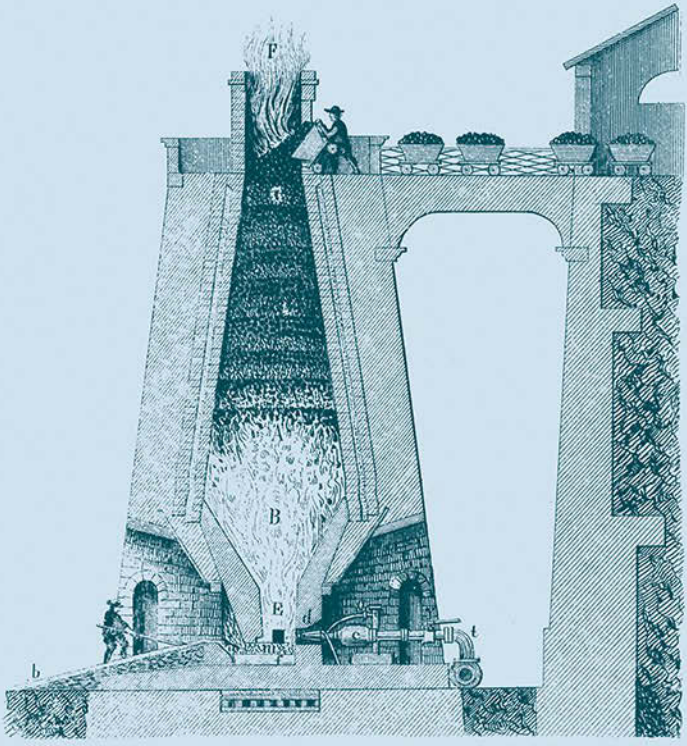
Sebastian Haumann

KALKSTEIN ALS »KRITISCHER« ROHSTOFF

Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930



[transcript] Umwelt- und Klimageschichte

Sebastian Haumann
Kalkstein als »kritischer« Rohstoff

Umwelt- und Klimageschichte | Band 2

Sebastian Haumann (PD Dr.), geb. 1981, lehrt Neuere Geschichte an der Technischen Universität Darmstadt. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Umwelt- und Technikgeschichte sowie die Stadtgeschichte.

Sebastian Haumann

Kalkstein als »kritischer« Rohstoff

Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930

[transcript]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© 2020 transcript Verlag, Bielefeld

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwertung der Texte und Bilder ist ohne Zustimmung des Verlages urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt auch für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für die Verarbeitung mit elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Maria Arndt, Bielefeld
Umschlagabbildung: Carl Hartmann: Atlas zu dem Handbuche der Bergbau- und Hüttenkunde, Weimar: Voigt 1858, Taf. XLII.
Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar
Print-ISBN 978-3-8376-5240-6
PDF-ISBN 978-3-8394-5240-0
https://doi.org/10.14361/9783839452400

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.
Besuchen Sie uns im Internet: *https://www.transcript-verlag.de*
Unsere aktuelle Vorschau finden Sie unter *www.transcript-verlag.de/vorschau-download*

Inhalt

Vorwort 9

1. Einleitung 11
Rohstoffe historisieren: Thesen zu Kalkstein als »kritischem« Rohstoff 14
Rohstoffe und Praktiken: Zum konzeptionellen Ansatz 22
Rohstoffgeschichte rekonstruieren: Die Quellengrundlage 29
Kalkstein an Rhein und Ruhr: Stoffgeschichte einer historischen Transformation 32

2. Herausforderungen der Kokshochofentechnologie 37
Technologische Rückständigkeit als Problem 37
Die Zusammenstellung von Rohstoffen 41
Der Aufbau von Kokshochöfen an Rhein und Ruhr 49

3. Geologische Aufnahmen, Versuche und die Kontur des Rohstoffs 53
Die Konstruktion geoglogischer Ähnlichkeit 53
Versuche mit devonischen Gesteinsarten 59
Geologische Praktiken und das Wissen über Kalksteinvorkommen 63
Die Auflösung frühneuzeitlicher Rechtskonstruktionen 70
Von geologischen Kategorien zum chemisch homogenen Zuschlagsmaterial 76

4. Angepasste Produktionsverfahren 83
Die Eintrachtshütte und der Kalkstein aus dem Neandertal 83
Kalkstein als kompensatorisches Element 90
Ein Muster und seine Verbreitung 92

5. Schließungsprozesse und Selbstbindungen 99
Selbstbindung als Optimierung 100
Chemische Normierung 104
Die Verfestigung räumlicher Beziehungen 110
Investitionen – Kosten – Preise 113

6. Von der »Bessemerei« zum »Thomasieren« 123
Probleme mit Phosphor 124
Versuche mit Dolomit 130
Der Rückgriff auf bekannte Muster 133
Interdependente Stoffströme und die partielle Substitution von Kalkstein 139

7. Versorgungsrisiken und vertikale Integration 147
Die Konstruktion von Versorgungsrisiken 147
Die Rheinisch-Westfälischen Kalkwerke 152
Vom Nutzen der Monopolisierung 155
Gegentendenzen 159
Thyssens Rheinische Kalksteinwerke 165
Die Erosion des Versorgungsrisikos 172

8. Ausweitung des Kalksteinabbaus 177
Spekulationen über einen neuen Abbauort 177
Grunderwerb und die Identifikation neuer Kalksteinvorkommen 181
Wissen und Interessen auf dem Bodenmarkt 189
Umkämpfte Transportbeziehungen 199
Die neuen Abbauorte 203

9. Mechanisierung der Steinbrüche 207
Arbeit in den Steinbrüchen 207
Sprengen und Bohren 210
Infrastruktursysteme 217
Rationalisierung und der Erste Weltkrieg 225
Mechanisierung als Faktor der raumgreifenden Expansion 230

10. Gefahren und Arbeitssicherheit 239
Unfälle im Steinbruch 240
Wenn das Sprengen missglückte 245
Die »Natur« der Gefahr 249
Arbeitssicherheit und die Vorschriften der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft 254

11. Soziale und ökologische Folgen 259
Polizeiverordnungen und lokale Überwachung 260
Zwischen Nachbarschaftskonflikten und Eigentumsschäden 267
Schadensregulierung 273
Gefahrenräume 277
Wasserhaushalt und Landschaftsveränderung 282

12. Renaturierung 289
Die Steinbruchlandschaft als Naturschutzgebiet 290
Begrünung und Landschaftsplanung 297

13. Schlussbemerkungen 305
Spielräume und Kreativität 306
Selbstbindungen und transformative Reflexion 312
Ökologische Folgen und Umweltgerechtigkeit 317
Ausblick auf die Zukunft der Rohstoffgeschichte 320

Quellen- und Literaturverzeichnis 325
Archivalien 325
Publizierte Quellen 327
Literaturverzeichnis 334

Vorwort

Eigentlich hätte dies ein Buch über die Kulturgeschichte des Bodenmarktes werden sollen. Ein Tipp von Christoph Bernhardt, sich große Bodeneigentümer, wie zum Beispiel Bergbaugesellschaften, anzuschauen, verhinderte das letztlich. Gleichzeitig gehörte Christoph Bernhardt auch zu denjenigen, die mich schon zuvor auf die Herausforderungen der »Materialität« in den Geschichtswissenschaften aufmerksam gemacht haben. Gerade in der Stadt- und Umweltgeschichte, wie sie mein Doktorvater Dieter Schott geprägt hat, war und ist die Frage nach den materiellen Eigenschaften und Dynamiken von Stoffen, Ökosystemen und Infrastrukturen ein Kernproblem. Gleichzeitig haben mich Martin Knoll und Paul Gebelein unabhängig voneinander davon überzeugt, sich soziale Praktiken als Analyseeinheiten anzuschauen. So wurde aus der Idee, ein Buch zum Bodenmarkt zu schreiben, schließlich eine praxeologische Studie über die »Materialität« eines bergbaulich gewonnenen Rohstoffs.

Mit der Zeit entwickelte sich mein Projekt in einem Feld, das wir heute fast selbstverständlich als Stoffgeschichte bezeichnen. Entscheidende Impulse kamen von Verena Winiwarter, Tim LeCain, Chris Otter und Jens Soentgen. Ebenso wichtig war der intensive Austausch mit denjenigen, die mit mir gemeinsam in dieses Forschungsfeld hineinwuchsen und es weiterentwickelten: Nora Thorade, Christian Zumbrägel, Lars Bluma, Frank Uekötter, Eva Roelevink, Stefanie Gänger, Elena Kochetkova, Matthias Heymann, Jiří Janáč und viele weitere, die in diesem Umfeld aktiv sind. Das schöne an der Stoffgeschichte ist, dass sie verschiedene Teilbereiche der Geschichtswissenschaft verbindet. Auch dieses Buch hat davon profitiert, dass ich meine Ideen mit Kolleginnen und Kollegen diskutieren durfte, die aus der Umwelt-, Technik-, Wirtschafts- und Wissensgeschichte kommen: neben den bereits genannten insbesondere Heike Weber, Peter Kramper, Tim Soens, Corey Ross, Frank Veraart, Ansgar Schanbacher, Helge Wendt, Heiko Stoff, Bernd Grewe, Ole Sparenberg, Juliane Czierpka, Dieter Ziegler und Helmut Maier. Die Kommentare von Achim Landwehr, Marian Füssel und Lucas Haasis haben mich darin bestärkt, meine Stoffgeschichte des Kalksteins aus praxeologischer Perspektive zu schreiben.

