitalisieren. Durch diese Narrative der Vergangenheit werden Anwendungskontexte für die Technologieentwicklung beeinflusst. Beispielsweise kann ein positiver Bezug zur lokalen Geschichte Projekte in einer Region fördern, während ein negativer Bezug hohes gesellschaftliches Konfliktpotential in sich birgt.

Unternehmen und Montanuniversitäten tragen zu Narrativen bei, die positive Erwartungshaltungen gegenüber Rohstoffinitiativen (in Forschung und Industrie) annehmen. Damit nehmen diese Akteure auch Einfluss auf die Ziele der Regionalentwicklung in Bezug auf Rohstoffthemen. Das kann bedeuten, dass Personen, die sich eher einer negativen Interpretation von Rohstoffgewinnung anschließen, ausgegrenzt fühlen. Solche Ausgrenzungs- und Segregationseffekte, die durch polarisierende Interpretationen entstehen, können auch regionale Wirtschaftssektoren betreffen. Auf der einen Seite profitieren rohstoffrelevante Unternehmen sowohl von der Möglichkeit, Technologien vor Ort in der Region entwickeln zu können. Beispielsweise könnten ansässige Aufbereitungs- und Recyclingunternehmen oder verarbeitende Unternehmen an den Abbau anschließen. Auf der anderen Seite verdrängen Rohstoffprojekte immissionssensible Sektoren wie Tourismus oder Landwirtschaft. Das ist insbesondere dann virulent, wenn es sich um Sektoren handelt, die durch den Niedergang heimischer Rohstoffgewinnung erst erstarkten.

Die Analyse zeigt, dass auch Faktoren Anreize für die Technologieentwicklung bedeuten können, die eher als negativ beschrieben werden. So hat beispielsweise die Umweltgeschichte einer Rohstoffregion einen großen Einfluss auf die Einstellungen gegenüber der Rohstoffgewinnung. Umweltschäden sind durch Langzeitfolgen geprägt, die über viele Generationen hinweg bestehen, durch Industrialisierungsprozesse verstärkt wurden und teils sichtbar (z.B. veränderte Landnutzung), teils aber auch unsichtbar sind (z.B. Schwermetallbelastungen). Mit der zunehmenden Sensibilisierung für Umweltfragen seit den 1970er Jahren entstanden beispielsweise Naturschutzorganisationen, die über solche Umweltgefahren berichteten und die Öffentlichkeit darüber informierten. Paradoxerweise bieten selbst negative Umwelterfahrungen ein Möglichkeitenfenster für umweltfreundlichere, innovative Technologieentwicklung. In den Analysen wurde deutlich, dass lebensweltliche Umwelterfahrungen und Lernen Treiber innovativer Nischenbildung sind. Solche Nischen können in ehemaligen Bergbauregionen beispielsweise auf die Entwicklung von Technologien zur Gewinnung sekundärer Rohstoffe abzielen.

Aber auch Abschaffungsprozesse, die hier Exnovationen (Kimberly 1981) genannt werden, bergen Innovationspotentiale. Bergbau kam seit den 1990er Jahren in Deutschland zum Erliegen. Der dadurch ausgelöste strukturelle Wandel betraf nicht nur die Situation am Arbeitsmarkt, sondern führte auch zur Stagnation der heimischen Technologieentwicklung in diesem Bereich, da die Anwendungskontexte fehlten. Die Entwicklungen des letzten Jahrzehnts auf den internationalen Rohstoffmärkten führten allerdings zu Bemühungen, alte, noch bestehende Strukturen im Bereich der heimischen Rohstoffforschung und -industrie wiederzubeleben und Technologien zu entwickeln, die gerade für kleine, spezielle primäre und sekundäre Lagerstätten geeignet sind. Die schwindende Bedeutung von heimischer Rohstoffgewinnung setzt, so scheint es, Akteure unter Druck und stellt die Kultivierung bestimmter Traditionen oder den Erhalt von rohstoffrelevantem Wissen in ein neues Licht strategischen Praxiserhalts. Vor dem Hintergrund dieses „Überlebenskampfes“, der auf Grundlage regionaler Netzwerkstrukturen ausgetragen wird, entstehen wieder Innovationen, die das Handlungsfeld heimischer Rohstoffbeschaffung stärken. Das verdeutlicht, dass der Blick auch auf nicht als positiv gerahmte Faktoren gerichtet werden muss, wenn es darum geht, Entwicklungsdynamiken der Technologieentwicklung zu skizzieren.