Während andere Globalgeschichte machten, führte mich die Stoffgeschichte des Kalksteins an die Orte meiner Kindheit und in die Archivlandschaft Nordrhein-Westfalens. Dass es überhaupt möglich war, die Geschichte der weltgrößten Abbaustätten dieses für die Industrialisierung essentiellen Rohstoffs im Neandertal, Dornap und Wülfrath zu rekonstruieren, verdanke ich der Aufgeschlossenheit von Thomas Werner, Harry Schuller und Hans-Joachim Czerwonka, die für mich das unerschlossene Archiv der Firma Rheinkalk öffneten und mir nebenbei vieles über den Alltag in diesem Geschäftsfeld erklärten. Ein Großteil der Arbeit basiert auf diesen Beständen. Auch die Archivarinnen und Archivare in den zahlreichen großen und kleinen Landes-, Kommunal- und Firmenarchiven haben mit ihrer Unterstützung entscheidend zum Gelingen beigetragen. Diese Recherchen hat die Fritz Thyssen Stiftung großzügig finanziell gefördert. Besonders gefreut hat mich die Einladung als Scholar-in-Residence an die Eisenbibliothek in Schlatt, wo Franzisa Eggimann und Florian Ruhland mir den Zugang zu publizierten Quellen ermöglicht haben, die ich sonst womöglich nie gefunden hätte.

Einen entscheidenden Anteil daran, dass dieses Buch entstehen konnte, hatten die Kolleginnen und Kollegen am Institut für Geschichte der TU Darmstadt, wo eine frühere Version des Buches 2017 als Habilitationsschrift angenommen wurde. Das besondere an diesem Institut ist die uneingeschränkte Unterstützung über die Lehrstühle hinweg. Die kritischen Anregungen von Mikael Hård haben mir geholfen, meinen Ansatz immer wieder zu hinterfragen und Jens Ivo Engels hat mich darin bestärkt, die Relevanz des Rohstoffs Kalkstein im größeren Kontext der Umweltgeschichte zu suchen. Martina Heßlers Kommentare haben vor allem in der letzten Phase des Projekts noch zu einer deutlichen Schärfung der Argumentation beigetragen. Stellvertretend für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts, mit denen mich über die Jahre viele freundschaftliche Beziehungen verbinden, möchte ich Detlev Mares danken, der auch einzelne Kapitel aufmerksam kommentiert hat. Nina Göttmann und Celina Schneider haben es auf sich genommen, das Manuskript gründlich zu lesen und mich auf Fehler und Unklarheiten hinzuweisen. Besonders dankbar bin ich Dieter Schott, der (nicht nur) dieses Projekt von Anfang bis zum Ende gefördert und begleitet hat.

Darmstadt, im Juli 2020

1. Einleitung

Der tiefgreifende technologische, wirtschaftliche, soziale, kulturelle und ökologische Umbruch der Industrialisierung basierte auf der neuartigen Nutzung von Rohstoffen. Steinkohle ersetzte Holz als Brennstoff und schuf die Grundlage für das »fossile« Energiesystem, das thermische, mechanische und schließlich auch elektrische Energie in bisher unbekanntem Umfang zur Verfügung stellte.[1] Mit der Baumwollverarbeitung entstand das Fabriksystem und eine globale Arbeitsteilung, bei der die industrielle Wirtschaftsmacht Nordwesteuropas auf Kosten anderer Weltteile expandierte.[2] Neue metallurgische Verfahren ermöglichten es, Eisenerze aufzuarbeiten und zu Stahl weiterzuverarbeiten, um daraus Maschinen und Anlagen zu konstruieren und vor allem das Eisenbahnsystem auszubauen.[3] All diese Veränderungen, die aus der Nutzung von Rohstoffen resultierten, gehörten zu den wichtigsten Voraussetzungen für die industrielle Entwicklung seit dem 18. Jahrhundert.

Heute scheinen, wie vor zwei Jahrhunderten, wieder Rohstoffe im Zentrum gesellschaftlicher Entwicklungsmöglichkeiten zu stehen. Insbesondere den sogenannten »kritischen« Rohstoffen wird eine ähnliche historische Bedeutung zugeschrieben wie Steinkohle, Baumwolle oder Eisenerzen für die Industrialisierung.[4] Seltene Erden, die in Akkus und Magneten verwendet werden, gelten als Schlüs-

1 Vgl. Sieferle, Rolf Peter: Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution, München 1982; Wrigley, Edward A.: Energy and the English Industrial Revolution, Cambridge 2010.

2 Vgl. Beckert, Sven: King Cotton. Eine Geschichte des globalen Kapitalismus, München 2014.

3 Vgl. Hyde, Charles K.: Technological Change and the British Iron Industry, 1700-1870, Princeton, NJ 1977; Rasch, Manfred (Hg.): Der Kokshochofen. Entstehung, Entwicklung und Erfolg von 1709 bis in die Gegenwart, Essen 2015.

4 Vgl. Vikström, Hanna: Risk or Opportunity? The Extractive Industries' Response to Critical Metals in Renewable Energy Technologies, 1980-2014, in: The Extractive Industries and Society 7 (2020), S. 20-28; Haumann, Sebastian: »Kritische Rohstoffe«, in: Engels, Jens Ivo (Hg.): Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um Kritische Infrastrukturen, Bielefeld 2018, S. 97-122.

sel zur Energiewende und Entwicklung »grüner« Technologien schlechthin.[5] Stoffe wie Indium, die in Flachbildschirmen und Touchscreens verarbeitet werden, sind entscheidend für die Weiterentwicklung von Informations- und Telekommunikationstechnologien. Diese Rohstoffe, so die 2008 von der EU-Kommission eingesetzte Working Group on Defining Critical Raw Materials, seien »essential for our way of life« im 21. Jahrhundert.[6] Ihre Funktion in den relevanten Wertschöpfungsketten vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt macht sie »kritisch«. Sie sind unverzichtbar, da sie die Weiterverarbeitung in den aufeinander aufbauenden Produktionsschritten ermöglichen und ihr Fehlen im Umkehrschluss die Wertschöpfungskette unterbrechen würde.[7] Dadurch bringt die Nutzung dieser Rohstoffe auch Probleme mit sich. Zum einen entstehen Abhängigkeiten von Förderländern, die den Abbau monopolisieren.[8] Das erhöht das Risiko von Versorgungsengpässen, die die zukünftige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung zu beeinträchtigen drohen.[9] Zum anderen hat die Gewinnung »kritischer« Rohstoffe an den Orten, an denen sie abgebaut und aufbereitet werden, oft verheerende soziale und ökologische Auswirkungen. Das komplexe Verhältnis von Zukunftstechnologien und den ökologischen Kosten der dafür notwendigen Rohstoffgewinnung ist ein zentrales Problem aktueller Nachhaltigkeitskonzepte.[10]

Im 19. und frühen 20. Jahrhundert war Kalkstein ein Rohstoff, der viele der gegenwärtig diskutierten »kritischen« Merkmale aufwies. Insbesondere in der nach 1850 stark expandierenden Eisenindustrie an Rhein und Ruhr, die in dieser Studie im Mittelpunkt steht, wurde das Gestein für die Hüttenwerke innerhalb weniger

5 Vgl. Marschall, Luitgard/Holdinghausen, Heike: Seltene Erden. Umkämpfte Rohstoffe des Hightech-Zeitalters, München 2017.

6 EU Commission Ad hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials: Report on Critical Raw Materials for the EU, 2014, S. 7.

7 Vgl. Haumann, Sebastian: Towards a Historical Understanding of Critical Raw Materials. Suggestions from a History of Technology Perspective, in: Gaia 27 (2018), S. 373-378; EU Commission Ad hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials: Report on Critical Raw Materials, 2010, S. 24.

8 Vgl. Ingulstad, Mats: The Interdependent Hegemon. The United States and the Quest for Strategic Materials during the Early Cold War, in: International History Review 37 (2015), S. 59-79.