5.4 Lokales Wissen – eine wichtige Ressource für die Technologieentwicklung

Zentrale Faktoren: Wissen in den Behörden und Unternehmen, Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, Interpretationen von Deponie- und Haldenrückbau, Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff

Die Bedeutung lokalen Wissens für die Entwicklung von Technologien wurde in den Analysen herausgestellt. Das Zusammenspiel der Faktoren Wissen in Behörden und Unternehmen, Rolle der Wissenschaft, Rolle der Kommunal- und Landesrohstoffpolitik, sowie Interpretationen von Deponie- und Haldenrückbau und Neuinterpretation von Abfall als Wert- und Rohstoff, gibt Hinweise sowohl auf die Entstehungsbedingungen dieses Wissens als auch auf Mechanismen seiner Einbindung in Forschungsvorhaben.

Wie im Kapitel 3.4.1 dargestellt, wird Wissen, das an Personen und Praktiken und damit an spezielle soziale und räumliche Kontexte gebunden ist, in sozialen Prozessen externalisiert und damit übertragbar gemacht. Wie in den Analysen herausgestellt werden konnte, ist gerade Wissen, das in behördlichen und unternehmerischen Praktiken gebildet wird, für die Entwicklung von Technologien wertvoll. Dieses Wissen kann nicht von Wissenschaftlern selbst in Forschungsprojekten geschaffen werden. Daher ist es für Projekte der Technologieentwicklung wichtig, vorhandene Wissensbestände in Behörden und Unternehmen aufzugreifen. Allerdings ist gerade dieses Wissen häufig nicht gut zugänglich. Es hat einerseits einen stark impliziten Charakter – es ist an Personen gebunden und in Praktiken eingeschrieben. Andererseits unterliegt dieses Wissen teilweise rechtlich manifestierten Zugangsbeschränkungen, die sich insbesondere aus Eigentumsrechten an Daten ergeben (z.B. geologische Daten über Lagerstätten, betriebsinterne Daten über Altlastenflächen). Beispiele zeigen, dass regionale und lokale Politik positiv auf die Verfügbarmachung dieses Wissens wirken kann, beispielsweise durch die Initiierung von rohstoffbezogenen Programmen und Projekten.

Eine Positionierung der regionalen Politik für Rohstoffthemen kann im Gegenzug auch auf die Genese lokalen Wissens in Verwaltung und Unternehmen wirken. Ein hoher Stellenwert der Rohstoffgewinnung und der damit verbundenen Technologieentwicklung scheint sich positiv dahingehend auszuwirken, dass gerade in behördlichen Praktiken Wissen geschaffen wird, das für die Rohstoffforschung relevant ist (Erfassung, Aufbereitung, Interpretation und Verfügbarmachung relevanter Daten). Ist die Position der Politik unklar oder wird dem Rohstoffthema kein Wert beigemessen, ist es weniger wahrscheinlich, dass entsprechende Praktiken entstehen und Wissen generiert wird.

Im Fall der sekundären Lagerstätten beeinflusst auch die Interpretation von Halden und Deponien sowie unzureichende Definitionen zentraler Begriffe in der sekundären Rohstoffgewinnung die Verfügbarkeit von lokalem Wissen. Eine Voraussetzung, um in Deponien und Halden nach Wertstoffen zu suchen und entsprechende Praktiken zur Wissensgenese in Behörden und Unternehmen zu schaffen, ist, dass diese als Rohstoffquelle und sekundäre Lagerstätten verstanden und interpretiert werden. Schlägt sich diese Interpretation und die zugrunde liegenden Konzepte von Urban Mining und sekundärer Rohstoffgewinnung schließlich in klaren Definitionen nieder, dann ist eine Wissensgenese in regionalen und lokalen Kontexten und damit verbundene Praktiken möglich. Klare Definitionen gehen sowohl auf Qualitäten von Materialien ein als auch auf zeitliche Aspekte (wie lange werden Dinge gelagert – ewig (Deponie) oder temporär (Depot)) und

auf Eigentumsverhältnisse sowie der damit verbundenen Umweltverantwortung (z.B. Zustandsstörerhaftung).

Die dargestellten Zusammenhänge führen zu zwei Schlussfolgerungen: Zum einen braucht es ausgehend von einem politischen Bekenntnis zur regionalen Rohstoffbeschaffung beziehungsweise zur Entwicklung von Rohstofftechnologien in den Regionen Ansätze und Ressourcen, um lokales Wissen in Behörden und Unternehmen für die wissenschaftliche Wissensproduktion an Universitäten und Forschungseinrichtungen zugänglich zu machen. Dafür sind Methoden und Techniken notwendig, die es ermöglichen implizites, an Personen gebundenes Wissen explizit zu machen. Ferner werden auch Instrumente benötigt, um beispielsweise Eigentumsrechte an Wissen zu prüfen und die Zugänglichkeit gegebenenfalls neu zu regeln. Zum anderen ist es gerade im Bereich der sekundären Lagerstätten nötig, Begriffe und Konzepte klar zu definieren und zu präzisieren, um eine Basis für Entscheidungen, Praktiken und weitere Regulierungen der angewandten Rohstoffforschung zu schaffen.