9 Vgl. Blengini, G.A./Blagoeva, D./Dewulf, J. u.a.: Assessment of the Methodology for Establishing the EU List of Critical Raw Materials. Background Report, Luxemburg 2017.

10 Vgl. Exner, Andreas/Held, Martin/Kümmerer, Klaus (Hg.): Kritische Metalle in der Großen Transformation, Berlin 2016; Tuma, Axel/Reller, Armin: Nachhaltige Ressourcenstrategien in Unternehmen. Identifikation kritischer Rohstoffe und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Umsetzung einer ressourceneffizienten Produktion, Augsburg 2014; Schmidt, Claudia: Entscheidungen im Alltag. Stoffgeschichten und Kritikalitätsbewertungen, in: Müller, Markus M. (Hg.): Nachhaltigkeit neu denken. Rio + X – Impulse für Bildung und Wissenschaft, München 2014, S. 167-172.

Jahre zum unverzichtbaren Zuschlagsstoff für die Herstellung von Roheisen. Zuschläge dienten und dienen im Verhüttungsprozess zum einen dazu, Unreinheiten und unerwünschte Bestandteile der verschmolzenen Eisenerze zu binden. Zum anderen kann durch die Zugabe von Zuschlägen der Schmelzprozess kontrolliert werden, etwa die Hitzeentwicklung oder die Viskosität der geschmolzenen Masse.[11] Allerdings verwendeten Hüttenleute dafür bis in das 19. Jahrhundert hinein keineswegs nur Kalkstein, sondern griffen auf alle möglichen Arten von Steinen und Erden zurück. Erst durch die Umstellung des Brennstoffs von Holzkohle auf fossile Steinkohle Mitte des 19. Jahrhunderts wurde Kalkstein zum alleinigen Zuschlagsmaterial. Ab den 1880er Jahren wurde das Gestein dann auch systematisch in die Stahlherstellung einbezogen, in der Roheisen zu härterem und elastischerem Stahl weiterverarbeitet wird. Diese zukunftsweisenden Technologien des 19. Jahrhunderts, die ein Zeitgenosse als »Schlüssel zur neueren Cultur und Civilisation«[12] bezeichnete, kamen nicht mehr ohne Kalkstein aus. Für die Wertschöpfungsketten des Eisenbahn- und Maschinenbaus war das Material unverzichtbar geworden.

Konsequenterweise rückten immer wieder mögliche Versorgungsrisiken ins Zentrum der zeitgenössischen Debatten über Kalkstein. Der Zugriff auf den Rohstoff war, trotz dessen großer Verbreitung, ein strategisch hoch relevantes Thema für die Eisen- und Stahlindustrie. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts spitzte sich die Risikowahrnehmung zu. Denn die Versorgung wurde von einigen wenigen Lieferanten und Abbauorten am südlichen Rand des Ruhrgebiets dominiert, wo ein immer dichteres Cluster von Steinbrüchen entstand.[13] Entsprechend häuften sich hier Konflikte über die sozialen und ökologischen Folgen des Abbaus, die zu einem neuralgischen Punkt für die Ausweitung der Kalksteingewinnung wurden. Insbesondere in Nachbarschaftskonflikten und bei der Arbeit in den Steinbrüchen führten die ungleich verteilten Belastungen und Gefahren zunehmend zu Schwierigkeiten, den Gesteinsabbau in seiner bisherigen Form aufrechtzuerhalten. Aufgrund der Wahrnehmung des erhöhten Versorgungsrisikos und der wachsenden Spannungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts begannen die Hüttenwerke den Abbau und die Verwendung des Rohstoffs so stark zu konzentrieren, dass er schließlich kaum noch als »kritisch« gelten konnte.

---

11 Vgl. Oates, Joseph: Lime and Limestone. Chemistry and Technology, Production and Uses, Weinheim 2008, S. 95f.

12 Hartmann, Carl: Handbuch der Bergbau- und Hüttenkunde, oder die Aufsuchung, Gewinnung und Zugutemachung der Erze, der Stein- und Braunkohlen und anderer Mineralien. Eine Encyklopädie der Bergwerkskunde, Weimar 1858, S. 1014.

13 Vgl. Haumann, Sebastian: Konkurrenz um Kalkstein. Rohstoffsicherung der Montanindustrie und die Dynamik räumlicher Relationen um 1900, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 57 (2016), Nr. 1, S. 29-58.

Rohstoffe historisieren: Thesen zu Kalkstein als »kritischem« Rohstoff

Dass Kalkstein als »kritischer« Rohstoff eine entscheidende Grundlage der Industrialisierung gewesen sein könnte, mutet aus heutiger Sicht merkwürdig an. Neben Eisenerzen und Steinkohle, die in der Herstellung von Eisen- und Stahlprodukten eingesetzt wurden, scheint die Nutzung des Gesteins unbedeutend. Aufschlussreicher als die, ohnehin nur kontrafaktisch zu beantwortende, Frage, ob Kalkstein wirklich essentiell für die industrielle Entwicklung im 19. Jahrhundert war, ist allerdings die Tatsache, dass uns diese Vorstellung heute so befremdlich erscheint. Deutlicher als bei anderen Materialien zeigt sich darin die Historizität von Rohstoffen. Das Gestein wurde in einer bestimmten historischen Situation im 19. Jahrhundert »kritisch« für die industrielle Entwicklung – und verlor diese Funktion im 20. Jahrhundert weitgehend wieder.

Vordergründig scheint diese Beobachtung die keineswegs neue Einsicht widerzuspiegeln, dass sich die Rohstoffnutzung in Abhängigkeit von technologischem und ökonomischem Wandel verändert.[14] So hat sich auch die überschaubare Forschung zur Geschichte der Kalksteinindustrie vor allem mit unternehmerischer Organisation und Technologieentwicklung befasst.[15] Einerseits mobilisieren technische Innovationen im Produktionsverfahren oder die Einführung neuer Produkte Rohstoffe, die bis dahin nicht oder nur wenig genutzt wurden. Die EU Working Group on Defining Critical Raw Materials bemerkte etwa mit Blick auf Indium, dass dieses Material erst im Zusammenhang mit der Produktion von Touchscreens relevant geworden sei.[16] Für die Nutzung von Kalkstein spielte der Ausbau der Eisenbahn und der damit einhergehende Anstieg der Nachfrage nach Eisen für Schienen eine ausschlaggebende Rolle.[17] Andererseits beeinflussen ökonomische Abwägungen die Verwendung von Rohstoffen. Je nach dem Verhältnis von Preisen, Lohn-

14 Grundlegend: Zimmermann, Erich Walter: World Resources and Industries, New York 1933.

15 Vgl. Bekasova, Alexandra: From Common Rocks to Valuable Industrial Resources. Limestone in Nineteenth-Century Russia, in: The Extractive Industries and Society 7 (2020), S. 8-19; Kaiser, Marion: »Freilich ist die Industrie oft ein Feind der Romantik – erstere aber gewinnbringend«. Konflikte durch den Kalksteinabbau an der Lahn, in: Der Anschnitt 67 (2015), Nr. 1, S. 15-28; Wittling, Gernot: Der Staat als Innovator im Rüdersdorfer Kalkbergbau während der Frühindustrialisierung, in: Westermann, Ekkehard (Hg.): Vom Bergbau zum Industrierevier, Stuttgart 1995, S. 113-124; Kasig, Werner/Weiskorn, Birgit: Zur Geschichte der deutschen Kalkindustrie und ihrer Organisationen, Düsseldorf 1992; Albrecht, Helmuth (Hg.): Kalk und Zement in Württemberg. Industriegeschichte an Südrand der Schwäbischen Alb, Ubstadt-Weiher 1991; Grindle, Roger L.: The Maine Lime Industry. A Study in Business History, 1880-1900, Ann Arbor 1971.