6 Zusammenfassung

Eine technologieorientierte Forschungspolitik ist in Deutschland eine zentrale Strategie in Reaktion auf den Wandel der globalen Rohstoffversorgung und insbesondere die wahrgenommene Kritikalität von Hightech-Metallen und Seltenen Erden (BMBF 2012). Die FONA Forschungsförderung im Bereich Rohstoffe zielt darauf ab, Technologien und Methoden für die Exploration, Gewinnung und Aufbereitung dieser Rohstoffe zu entwickeln. Die Forschung findet in Deutschland als angewandte Forschung an konkreten geologischen Lagerstätten, Bergbauhalden, Spezialdeponien und Hausmülldeponien sowie in Prozessen der Abfallaufbereitung (Recycling) statt. Angewandte Forschung bezieht daher gesellschaftliche Akteure in den Forschungsprozess mit ein (z.B. genehmigende Behörden, Eigentümer von Deponien und Halden) und schafft (positive oder negative) Ergebnisse, die direkt in der Gesellschaft wirksam werden. Aus der Anwendungsorientierung der Forschung kann geschlussfolgert werden, dass Technologieentwicklung und ihr gesellschaftlicher Kontext eng verwoben sind und sich Forschungspraktiken und gesellschaftliche Praktiken gegenseitig beeinflussen.

Ziel des vorliegenden Arbeitspapiers war eine sozialwissenschaftliche Analyse der Kontextbedingungen von Rohstofftechnologieentwicklung in Deutschland. Auf der Basis von qualitativen Interviews sowie Workshopdiskussionen und Sekundärmaterialien wie Rohstoffstrategien, wurden diese Kontextbedingungen herausgearbeitet und in Form von (Einfluss-)Faktoren dargestellt. Der für die Analyse gewählte explorative Ansatz eignet sich, um Zusammenhänge im Untersuchungsfeld zu identifizieren und bestimmte Gewinnungs- und Entwicklungskontexte in der Tiefe darzustellen. Auf dieser Grundlage konnten erste Annahmen über soziale Prozesse, gesellschaftliche Strukturen sowie über Entwicklungsdynamiken im sich schnell verändernden Feld der Rohstoffgewinnung und damit verbundener Technologieentwicklung in Deutschland getroffen werden. Sie können einen Ausgangspunkt für zukünftige sozialwissenschaftliche Forschungsarbeiten bilden.

Die Analyse hat insbesondere verdeutlicht, dass eine Trennung zwischen Rohstoffgewinnung und der dafür notwendigen Technologieentwicklung aus sozialwissenschaftlicher Sicht kaum möglich ist: die Technologieentwicklung steht in Wechselwirkung mit komplexen Dynamiken ihres gesellschaftlichen Umfeldes (ihrem Anwendungskontext). Im Ergebnis der Analysen konnte herausgestellt werden, wie diese Verbindungen beschaffen sind. Ein Hauptergebnis der Analysen ist, dass gerade lokale Entwicklungskontexte, die durch bestimmte Rollen und Interaktionsstrukturen von Akteuren, charakteristische Deutungsmuster, Wertestrukturen und Wissensbestände bestimmt werden, für die Rohstoffforschung prägend sind.

Die dargestellten Ergebnisse – die relevanten soziokulturellen und gesellschaftlichen Faktoren – tragen zum Verständnis der Kontextbedingungen von Rohstoffforschung in Deutschland bei. Zukünftige sozialwissenschaftliche Forschung kann diese Befunde zum einen mit systematisch komparativen Verfahren überprüfen. Zum anderen könnten die Sozialwissenschaften gesellschaftsrelevante Perspektiven in die Rohstoffforschung in Deutschland einbringen. Das scheint insbesondere dann wertvoll zu sein, wenn sich ganze Felder stark verändern, so wie es augenscheinlich der Fall für die Rohstoffforschung und -versorgung in Deutschland ist. Gesellschaftliche Perspektiven aufzudecken, kann zur Öffnung von Prozessen der Technologieentwicklung im Hinblick auf gesellschaftliche Ansprüche an Forschung beitragen. Auf dieser Grundlage können

Instrumente für eine akzeptable und gesellschaftlich verantwortliche Technologie- und Methodengestaltung entwickelt werden.

Derzeit ist unklar, wie sich Technologieentwicklung und Rohstoffgewinnung in Deutschland weiterentwickeln. Es deutet sich an, dass Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke wie beispielsweise das EIT RawMaterials oder GERRI zukünftig den Aktionskontext in Hinblick auf heimische Gewinnung und Entwicklung stark mitprägen werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die Rolle sozialwissenschaftlicher Forschung im Bereich der Rohstoffforschung zu stärken. Dafür, das ist eine Schlussfolgerung der Analyse, müssen sich die im Untersuchungsfeld agierenden Sozialwissenschaften die entsprechenden Fähigkeiten aneignen, mit anderen Disziplinen im Feld ergebnis- und problemorientiert zu interagieren.