16 EU Working Group: Report 2014, S. 7.

17 Im hier relevanten Kontext vgl. Wagenblaß, Horst: Der Eisenbahnbau und das Wachstum der deutschen Eisen- und Maschinenbauindustrie 1835-1860. Ein Beitrag zur Geschichte der Industrialisierung Deutschlands, Stuttgart 1973; Fremdling, Rainer: Modernisierung und

und Kapitalkosten, aber auch den institutionellen Rahmenbedingungen oder den wirtschaftlichen Erwartungen, erscheint es lohnend, bestimmte Materialien zu gewinnen, durch technische Innovationen in die Produktionsverfahren einzubeziehen oder zu substituieren. Diese Erklärungsmuster finden sich vor allem in der wirtschaftsgeschichtlichen Forschung.[18]

Die kulturgeschichtliche Wende hat die Aufmerksamkeit demgegenüber auf die symbolische Dimension des Rohstoffgebrauchs gerichtet. Demnach sind es die Wertzuschreibungen, mit denen sich die Nutzung von Rohstoffen wandelt. Besonders deutlich lässt sich dies für Genussmittel wie Zucker oder Kakao zeigen. Durch die Einbettung in einen spezifischen kulturellen Kontext wurden sie zum Zeichen sozialer Distinktion und waren dadurch auf vielfältige Weise in Machtverhältnisse eingebunden.[19] Eng damit zusammen hängt die Konstruktion von Wissen. Wie die Zeitgenossen Rohstoffe verwendeten war durch das jeweilige Verständnis davon geprägt, welche Wirkung ein Stoff hatte oder woher das Material bezogen werden konnte.[20] So trug die Konstruktion von chemischem und geologischem Wissen entscheidend dazu bei, Kalkstein zu einem »kritischen« Rohstoff zu machen. Der Nutzungswandel erklärt sich zu einem erheblichen Teil kulturgeschichtlich aus den Zuschreibungen, die die Verwendungsmöglichkeiten und Bewirtschaftung des Materials vorzeichneten.

Im Zuge des wachsenden Interesses an globalgeschichtlichen Zusammenhängen hat die Forschung in den vergangenen Jahren zum einen das Motiv der »Resource Frontier« und zum anderen das der Zirkulation aufgegriffen, um die histo-

---

Wachstum der Schwerindustrie in Deutschland, 1830-1860, in: Geschichte und Gesellschaft 5, S. 201-227, hier: S. 212.

18 Vgl. z.B. Sanders, Andreas R.D./Sandvik, Pål Thonstad/Storli, Espen (Hg.): The Political Economy of Resource Regulation. An International and Comparative History, 1850-2015, Vancouver 2019; Berghoff, Hartmut/Rome, Adam (Hg.): Green Capitalism? Business and the Environment in the Twentieth Century, Philadelphia 2017; Badia-Miró, Marc/Pinilla, Vicente/Willebald, Henry (Hg.): Natural Resources and Economic Growth. Learning from History, New York 2015; Barbier, Edward: Scarcity and Frontiers. How Economies Have Developed Through Natural Resource Exploitation, Cambridge 2011; Berghoff, Hartmut/Mutz, Mathias: Missing Links? Business History and Environmental Change, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte (2009), Nr. 2, S. 9-22.

19 Vgl. Hengartner, Thomas/Merki, Christoph Maria (Hg.): Genussmittel. Ein kulturgeschichtliches Handbuch, Frankfurt a.M.; New York 1999; Appadurai, Arjun (Hg.): The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective, Cambridge 1988; Mintz, Sidney W.: Sweetness and Power. The Place of Sugar in Modern History, New York 1985.

20 Vgl. Vogel, Jakob: Ein schillerndes Kristall. Eine Wissensgeschichte des Salzes zwischen Früher Neuzeit und Moderne, Köln 2008; Uekötter, Frank: Die Wahrheit ist auf dem Feld. Eine Wissensgeschichte der deutschen Landwirtschaft, Göttingen 2010; Westermann, Andrea: Geology and World Politics. Mineral Resource Appraisals as Tools of Geopolitical Calculation, 1919-1939, in: Historical Social Research/Historische Sozialforschung 40 (2015), Nr. 2, S. 151-173.

rische Entwicklung der Rohstoffnutzung einzuordnen.[21] Die zunächst noch stark quantifizierend ausgerichtete Untersuchung von Stoffströmen hat aufgezeigt, wie Verbrauch und Gewinnung miteinander verbunden sind, auch wenn sie an geografisch weit auseinanderliegenden Orten stattfinden.[22] Die Geschichte von Rohstoffen ist demnach durch die Herstellung räumlicher Beziehungen und globaler Asymmetrien gekennzeichnet. Insbesondere »commodity chains« sind häufig auch als Stoffbiografien untersucht worden, bei denen es darum geht, den Lebensweg eines Rohstoffs von der Gewinnung über die Verarbeitung und den Verbrauch bis hin zur Entsorgung nachzuzeichnen. In jedem Fall ist die Zirkulation ein dominantes Narrativ von Stoffgeschichten geworden, in denen der Wandel der Rohstoffnutzung in Abhängigkeit zu (globalen) Beziehungen gesetzt wird.[23]

Wenn über die Geschichte von Rohstoffen geschrieben wird, gibt es eine Reihe gängiger Erklärungsmuster und Narrative, denen eines gemeinsam ist: Rohstoffe erscheinen darin als gegebene und unveränderliche Objekte menschlichen Denkens und Handelns. Deren Vorkommen und Eigenschaften mussten die Menschen nur »entdecken«, verstehen, in einen kulturellen Kontext einbetten oder in die globale Warenzirkulation einspeisen. Die Tatsache, dass sich Rohstoffe, die zum Gegenstand von Innovation, ökonomischem Kalkül, Wertzuschreibungen oder globalen Stoffströmen werden, im Laufe der Zeit ebenfalls verändern, wird in einem Großteil der bisherigen Forschung allenfalls am Rande thematisiert.[24] Die Ansätze dieser Forschung benennen zwar wichtige Ursachen für den Wandel der Rohstoffnutzung, erfassen dessen Komplexität aber nur unzureichend. Denn sie klammern einen entscheidenden Faktor aus der historischen Analyse aus: die Veränderung der materiellen Eigenschaften der genutzten Stoffe.

Vor allem aus umwelthistorischer Perspektive wird deutlich, dass sich auch die materielle Welt verändert, mit der ökonomische, technologische, kulturelle und

21 Für einen Überblick vgl. Högselius, Per: The Historical Dynamics of Resource Frontiers, in: NTM 28 (2020), S. 253-266.

22 Vgl. Weber, Heike: Material Flows and Circular Thinking, in: Haumann, Sebastian/Knoll, Martin/Mares, Detlev (Hg.): Concepts of Urban-Environmental History, Bielefeld 2020, S. 125-143; Adriaanse, Albert u.a.: Stoffströme. Die materielle Basis von Industriegesellschaften, Berlin 1998.

23 Vgl. Topik, Steven/Wells, Allen: Warenketten in einer globalen Wirtschaft, in: Osterhammel, Jürgen/Iriye, Akira (Hg.): Geschichte der Welt, Bd. 5. Weltmärkte und Weltkriege, 1870-1914, München 2012, S. 589-814; Grewe, Bernd-Stefan: Global Commodities and Commodity Chains, in: Tirthankar, Roy/Riello, Giorgio (Hg.): Global Economy History, London 2019, S. 215-228; Rischbieter, Julia Laura: Mikro-Ökonomie der Globalisierung. Kaffee, Kaufleute und Konsumenten im Kaiserreich 1870-1914, Köln 2011.

24 Vgl. Soentgen, Jens: Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen, München 2019, S. 40-42; Weber, Heike: Zur Materialität von Müll. Abfall aus stoffgeschichtlicher Perspektive, in: Blätter für Technikgeschichte 77 (2015), S. 75-100.

gesellschaftliche Entwicklungen verflochten sind. Aufgrund der Kritik an der verbreiteten Gegenüberstellung von »Kultur« und »Natur« hat die Umweltgeschichte einen Fokus auf die Wechselwirkungen zwischen menschlichem Denken und Handeln einerseits und der Dynamik physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse andererseits gelegt.[25] In zahlreichen Studien haben Umwelthistorikerinnen und Umwelthistoriker seitdem untersucht, wie Technikentwicklung, die Entstehung sozialer Verhältnisse oder globale Machtasymmetrien mit der materiellen Veränderung von Stoffen, Dingen und Organismen zusammenhängen.[26] Sie haben gezeigt, wie unintendierte, aber oftmals auch gezielte Veränderungen der materiellen Welt gesellschaftliche Beziehungen prägten und zum Teil überhaupt erst möglich machten – beispielsweise die Arbeitsbeziehungen in Kohleminen oder bei der kolonialen Durchdringung ganzer Weltregionen.[27] In diesem Sinne sei auch die Geschichte der Industrialisierung als »reworking of interactions between human and nonhuman nature«[28] zu interpretieren, so Sara Pritchard und Thomas Zeller. Wenn sich die Rohstoffnutzung im Zuge der Industrialisierung wandelte, war dies deshalb nicht nur das Resultat technologischer, ökonomischer, kultureller oder gesellschaftlicher Entwicklungen. Zugleich veränderten sich die Rohstoffe selbst, ihr Eigenschaftsprofil, die thermochemischen Prozesse ihrer Verarbeitung sowie die physikalischen Bedingungen ihres Abbaus.

---

25 Vgl. McNeill, John R.: Observations on the Nature and Culture of Environmental History, in: History and Theory 42 (2003), S. 5-43; Winiwarter, Verena/Knoll, Martin: Umweltgeschichte. Eine Einführung, Köln 2007; LeCain, Timothy J.: The Matter of History. How Things Create the Past, Cambridge, Mass. 2017.