Literaturverzeichnis

Ahlheit, P.; Dausien, B. (1992): Biographie – ein „modernes Deutungsmuster"? Sozialstrukturelle Brechungen einer Wissensform der Moderne. In: Meuser, M.; Sackmann, R. (Hsg.): Analyse sozialer Deutungsmuster: Beiträge zur empirischen Wissensoziologie. Pfaffenweiler: Centaurus-Verlag (Bremer soziologische Texte 5), 161-182.

Ajzen, I. (1991): The theory of planned behaviour. Organization Behaviour and Human Decision Process 50(2): 179-211.

Ajzen, I. (2001): Nature and operation of attitudes. Annual review of psychology 52(1): 27-58.

Akteursplattform Ressourceneffizienz Baden-Württemberg (2017): Akteursplattform Ressourceneffizienz Baden-Württemberg, online: https://um.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/ressourceneffizienz-und-umwelttechnik/akteursplattform-ressourceneffizienz/ (Zugriff: 19.10.2017).

Angerer, G.; Buchholz, P.; Gutzmer, J.; Hagelüken, C.; Herzig, P.; Littke, R.; Thauer, R.K.; Wellmer, F.-W. (2016): Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft, Geologie – Märkte – Umwelteinßüsse. München: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Avlonitis, G. J. (1985): The techno-economic ecology of the product elimination process. International Journal of Research in Marketing 2(3): 175-184.

Bahn, W.; Klarner, K.-H. (2012): Mansfeld-Südharz: Verdacht auf illegalen Haldenabbau. Mitteldeutsche Zeitung, 11. Januar, online: http://www.mz-web.de/sangerhausen/mansfeld-suedharz-verdacht-auf-illegalen-haldenabbau-7571068 (Zugriff: 25.07.2017).

Barteková, E.; Kemp, R. (2016): Critical raw material strategies in different world regions. UNU-MERIT Working Papers, Maastricht, online: https://www.merit.unu.edu/publications/working-papers/abstract/?id=5933 (Zugriff: 25.10.2017).

Bauer, M.W.; Bogumil, J.; Knill, C.; Ebinger, F.; Krapf, S.; Reißig, K. (2007): Modernisierung der Umweltverwaltung. Reformstrategien und Effekte in den Bundesländern. Berlin: edition sigma.

Bebbington, A. J.; Bury, J. T. (2009): Institutional challenges for mining and sustainability in Peru. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 106(41): 17296-17301.

Beier, T. (2015): Neißeaue: „Rinderkacke statt Kupferschlacke!", Görlitzer Anzeiger, 2. April, online: http://www.goerlitzer-anzeiger.de/goerlitz/gesellschaft/11940_neisseaue-rinderkacke-statt-kupferschlacke-.html (Zugriff: 19.10.2017).

Benford, R.D.; Snow, D.A. (2000): Framing Processes and Social Movements: An Overview and Assessment. Annual Review of Sociology 26: 611-639.

Bergek, A.; Berggren, C.; Magnusson, T.; Hobday, M. (2013): Technological discontinuities and the challenge for incumbent firms: Destruction, disruption or creative accumulation? Research Policy 42(6): 1210-1224.

Besley, J.C.; Nisbet, M. (2011): How scientists view the public, the media and the political process. Public Understanding of Science 22(6): 644-659.

Bijker, W.E. (2001): Understanding Technological Culture through a Constructivist View of Science, Technology, and Society. In: Cutcliffe, S.H.; Mitcham, C. (Hsg.): Visions of STS Counterpoints in Science, Technology, and Society Studies. New York: SUNY Press, 18-34.

BIOMOre (2017): New Mining Concept for Extracting Metals from Deep Ore Deposits using Biotechnology, online: http://www.biomore.info/home/(Zugriff: 12.10.2017).

Bleicher, A.; David, M. (2015): Keine Angst vor der Öffentlichkeit – Beteiligungen im Rahmen der Energie- und Rohstoffgewinnung in Deutschland. In: Institut für Markscheidewesen und Geodäsie u.a. (Hsg.): Tagungsband Bergbau, Energie und Rohstoffe 2015. Nossen: Wagner Digitaldruck, 44-58.

Bleicher, A.; Gross, M. (2016): Geothermal heat pumps and the vagaries of subterranean geology: Energy independence at a household level as a real world experiment. Renewable and Sustainable Energy Reviews 64: 279-288.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2012): Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland, online: https://www.fona.de/mediathek/pdf/Wirtschaftsstrategische_Rohstoffe_barrierefrei_neu.pdf (Zugriff: 05.08.2017).