26 Vgl. Reith, Reinhold: Umweltgeschichte und Technikgeschichte am Beginn des 21. Jahrhunderts. Konvergenzen und Divergenzen, in: Technikgeschichte 75 (2008), S. 336-355; Cutcliffe, Stephen H./Reuss, Martin (Hg.): The Illusory Boundary. Environment and Technology in History, Charlottesville 2010; Jørgensen, Dolly/Jørgensen, Finn Arne/Pritchard, Sara B. (Hg.): New Natures. Joining Environmental History with Science and Technology Studies. Pittsburgh 2013; Pritchard, Sara B.: Toward an Environmental History of Technology, in: Isenberg, Andrew C. (Hg.): The Oxford Handbook of Environmental History, New York 2014, S. 227-258; Russell, Edmund/Allison, James/Finger, Thomas u.a.: The Nature of Power. Synthesizing the History of Technology and Environmental History, in: Technology and Culture 52 (2011), S. 246-259.

27 Vgl. Andrews, Thomas G.: Killing for Coal. America's Deadliest Labor War, Cambridge, Mass. 2008; Mitchell, Timothy: Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil, London 2013; Ross, Corey: Ecology and Power in the Age of Empire. Europe and the Transformation of the Tropical World, Oxford 2017; Beattie, James/Melillo, Edward D./O'Gorman, Emily (Hg.): Eco-Cultural Networks and the British Empire. New Views on Environmental History, London 2015.

28 Pritchard, Sara B./Zeller, Thomas: The Nature of Industrialization, in: Reuss, Martin/Cutcliffe, Stephen H. (Hg.): The Illusory Boundary. Environment and Technology in History, Charlottesville 2010, S. 69-100, hier: S. 73.

Rohstoffe zu historisieren bedeutet daher, materiellen Wandel systematisch in die historische Analyse einzubeziehen. Der Historiker Chris Otter hat beispielsweise für eine scheinbar unveränderliche Substanz wie Wasser festgestellt: »Water, a substance basic to life itself, has undergone dramatic changes in its physical composition that are arguably as essential to ›modern‹ western life as democracy and freedom.«[29] Die Veränderung der Eigenschaften von Wasser sei auf Selektion und gezielte Manipulation zurückzuführen, tangiere aber zugleich biologische, chemische und physikalische Prozesse jenseits menschlicher Kontrolle.[30] Ähnliches lässt sich für die Geschichte von Lebensmitteln und medizinischen Wirkstoffen,[31] aber auch von Rohstoffen wie Kohle, Kupfer[32] und eben auch Kalkstein als »kritischem« Rohstoff zeigen.

Die Dynamik, die in der Historisierung von Rohstoffen zu beobachten ist, deutet einerseits auf die Relevanz kultureller Konstruktionen. Rohstoffe sind keine »apriori« gegebenen Objekte, sondern werden durch Wissen, Ideen, Erwartungen oder Planungen hervorgebracht und immer wieder neu konturiert – und zwar durchaus im materiellen Sinne, da diese Konstruktionen Selektions- und Manipulationsprozesse prägen und damit das Eigenschaftsprofil von Rohstoffen verändern.[33] Anderseits verweist diese Dynamik auch auf die »Eigenlogik« biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse, die den menschlichen Interventionsmöglichkeiten Grenzen setzt oder diese in unvorhergesehener Weise beeinflusst.[34] Vor allem werden dadurch auch die Wirkungen verändert, die die Stoffe entfalten, ohne

29 Otter, Chris: Locating Matter. The Place of Materiality in Urban History, in: Bennett, Tony/Joyce, Patrick (Hg.): Material Powers. Cultural Studies History and the Material Turn, Milton Park 2010, S. 38-59, hier: S. 54.

30 Vgl. Soentgen: Konfliktstoffe, S. 241.

31 Vgl. Smith-Howard, Kendra: Pure and Modern Milk. An Environmental History since 1900, Oxford 2014; Stoff, Heiko: Wirkstoffe. Eine Wissenschaftsgeschichte der Hormone, Vitamine und Enzyme, 1920-1970, Stuttgart 2012; Soluri, John: Banana Cultures. Agriculture, Consumption, and Environmental Change in Honduras and the United States, Austin 2005.

32 Vgl. Thorade, Nora: Das Schwarze Gold. Eine Stoffgeschichte der Steinkohle im 19. Jahrhundert, Paderborn 2020; LeCain, Timothy J.: Mass Destruction. The Men and Giant Mines that Wired America and Scarred the Planet, New Brunswick, NJ 2009.

33 Vgl. Fischer, Georg: Globalisierte Geologie. Eine Wissensgeschichte des Eisenerzes in Brasilien (1876-1914), Frankfurt a.M. 2017, S. 14; Espahangizi, Kijan/Orland, Barbara: Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe. Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, in: dies. (Hg.): Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, Zürich 2014, S. 11-35; Vogel: Ein schillerndes Kristall; Mitchell: Carbon Democracy; Akong, Charles: Reframing Matter. Towards a Material-Discursive Framework for Africa's Minerals, in: The Extractive Industries and Society 7 (2020), S. 461-469.

34 Vgl. Soentgen: Konfliktstoffe; Mutz, Mathias: Industrialisierung als Umwelt-Integration. Konzeptionelle Überlegungen zur ökologischen Basis moderner Industrieunternehmen, in: Reith, Reinhold/Schulz, Günther (Hg.): Wirtschaft und Umwelt vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart. Auf dem Weg zu Nachhaltigkeit?, Stuttgart 2015, S. 191-213, hier: S. 205f.

dass die menschlichen Akteure dies immer überblicken oder kontrollieren können. Rohstoffe sind also im Sinne der Ko-konstruktion historisierbar, insofern sich ihre materiellen Eigenschaften in Wechselwirkung mit ökonomischen Bewertungen, Technologieentwicklung, Wissen und sozialen Beziehungen wandeln.

Für die Geschichte des Kalksteins folgt daraus die These, dass das Gestein aufgrund miteinander verflochtener gesellschaftlicher und materieller Entwicklungen zu einem »kritischen« Rohstoff der Industrialisierung wurde. Im 19. Jahrhundert setzten sich metallurgische Verfahren durch, die Kalkstein verwendeten, und es entstand neues Wissen über die Qualität und Verfügbarkeit des Gesteins. Diese Entwicklungen gingen notwendigerweise mit der Veränderung des Eigenschaftsprofils des Rohstoffs einher. Sie standen, über die thermochemischen Prozesse in den Hochöfen und bei der Stahlherstellung sowie die physikalischen Gegebenheiten beim Abbau des Gesteins, mit dem Wandel materieller Eigenschaften in Wechselwirkung. Im Einzelnen waren gesellschaftlicher und materieller Wandel in den folgenden historischen Entwicklungen miteinander verflochten:

Zunächst passten sich Produktionsverfahren und Material Mitte des 19. Jahrhundert *aneinander* an. Einerseits orientierten sich die Innovationen in der Eisenverhüttung an dem verfügbaren Material. Als Mitte des Jahrhunderts der Eisenbahnbau expandierte, erschien Kalkstein als der unter den damaligen technologischen und ökonomischen Bedingungen am besten geeignete Zuschlagsstoff. Entsprechend wurden die metallurgischen Verfahren unter Verwendung dieses Materials konzipiert. Andererseits veränderten sich die materiellen Eigenschaften des Rohstoffs. Die Erwartungen der Montanindustrie sowie das Wissen über die Eigenschaften und die Verfügbarkeit des Gesteins bestimmten, was als geeigneter Zuschlag selektiert wurde. Sie konturierten das Eigenschaftsprofil des Rohstoffs. Damit veränderten sich aber auch dessen materielle Eigenschaften, die in den chemischen und physikalischen Prozessen des Produktionsverfahrens wirksam wurden. Dies hatte wiederum Rückwirkungen auf die Ausgestaltung der Produktionsverfahren, die dem so veränderten Material angepasst wurden.