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Bekanntmachung zur Fördermaßnahme „r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe", online: https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-870.html (Zugriff: 12.10.2017).

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2010): Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen, online: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Downloads/R&E_Rohstoffstrategie.pdf;jsessionid=A65EE6B8E8FA72631E73B70708655E3B.1_cid321?__blob=publicationFile&v=1 (Zugriff: 12.10.2017).

Bogner, A.; Kastenhofer, K.; Torgersen, H. (2013): Antizipierte Technikkontroversen als Governance-Problem. In: Grießler, E.; Rohracher, H. (Hsg.): Genomforschung – Politik – Gesellschaft: Perspektiven auf ethische, rechtliche und soziale Aspekte der Genomforschung (Österr. Zeitschrift für Soziologie – Sonderhefte, Bd. 8). Wiesbaden: VS, 69-98.

Brandt, E. (1993): Altlasten. Bewertung. Sanierung. Finanzierung. Taunusstein: Eberhard Plottner Verlag.

Bundesamt für Naturschutz (2011): Schwermetallrasen (Violetea calaminariae), online: https://www.bfn.de/0316_typ6130.html (Zugriff: 14.08.2017).

Burt, R.S. (1997): The contingent value of social capital. Administrative science quarterly 42(2): 339-365.

Büttner, P.; Osbahr, I.; Luhmer, R.; Pilz, C.; Uhlig, S.; Leißner, T.; Pätzold, C.; Scheel, M.; Jahns, C.; Martin, M.; Gutzmer, J. (2016): SMSB – Gewinnung strategischer Metalle und Mineralien aus sächsischen Bergbauhalden. In: Dürkoop, A.; Brandstetter, C.; Gräbe, G.; Rentsch, L. (Hsg.): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Ergebnisse der Fördermaßnahme r³, 345-360.

Callon, M.; Lascoumes, P.; Barthe, Y. (2009): Acting in an uncertain world. An essay on technical democracy. Cambridge: MIT Press.

Carolan, M.S. (2007): The precautionary principle and traditional risk assessment: rethinking how we assess and mitigate environmental threats. Organization & Environment 20(1): 5-24.

Chambers, D.W.; Gillespie, R. (2000): Locality in the history of science: Colonial science, technoscience, and indigenous knowledge. Osiris 15: 221-240.

Chilvers, J.; Kearnes, M. (2015): Science, democracy and emergent publics. In: Chilvers, J.; Kearnes, M. (Hsg.): Remaking Participation. Science, environment and emergent publics. London: Routledge, 1-28.

Clark, P.A.; Staunton, N. (1989): Innovation in Technology and Organization. Routledge.

Clausen, U.; Meyer, P.; Nikel, A.; Patschlau, H. (2007): Von der Abfall- zur Ressourcenlogistik. Müll und Abfall 5: 228-236.

David, M.; Wallkamm, M; Bleicher, A. (2017a) Die Rohstoffversorgung für die Energiewende: Nicht nur auf technologische Lösungen setzen! GAIA 26 (2): 84-88.

David, M.; Wallkamm, M.; Bleicher, A. (2017b): Resource extraction technologies – is a more responsible path of development possible? Perspectives on Global Development and Technology, 16(4): 367-391.

Desheng, G. (2004): The development tendency of mining science and technology of underground metal mine. Gold 25(1): 18-22.

Dominok, M. (2007): Strafrechtliche Unterlassungshaftung von Amtsträgern in Umweltbehörden. Die Nichtrücknahme fehlerhafter Genehmigungen – dargestellt am Beispiel des § 324 StGB. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

EFS GmbH – Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH (2017): online: http://www.efs-nha.de/ (Zugriff: 14.08.2017).

EIT RawMaterials (2017): About us, online: https://eitrawmaterials.eu/about-us/ (Zugriff: 11.10.2017).

Europäische Kommission (2010): Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Raw Materials Supply Group, Brussels, online: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/system/files/ged/79%20report-b_en.pdf (Zugriff 10.10.2017).

Exner, A.; Held, M.; Kümmerer, K. (2016): Einführung: Kritische Metalle in der Großen Transformation. In: Exner, A.; Held, M.; Kümmerer, K. (Hsg.): Kritische Metalle in der Großen Transformation. Heidelberg: Springer, 1-16.

Felt, U. (2015): The temporal choreographies of participation: thinking innovation and society from a time-sensitive perspective. In: Chilvers, J.; Kearnes, M. (Hsg.): Remaking Participation. Science, environment and emergent publics. London: Routledge, 178-198.

Fisher, E.; O'Rourke, M.; Evans, R.; Kennedy, E.; Gorman, M.; Seager, T. (2015): Mapping the integrative field: taking stock of socio-technical collaborations. Journal of Responsible Innovation 2(1): 39-61.

Fricke, K.; Münnich; K.; Rettenberger, G.; Heußner, C.; Krüger, M.; Rakete, M.; Schulte, B.; Wanka, S. (2012): Landfill Mining – ein Beitrag der Abfallwirtschaft für die Ressourcensicherung. KA Abwasser, Abfall 59(10): 953-958.

Gamson, W.A. (1992): Talking Politics. New York: Cambridge University Press.

Gandenberger, C. (2016): Explorative Analyse der Zielbeziehungen zwischen Ressourceneffizienz und Versorgungssicherheit. RohPolRess, Fraunhofer ISI.

Gandenberger, C.; Glöser, S.; Marscheider-Weidemann, F.; Ostertag, K.; Walz, R. (2012): Die Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Roh- und Werkstoffen für Hochtechnologien – Präzisierung und Weiterentwicklung der deutschen Rohstoffstrategie. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

GERRI – German Resource Research Institute (2017): GERRI – German Resource Research Institute, online: https://www.gerri-germany.org/ (Zugriff: 02.11.2017).

Ghose, A.K. (2009): Technology vision 2050 for sustainable mining. Procedia Earth and Planetary Science 1(1): 2-6.

Gilovich, T.; Griffin, D. (2002): Introduction-heuristics and biases: Then and now. In: Gilovich, T.; Griffin, D.; Kahneman, D. (Hsg.): Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment. Cambridge University Press, 1-18.

Giurco, D.; McLellan, B.; Franks, D.M.; Nansai, K.; Prior, T. (2014): Responsible mineral and energy futures: views at the nexus. Journal of Cleaner Production 84: 322-338.

Glaser, B.G.; Strauss, A.L. (1967): The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research. Chicago IL: Aldine.

Goffman, E. (1974): Frame Analysis. An Essay on the Organization of Experience. Boston: North Eastern University Press.

Goldmann, D. (2010): Recycling als Beitrag zur Rohstoffsicherung – neue strukturelle und technologische Herausforderungen. Chemie Ingenieur Technik 11: 1851-1860.

Goldmann, D. (2016): Transdiziplinäre Forschung und breite Verbünde aus Industrie und Forschungseinrichtungen als Antwort auf neue Herausforderungen. Akademie für Geowissenschaften und Geotechnologien Veröffentlichungen 31: 55-58.

Goudsblom, J. (1977): Sociology in the Balance, A Critical Essay. Columbia University Press.

Gouthro, M.B.; Palmer, C. (2010): Pilgrimage in Heritage Tourism: Finding meaning and identity in the industrial past. In: Conlin, M.V.; Lee J. (Hsg.): Mining heritage and tourism: A global synthesis. Routledge, 33-43.

Gross, M.; Mautz, R. (2015): Renewable Energies. Routledge.

Guston, D.H. (2008): Yearbook of Nanotechnology in Society. Heidelberg: Springer.

Held, M.; Schindler, J. (2018): All Metals Age – nicht nur für die Energiewende werden alle Elemente des Periodensystems gebraucht. GAIA 27(1) (forthcoming).

Hidalgo, M.C.; Hernández, B. (2001): Place Attachment: Conceptual And Empirical Questions. Journal of Environmental Psychology 21(3): 273-281.

Jacob, K.; Werland, S.; Münch, L. (2013): Analyse der Debatten der Ressourceneffizienzpolitik in Deutschland: Erwartungen, Positionen und Konflikte der Ressourcenpolitik. Debattenanalyse 5.2 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess), online: http://www.ressourcenpolitik.de/wp-content/uploads/2013/04/PolRess_ZB_AP5-AS-5.2-Debattenanalyse-Ressourceneffizienzpolitik_final.pdf (Zugriff: 07.12.2017).

Johannson, N.; Krook, J.; Eklund, M.; Berglund, B. (2013): An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy. Journal of Cleaner Production 55(15): 35-44.

Jordan, G.; Halpin, D. (2004): Olson triumphant? Recruitment strategies and the growth of a small business organisation. Political Studies 52(3): 431-449.

Kimberly, J.R. (1981): Managerial innovation. In: Nystrom, P.C.; Starbuck, W.H. (Hsg.): Handbook of Organizational Design. Oxford University Press, 84-104.

Krüger, M.; Becker, B.; Münnich, K.; Sprengler, T.; Knappe, F.; Dehoust, G. (2016): TönsLM – Entwicklung innovativer Verfahren zur Rückgewinnung ausgewählter Ressourcen aus Siedlungsabfalldeponien. In: Dürkoop, A.; Brandstetter, C.; Gräbe, G.; Rentsch, L. (2016): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Ergebnisse der Fördermaßnahme r³, 253-270.

Kuhn, T. (1970): The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press.

Lanke, A. (2014): Mine Production Index – Development and Application. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, Sweden.