Die Anpassung von Produktionsverfahren und Material aneinander mündete in einen Schließungsprozess, der sowohl technologisch und ökonomisch als auch materiell bedingt war. In dem Maße, in dem das Produktionsverfahren und das Material aufeinander abgestimmt waren, legten sich die Hüttenwerke auf einen Rohstoff fest, der durch ein spezifisches Eigenschaftsprofil definiert war. Alternativen, die es zuvor durchaus gegeben hatte, verschwanden. Dabei waren solche Schließungsprozesse nicht determiniert und es setzte sich keineswegs immer die technisch »beste« Lösung durch. Vielmehr kam es auf die soziale Konstruktion von Problemen an, die vorzeichneten, welche Lösungen gefunden wurden und Akzep-

tanz fanden.[35] Wie stark die Pfadabhängigkeiten waren, die die Festlegung schuf, zeigte sich, als die Montanindustrie in den 1880er Jahren die Stahlherstellung neu konzipierte und dabei auf die Muster der Eisenverhüttung zurückgriff. Auf der einen Seite steigerte die Festlegung auf ein spezifisch definiertes und selektiertes Gestein die Effizienz der Eisenverhüttung und Stahlherstellung. Sie erleichterte einen kontinuierlichen Betrieb und ermöglichte es, Skaleneffekte auszunutzen. Auf der anderen Seite zwangen die einmal festgelegten materiellen Eigenschaften des Gesteins dazu, Produktionsverfahren nach erfolgter Anpassung beizubehalten. Die physikalischen und chemischen Prozesse im Produktionsverfahren waren an den angepassten Rohstoff gebunden und von diesem abhängig geworden. Dadurch wurde Kalkstein für die Herstellung von Eisen und Stahl ein unverzichtbarer und »kritischer« Rohstoff.

Als die Zeitgenossen ab den 1880er Jahren darüber zu reflektieren begannen, dass Kalkstein »kritisch« geworden war, gelang es ihnen zwar nicht, die Festlegung wieder aufzubrechen. Aber die Konstruktion von Versorgungsrisiken führte dazu, die komplexen materiellen Interdependenzen entlang der Wertschöpfungsketten so zu verändern, dass weniger von dem Material benötigt wurde. Der Diskurs, der sich am Ende des 19. Jahrhunderts über die Abhängigkeiten bei der Versorgung mit dem Rohstoff entspann, rekurrierte nicht auf eine reale Knappheit, sondern auf die Sorge, dass die Wertschöpfungsketten unterbrochen werden könnten.[36] Entsprechend der Problemkonstruktion setzten die Maßnahmen, die Risiken zu reduzieren, auch nicht bei der erneuten Anpassung des Materials an, sondern sie machten sich die materiellen Interdependenzen zwischen den Produktionsschritten der Eisen- und Stahlherstellung zunutze. Indem die Hüttenwerke zunehmend Eisenerze mit höherem Kalkanteil verwendeten, gelang es ihnen, den Bedarf an Kalkstein als Zuschlagsmaterial teilweise zu substituieren. Sie manipulierten die chemischen und physikalischen Prozesse entlang der Wertschöpfungskette über das Eigenschaftsprofil der verwendeten Erze so, dass der Verbrauch von Kalkstein deutlich zurückging, ohne die Eigenschaften des Zuschlagsmaterials zu verändern.

---

35 Diese These orientiert sich an Pinch, Trevor/Bijker, Wiebe: The Social Construction of Facts and Artifacts, in: Social Studies of Science 14 (1984), S. 399-441; Misa, Thomas J.: A Nation of Steel. The Making of Modern America, 1865-1925, Baltimore 1995.

36 Vgl. dazu die Forschung zur »Holznot«-Debatte, die zu ähnlichen Ergebnissen kommt: Radkau, Joachim: Holzverknappung und Krisenbewusstsein im 18. Jahrhundert, in: Geschichte und Gesellschaft 9 (1983), S. 513-543; Radkau, Joachim: Zur angeblichen Energiekrise des 18. Jahrhunderts. Revisionistische Betrachtungen über die »Holznot«, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 73 (1986), S. 1-37; Grewe, Bernd-Stefan: »Man sollte sehen und weinen!« Holznotalarm und Waldzerstörung vor der Industrialisierung, in: Uekötter, Frank (Hg.): Wird Kassandra heiser? Die Geschichte falscher Ökoalarme, Stuttgart 2004, S. 24-40.

Dessen ungeachtet kam es um 1900 zur systematischen Ausweitung der Kalksteingewinnung, die immer stärker in die Umwelt eingriff, ohne dass die Steinbruchbetreiber die Wechselwirkungen mit den materiellen Eigenschaften des Untergrunds wirklich kontrollieren konnten. Während sich die immer größeren und tieferen Steinbrüche auf das Grundwasser und die lokalen Ökosysteme auswirkten, erhöhte die Mechanisierung und der Einsatz von Sprengstoffen die Gefahr für Arbeiter wie Anwohner signifikant. Die Gefährdung und die umweltschädigenden Nebeneffekte waren dabei sozial höchst ungleich verteilt und gaben Anlass zu heftigen Auseinandersetzungen um die sozialen und ökologischen Folgen des Abbaus.[37] In der Regel gelang es den Steinbruchbetreibern dabei, sich der Verantwortung zu entziehen, indem sie auf die »natürlichen« Bedingungen verwiesen, auf die sie keinen Einfluss hätten. Tatsächlich zeigt sich in der Schwierigkeit, die Folgen der zunehmend invasiven Kalksteingewinnung zu regulieren, wie stark soziale und materielle Entwicklungen miteinander verflochten waren.

In all den hier skizzierten historischen Zusammenhängen, von den Hochöfen der 1850er Jahre bis zu den Steinbrüchen des frühen 20. Jahrhunderts, kam es auf die Verflechtung von gesellschaftlichem und materiellem Wandel an. Anders lässt sich auch kaum erklären, warum und inwieweit Kalkstein ein »kritischer« Rohstoff der Industrialisierung wurde. Daher sind in dieser Studie nicht nur die sozialen, kulturellen, ökonomischen und technologischen Zusammenhänge, in denen Kalkstein genutzt wurde, Gegenstand der Untersuchung, sondern explizit auch der Wandel des Materials selbst. Was Kalkstein ist, was seine spezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind, veränderte sich über die Zeit – und darauf kommt es an. Folglich ist diese Studie als ein Beitrag zu einer stoffgeschichtlichen Erweiterung der bisherigen historischen Forschung über Rohstoffe zu verstehen, in der materieller Wandel systematisch mit untersucht wird.

37 Vgl. dazu die aktuelle Debatte um »environmental justice«: Pichler-Baumgartner, Luisa: »Environmental Justice« als analytische Kategorie der Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte? Schwierigkeiten und Potenziale einer Anwendung, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 102 (2015), S. 472-491; Andrews, Thomas G.: Work, Nature, and History. A Single Question, that Once Moved Like Light, in: Isenberg, Andrew C. (Hg.): The Oxford Handbook of Environmental History, New York 2014, S. 425-466; Kirchhelle, Claas: Toxic Tales. Recent Histories of Pollution, Poisoning, and Pesticides (ca. 1800-2010), in: NTM 26 (2018), S. 213-229; Flanagan, Maureen A.: Environmental Justice in the City. A Theme for Urban Environmental History, in: Environmental History 5 (2000), S. 159-164; Luckin, Bill: Environmental Justice, History and the City. The United States and Britain, 1970-2000, in: Schott, Dieter/Luckin, Bill/Massard-Guilbaud, Geneviève (Hg.): Resources of the City. Contributions to an Environmental History of Modern Europe, Aldershot 2005, S. 230-245; van Horssen, Jessica: A Town Called Asbestos. Environmental Contamination, Health, and Resilience in a Resource Community, Vancouver 2016.

Rohstoffe und Praktiken: Zum konzeptionellen Ansatz

Wie sich der Wandel der materiellen Eigenschaften von Rohstoffen systematisch in die historische Analyse einbeziehen lässt, wirft eine Reihe von theoretischen und methodischen Fragen auf. Sie knüpfen an die rege Diskussion der vergangenen Jahre an, in der über das Potenzial und die Grenzen von Konzepten wie der Akteur-Netzwerk-Theorie oder des »New Materialism« gestritten wurde.[38] Kurz gefasst, zielen diese Ansätzen darauf ab, die »eigenlogische« Wirkmächtigkeit nichtmenschlicher Entitäten wie Organismen, Dinge und Stoffe anzuerkennen. Sie machen die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften dieser Entitäten zum Untersuchungsgegenstand. Allerdings suggerieren viele Autorinnen und Autoren, die diese Ansätze vertreten, dass nicht-menschlichen Entitäten »agency« zukomme, sie also die Kapazität hätten, ihre Umwelt einschließlich menschlicher Gesellschaften aktiv und zielgerichtet mitzugestalten. Dieser Anspruch ist sowohl in theoretischer wie in forschungspragmatischer Hinsicht höchst umstritten.[39]

Diese Studie verfolgt dagegen einen praxeologischen Ansatz, der es erlaubt den materiellen Wandel von Stoffen in die historische Analyse einzubeziehen, ohne dabei von einer eigenen »agency« des Materials auszugehen. Im Unterschied zu Akteur-Netzwerk-Theorie und »New Materialism« ist die Praxeologie auf Menschen als zentralen Akteuren historischen Wandels ausgerichtet. Materielle Prozesse, Stoffe, Dinge oder Organismen werden zwar in Praktiken wirksam, aber »agency«, im Sinne einer aktiven und zielgerichteten Gestaltungskapazität, wird ihnen nicht zugesprochen.[40] Der praxeologische Ansatz ermöglicht, die Historizi-

38 Vgl. Barad, Karen: Agentieller Realismus. Über die Bedeutung materiell-diskursiver Praktiken, Berlin 2012; Bennett, Jane: Vibrant Matter. A Political Ecology of Things, Durham 2010; Coole, Diana H./Frost, Samantha (Hg.): New Materialisms. Ontology, Agency, and Politics, Durham 2010; Latour, Bruno: Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie, Frankfurt a.M. 2010; Bennett, Tony/Joyce, Patrick (Hg.): Material Powers. Cultural Studies, History and The Material Turn, Milton Park 2010; Belliger, Andréa/Krieger, David J. (Hg.): ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie, Bielefeld 2006; Latour, Bruno: Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie, Frankfurt a.M. 2001.