Liessmann, W. (2010): Historischer Bergbau im Harz. 3rd ed., Springer.

Limoges, C. (1993): Expert knowledge and decision-making in controversy contexts. Public Understanding of Science 2(4): 417-426.

Linz, M. (2015): Suffizienz als politische Praxis: ein Katalog. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, online: https://epub.wupperinst.org/files/5735/WS49.pdf (Zugriff: 13.09.2017).

Livingstone, D.N. (2010): Putting science in its place: geographies of scientific knowledge. University of Chicago Press.

Lorenzen, J.-M.; Zifonun, D. (2011): Mentoring − Zwischen ehrenamtlichem Engagement und professioneller Sozialer Arbeit. eNewsletter Wegweiser Bürgergesellschaft 01/2011 vom 21.01., online: http://www.wegweiser-buergergesellschaft.de/fileadmin/pdf/gastbeitrag_lorenzen_zifonun_110121.pdf (Zugriff: 14.8.2017).

Marot, N.; Mali, B.C. (2012): Using Potentials of Post-Mining Regions–A Good Practice Overview of Central Europe. In: Wirth, P.; Mali, B.C.; Fischer, W. (Hrsg.): Post-Mining Regions in Central Europe-Problems, Potentials, Possibilities. München: Oekom, 130-147.

Martens, P.N.; Lehnen, F.; Winter, B. (2014): Raw materials efficiency in mining. Instruments to increase efficiency in the extraction of raw materials. Mining Report 150(5): 289-295.

Melcher, F. (2014): Kritische Hochtechnologiemetalle – Verfügbarkeit in der EU mit Fokus auf Österreich. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 159(10): 406-410.

Mitchell, M.A.; Taylor, R.D.; Tanyel, F. (1998): Product elimination decisions: a comparison of American and British manufacturing firms. International Journal of Commerce and Management 8(1): 8-27.

Montgomery-Hunter, K. (1991): Doctors' Stories – The Narrative Structure of Medical Knowledge. Princeton University Press, Princeton.

Montgomery-Hunter, K. (2006): How Doctors Think: Clinical Judgement and the Practice of Medicine. Oxford University Press.

Morgan, D.L. (1996): Focus Groups. Annual Review of Sociology 22(1): 129-152.

Morgan, D.L. (1997): Focus Groups as qualitative research. New York: Sage Publications.

Müller, S.; Herrmann, R.A. (1999): Inszenierter Fortschritt – die Emscherregion und ihre Bauausstellung. Bielefeld: AKP.

Neidhardt, F. (1993): The public as a communication system. Public Understanding of Science 2(4): 339-350.
Nonaka, I. (2008): The knowledge-creating company. Brighton: Harvard Business Review Press.
Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995): The Knowledge-Creating Company − How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press.
Ntebutse, J.G.; Croyere, N. (2016): Interest and value of the phenomenological narrative: a dicovery of logic and rigor. Revue Recherche en soins infirmiers 14(124): 28-38.
Nühlen, J.; Mrotzek-Blöß, A.; Denk, M.; Gläßler, C.; Algermisse, D.; Mudersbach, D.; Teuwsen, S.; Müterthies, A. (2016): REStrateGIS – Konzeption und Entwicklung eines Ressourcenkatasters für Hüttenhalden durch Einsatz von Geoinformationstechnologien und Strategieentwicklung zur Wiedergewinnung von Wertstoffen. In: Dürkoop, A.; Brandstetter, C.; Gräbe, G.; Rentsch, L. (2016): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Ergebnisse der Fördermaßnahme r³, 311-328.
Obstfeld, D. (2005): Social networks, the tertius iungens orientation, and involvement in innovation. Administrative Science Quarterly 50(1): 100-130.
Owen, J.R.; Kemp, D. (2013): Social License and Mining: A Critical Perspective. Resources Policy 38: 29-35.
Paasi, A. (2003): Region and place: regional identity in question. Progress in human geography 27(4): 475-485.
Pellizzone, A.; Allansdottir, A.; De Franco, R.; Muttoni, G.; Manzella, A. (2017): Geothermal energy and the public: A case study on deliberative citizens' engagement in central Italy. Energy Policy 101: 561-570.
Podolny, J.M.; Baron, J.N. (1997): Resources and relationships: Social networks and mobility in the workplace. American Sociological Review, 673-693.
Poggendorf, C.; Rüpke, A.; Gock, E.; Saheli, H.; Kuhn, K.; Martin, T.; Noell, U.; Rammlmair, D.; Doetsch, P. (2016): ROBEHA – Nutzung des Rohstoffpotenzials von Bergbau- und Hüttenhalden am Beispiel des Westharzes. In: Dürkoop, A.; Brandstetter, C.; Gräbe, G.; Rentsch, L. (Hsg.): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Ergebnisse der Fördermaßnahme r³, 345-360.
Pohl, C.; Hirsch Hadorn, G. (2007): Principles for designing transdisciplinary research. München: Oekom.
Poole, M.S.; Van de Ven, A.H.; Dooley, K.; Holmes, M.E. (2000): Organizational Change and Innovation Processes, Theory and Methods for Research. Oxford: University Press.
RECYCLING magazine (2016): Rückgang der Recyclingquote befürchtet. In: RECYCLING magazin, online: https://www.recyclingmagazin.de/2016/04/15/rueckgang-der-recyclingquote-befuerchtet/ (Zugriff, 20.7.2017).
Rewimet (2017): Rewiment, online: http://www.rewimet.de/ (Zugriff: 24.10.2017).
Rezsohazy, R. (2001): Sociology of Values. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. New York: Springer, 16153-16158.
ROHSA 3 (2017): Projektorganisation – Projektpartner, online: https://www.rohsa.sachsen.de/41935.htm (Zugriff: 24.10.2017).
Runge, K.; Wachter, T. (2011): Aspekte aus Umweltsicht. In: Beck, H.-P.; Schmidt, M. (Hsg.): Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke. Göttingen: Cuvillier Verlag, 635-742.
Schulz, M. (2012): Quick and easy!? Fokusgruppen in der angewandten Sozialwissenschaft. In: Schulz, M.; Mack, B.; Renn, O. (Hsg.): Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 9-23.
Schwartz, S.H. (2012): An overview of the Schwartz theory of basic values. Online readings in Psychology and Culture 2(1): 11.
SEEsand (2017): Projektwebseite, online: https://www.r4-innovation.de/de/seesand.html (Zugriff: 24.10.2017).

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007): Umweltverwaltungen unter Reformdruck Herausforderungen, Strategien, Perspektiven. Sondergutachten, Berlin: E. Schmidt.
Strauss, A.L.; Corbin, J. (1990): Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques. London: Sage.
Strohmeier, G. (2014): Lokales Wissen, Sprache und Landschaft – Transdisziplinäre Forschung im Kärntner Lesachtal. In: Dressel, G.; Berger, W.; Heimerl, K.; Winiwarter, V. (Hsg.): Interdisziplinär und Transdisziplinär Forschen. Bielefeld: transcript.
Strong, B. (2007): Strategic planning for technological change. Educause Quarterly 30(3): 48-51.
Suldovsky, B. (2016): In science communication, why does the idea of the public deficit always return? Exploring key influences. Public Understanding of Science 25(4): 415-426.
Tiess, G. (2009): Rohstoffpolitik in Europa: Bedarf, Ziele, Ansätze. Springer.
Turnheim, B.; Geels, F.W. (2013): The destabilisation of existing regimes: Confronting a multi-dimensional framework with a case study of the British coal industry (1913 – 1967). Research Policy 42(10): 1749-1767.
Wagenbreth, O.; Wächtler, E.; Becke, A.; Douffet, H. (1990): Bergbau im Erzgebirge, Technische Denkmäler und Geschichte. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
Weingart, P. (1998): Science and the media. Research Policy 27(8): 869-879.
Welsh, I.; Wynne, B. (2013): Science, Scientism and Imaginaries of Publics in the UK: Passive Objects, Incipient Threats. Science as Culture 22(4): 540-566.
Werland, S. (2012): Rohstoffknappheit. Debattenanalyse 5.1 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess), online: http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCS_derivate_000000003605/PolRess_AP5_Debattenanalyse_Rohstoffknappheit_FFU.pdf (Zugriff: 07.12.2017).
Wester-Herber, M. (2004): Underlying concerns in land-use conflicts – the role of place-identity in risk perception. Environmental Science & Policy 7(2): 109-116.
Williams, L.; Macnaghten, P.; Davies, R.; Curtis, S. (2017): Framing 'fracking': Exploring public perceptions of hydraulic fracturing in the United Kingdom. Public Understanding of Science 26(1): 89-104.
Wilmanns, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. Heidelberg, Wiesbaden: Quelle und Meyer Verlag.
Wismut GmbH (2017): Benutzungsordnung und ergänzende Bestimmungen für die Nutzung des Archivs der Wismut GmbH, online: http://www.wismut.de/de/download.php?download=Benutzungsordnung_Archiv.pdf (Zugriff: 10.10.2017).
Wynne, B. (1993): Public uptake of science: A case for institutional reflexivity. Public Understanding of Science 2(4): 321-337.
zebralog und UfU (2015): Aufbereitung der Ergebnisse des Bürgerdialogs „GesprächStoff: Ressourcenschonend leben", online: https://www.gespraechstoff-ressourcen.de/sites/default/files/downloads/Aufbereitung%20der%20Ergebnisse%20Gespr%c3%a4chstoff%2020160219b.pdf (Zugriff: 25.10.2017).