39 Vgl. LeCain: The Matter of History; Nash, Linda: The Agency of Nature and the Nature of Agency, in: Environmental History 10 (2005), Nr. 1, S. 67-69; Knoll, Martin: Nil sub sole novum oder neue Bodenhaftung? Der material turn und die Geschichtswissenschaft, in: Neue Politische Literatur 59 (2014), S. 191-207; Smith, Kate: Amidst Things. New Histories of Commodities, Capital and Consumption, in: The Historical Journal 61 (2018), S. 841-861.

40 Vgl. Schatzki, Theodore: Materiality and Social Life, in: Nature and Culture 5 (2010), Nr. 2, S. 123-149, hier: S. 134f.; Hillebrandt, Frank: Was ist der Gegenstand einer Soziologie der Praxis?, in: Schäfer, Franka/Daniel, Anna/ders. (Hg.): Methoden einer Soziologie der Praxis, Bielefeld 2015, S. 15-36, hier: S. 21f.

tät materieller Eigenschaften in die Analyse miteinzubeziehen, ohne menschliche Akteure zu dezentrieren.[41]

Praktiken sind routinisierte Handlungsabläufe. Darunter können alltägliche Gewohnheiten gefasst werden, wie Kochen oder Lesen, aber auch speziellere Tätigkeiten, die hier von Interesse sind, wie z.B. das Schmelzen von Eisenerzen im Hochofen oder die Arbeit im Steinbruch.[42] Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese Handlungsabläufe von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind, wie der Sozialtheoretiker Andreas Reckwitz herausgearbeitet hat:

> »A ›practice‹ (Praktik) is a routinized type of behaviour which consists of several elements, interconnected to one other: forms of bodily activities, forms of mental activities, ›things‹ and their use, a background knowledge in the form of understanding, know-how, states of emotion and motivational knowledge. A practice […] forms so to speak a ›block‹ whose existence necessarily depends on the existence and specific interconnectedness of those elements and which cannot be reduced to any one of these single elements.«[43]

In einer Praktik sind also heterogene Elemente in spezifischen Verknüpfungen integriert, ohne die sie nicht existieren würde. Neben den verschiedenen Formen von Wissen, Know-How, Emotionen, Zielvorstellungen, Normen, aber auch körperlichen Bewegungsabläufen usw. gehören Dinge – und damit auch Rohstoffe – zu den Elementen, die Praktiken konstituieren können.[44] Das bedeutet, dass Praktiken zugleich Elemente einschließen, die sich als soziale Konstruktionen fassen lassen, als auch Elemente, die aufgrund ihrer materiellen Eigenschaften wirksam werden.[45] In Praktiken der Rohstoffnutzung sind dies etwa die Konstruktion von Wissen und ökonomischer Rationalität und die physikalischen und chemischen Prozesse, die in den Produktionsverfahren miteinander verknüpft sind.

---

41 Diese Forderung stellt etwa Paul Sutter nachdrücklich auf: Sutter, Paul S.: The World with Us. The State of American Environmental History, in: Journal of American History 100 (2013), S. 94-119.

42 Für einen Überblick über die geschichtswissenschaftliche Adaption praxistheoretischer Ansätze vgl. Füssel, Marian: Praxeologische Perspektiven in der Frühneuzeitforschung, in: Brendecke, Arndt (Hg.): Praktiken der Frühen Neuzeit. Akteure – Handlungen – Artefakte, Köln 2015, S. 21-33.

43 Reckwitz, Andreas: Toward a Theory of Social Practices. A Development in Culturalist Theorizing, in: European Journal of Social Theory 5 (2002), S. 243-263, hier: S. 249f.

44 Vgl. Shove, Elizabeth/Pantzar, Mika/Watson, Matt: The Dynamics of Social Practice. Everyday Life and how it Changes, Los Angeles 2012; Haasis, Lucas/Rieske, Constantin: Historische Praxeologie. Eine Einführung, in: dies. (Hg.): Historische Praxeologie. Dimensionen vergangenen Handelns, Paderborn 2015, S. 7-54, hier: S. 38f.

45 Vgl. Schatzki, Theodore: Nature and Technology, in: History and Theory 42 (2003), Nr. 4, S. 82-93.

Das Gegenstück zu den routinisierten Handlungsabläufen sind Arrangements. Theodore Schatzki, einer der führenden Theoretiker der Praxeologie, spricht explizit von »practice-arrangement nexuses«.[46] Arrangements können technische Objekte oder Gegenstände sein, weisen aber konzeptionell über spezifisch abgrenzbare Artefakte hinaus und können auch Stoffe oder Organismen umfassen.[47] Entscheidend ist, dass sie in Zusammenhang mit Praktiken stehen und diese ermöglichen, nahelegen, erschweren oder verhindern: »Practices are impossible without material objects and human beings create, via their practices, arrangements from the material world. The arrangements are shaped by practices, being the material precipitates of these.«[48] Arrangements der Rohstoffnutzung sind beispielsweise die Hochöfen, in denen Eisenerze zu Roheisen geschmolzen wurden. Diese umfassen nicht nur den Aufbau des Ofens in einer speziellen Form, sondern auch die Zusammenstellung unterschiedlicher Rohstoffsorten, die in dem thermochemischen Prozess miteinander reagieren. Die Komposition der materiellen Elemente in dem Arrangement spiegelte die Konstruktion von Wissen und Erwartungen über deren Zusammenwirken wider. Zugleich wurden in dem Arrangement physikalische und chemische Prozesse wirksam, die zum Teil so nicht vorhergesehen oder nur unzureichend verstanden wurden.[49]

Die spezifischen Verknüpfungen zwischen sozialen Elementen und materiellen Arrangements wurden in Handlungsabläufen immer wieder aufs Neue reproduziert und aktualisiert. Aber dabei entstanden auch Spielräume für Veränderung und Anpassungsprozesse. So betont Reckwitz die Variabilität, in der Praktiken umgesetzt werden: »[A] practice represents a pattern which can be filled out by a multitude of single and often unique actions reproducing the practice«.[50] Während also Praktiken einerseits als gleichbleibende Einheiten menschlichen Handelns erscheinen, ergeben sich andererseits in der jeweiligen Performanz zahlreiche Möglichkeiten, eine Praktik konkret zu realisieren.[51] Dabei sind auch die Beziehungen

46 Ebd.

47 Vgl. Hahn, Hans Peter/Soentgen, Jens: Acknowledging Substances. Looking at the Hidden Side of the Material World, in: Philosophy and Technology 24 (2011), S. 19-33; Schatzki: Materiality and Social Life, S. 125f.

48 Winiwarter, Verena/Schmid, Martin/Dressel, Gert: Looking at Half a Millennium of Co-existence. The Danube in Vienna as a Socio-Natural Site, in: Water History 5 (2013), Nr. 2, S. 101-119, hier: S. 109.

49 Vgl. Winiwarter, Verena/Schmid, Martin/Hohensinner, Severin/Haidvogl, Gertrud: The Environmental History of the Danube River Basin as an Issue of Long-Term Socio-ecological Research, in: Singh, Simron Jit/Haberl, Helmut/Chertow, Marian/Mirtl, Michael/Schmid, Martin (Hg.): Long Term Socio-Ecological Research. Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales. Dordrecht 2013, S. 103-122.

50 Reckwitz: Toward a Theory of Social Practices, S. 250.

51 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 97-117; Shove, Elizabeth: Everyday Practice and the Production and Consumption of Time, in: Shove, Elizabeth/Trent-

zwischen sozialen und materiellen Elementen weder statisch noch zwingend. Oft zeichnen Dinge, Objekte und Stoffe bestimmte Handlungen vor oder legen sie nahe, ohne aber Praktiken notwendigerweise zu determinieren.[52] Im Gegenteil trägt gerade der kreative Rückgriff auf Dinge und Materialien zum Wandel von Praktiken bei, wie der Historiker Frank Trentmann erläutert: »Practices have a dynamic force of their own, creating sensations, competencies, and plans […] entangled in a creative interplay with materiality.«[53] Praktiken stellen also eine »evolving domain« heterogener, miteinander verknüpfter Elemente dar, in der die Verknüpfungen mit jeder Performanz neu und potenziell anders hergestellt werden.[54]

Im Wandel beeinflussen sich die einzelnen Elemente einer Praktik daher gegenseitig. Da Dinge und Rohstoffe, Wissen, Unternehmensstrategien und -ziele mit weiteren materiellen und sozialen Elementen in Wechselwirkung stehen, hat es Auswirkungen auf die anderen in einer Praktik integrierten Elemente, wenn sich eines der Elemente verändert. Dabei kann einerseits beispielsweise die Konstruktion neuen Wissens oder veränderter Zielvorstellungen dazu führen, dass ein verwendetes Material modifiziert wird, das heißt, in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften manipuliert wird. Es kann aber auch dazu führen, dass ein bisher ungenutztes Material neu in Arrangements integriert wird, während andere Elemente obsolet werden und nicht mehr Teil der Praktik sind.[55] Andererseits erfolgt die Konstruktion von Wissen und ökonomischer Rationalität in Praktiken, die durch den kreativen Umgang mit den physikalischen und chemischen Prozessen geprägt sind. Dies zeigt sich vor allem in der Geschichte der naturwissenschaftlichen Forschung.[56] Aber auch die Genese von Vorstellungen über Märkte und Ökonomie lässt sich praxeologisch interpretieren,[57] wie auch diejenigen über die

---

mann, Frank/Wilk, Richard R. (Hg.): Time, Consumption and Everyday Life. Practice, Materiality and Culture, Oxford 2009, S. 17-33.

52 Vgl. Schatzki: Materiality and Social Life, S. 139-141; Joyce, Patrick: What is the Social in Social History?, in: Past & Present 206 (2010), S. 213-248, hier: S. 225f.

53 Trentmann, Frank: Materiality in the Future of History. Things, Practices and Politics, in: Journal of British Studies 48 (2009), S. 283-307, hier: S. 294; vgl. auch LeCain: The Matter of History.

54 Schatzki: Materiality and Social Life, S. 129.

55 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 21-41.

56 Vgl. Pickering, Andrew (Hg.): Science as Practice and Culture, Chicago 1992; Klein, Ursula/Lefèvre, Wolfgang: Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology, Cambridge, Mass. 2007; Epple, Moritz/Zittel, Claus (Hg.): Science as Cultural Practice, Bd. 1. Cultures and Politics of Research from the Early Modern Period to the Age of Extremes, Berlin 2010; Mariss, Anne: »A World of New Things«. Praktiken der Naturgeschichte bei Johann Reinhold Forster, Frankfurt a.M. 2015; Zur Idee der körperlichen Arbeit an und mit materiellen Eigenschaften als Modus der Wissensproduktion vgl. Frehner, Brian: Finding Oil. The Nature of Petroleum Geology, 1859-1920, Lincoln 2011, S. 4-6.

57 Vgl. Lipartito, Kenneth: Reassembling the Economic. New Departures in Historical Materialism, in: The American Historical Review 121 (2016), S. 101-139; Brandes, Sören/Zieren-

Verfügbarkeit eines Rohstoffs und potenzielle Versorgungsrisiken. Die komplexen Rück- und Wechselwirkungen zwischen diesen und weiteren Elementen machen die Dynamik von Praktiken aus, in denen sich die Anpassung von Handlungsabläufen, der kulturellen Konstruktion von Wissen und ökonomischer Rationalität, von Arrangements und Materialien aneinander vollzieht.

Historisch gibt es Phasen, in denen sich Praktiken auf diese Weise besonders dynamisch und tiefgreifend wandelten.[58] Die zweite Hälfte des 19. Jahrhundert war im Hinblick auf die Eisenverhüttung und die Stahlherstellung eine solche Phase. Es kam zu deutlichen Brüchen und Innovationsschüben, in denen neuartige Materialien zusammen mit entsprechenden Wissensbeständen und Unternehmensstrategien Eingang in die Praktiken fanden. Der dynamische Charakter von Praktiken ist insofern hervorzuheben, als die alltägliche Performanz der routinisierten Handlungsabläufe meist als statisch und wenig veränderlich wahrgenommen wird.[59] Und es stellt sich die Frage, woher die Impulse kamen, die solch tiefgreifende Anpassungsprozesse auslösten, wie sie die Eisen- und Stahlherstellung im 19. Jahrhundert durchlief.

Als Theorie, die von Menschen als zentralen Akteuren historischen Wandels ausgeht, betont die Praxeologie die gesellschaftliche Fähigkeit, Praktiken durch bewusste Reflexion zu transformieren.[60] Es ist zwar ein wesentliches Kennzeichen von Praktiken, dass sie in der Regel als unhinterfragte Selbstverständlichkeit vollzogen werden und dadurch bestehende Strukturen reproduzieren.[61] Aber dennoch können routinisierte Handlungsabläufe ebenso wie die materiellen Eigenschaften der Arrangements gezielt thematisiert und problematisiert werden, um Veränderung herbeizuführen. Dabei entstehen Vorstellungen, die als »understandings, rules, and normative teleologies«[62] auf die entsprechenden Handlungsroutinen und Arrangements zurückwirken.[63] Die Umwelthistorikerin Verena Wi-

---

berg, Malte: Doing Capitalism. Praxelogische Perspektiven, in: Mittelweg 36 26 (2017), S. 3-24; Schläppi, Daniel: Die Ökonomie sozialer Beziehungen. Forschungsperspektiven hinsichtlich von Praktiken menschlichen Wirtschaftens im Umgang mit Ressourcen, in: Brendecke, Arndt (Hg.): Praktiken der Frühen Neuzeit. Akteure – Handlungen – Artefakte, Köln 2015, S. 684-695.

58 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 58f.

59 Vgl. Ebd., S. 125.

60 Vgl. Welskopp, Thomas: Die Dualität von Struktur und Handeln. Anthony Giddens' Strukturierungstheorie als »praxeologischer« Ansatz in der Geschichtswissenschaft, in: Suter, Andreas/Hettling, Manfred (Hg.): Struktur und Ereignis, Göttingen 2001, S. 99-119, hier: S. 105.

61 Vgl. Giddens, Anthony: The Constitution of Society. Outline of the Theory of Structuration, Cambridge 1984; Reichardt, Sven: Praxeologische Geschichtswissenschaft. Eine Diskussionsanregung, in: Sozial.Geschichte 22 (2007), Nr. 3, S. 43-65.

62 Schatzki: Materiality and Social Life, S. 129.

63 Für eine ähnlich angelegte empirische Studie vgl. Rawson, Michael: What Lies Beneath. Science, Nature, and the Making of Boston Harbor, in: Journal of Urban History 35 (2009), S. 675-

niwarter und der Umwelthistoriker Martin Schmid haben diesen Zusammenhang zu einem zirkulären Modell aus Beobachtung und Veränderung von Praktiken zugespitzt.[64] Dass Praktiken zwar nicht ständig reflektiert werden, aber grundsätzlich reflektierbar und bewusst veränderbar sind, erklärt, warum es in bestimmten historischen Phasen, wie der Industrialisierung, zu beschleunigten und tiefgreifenden Anpassungsprozessen kam.

Die Macht einzelner Akteure Einfluss auf den Wandel von Praktiken zu nehmen – oder Wandel zu verhindern – ist dabei durchaus ungleich verteilt. Praktiken spiegeln soziale Verhältnisse wider und tragen dazu bei, diese zu reproduzieren.[65] Einzelne Personen, Institutionen oder Unternehmen können die transformative Reflexion von Praktiken dominieren, indem sie Probleme definieren oder Lösungen vorzeichnen. Sie können auf eine Art und Weise in die Konstruktion von Wissen, Zielen oder Normen, aber auch die materiellen Eigenschaften von Arrangements eingreifen, wie es anderen Akteuren unter Umständen nicht möglich ist. Allerdings muss dies nicht unbedingt zu Konflikten führen. Charakteristisch ist eher, dass sich eine Problemwahrnehmung ebenso wie Lösungsvorstellungen konsensual durchsetzen – das heißt, dass in der Regel eine breite gesellschaftliche Übereinstimmung darüber herrscht, wie eine Praktik aussehen sollte.[66]

Eine entscheidende Rolle für die gezielte Reflexion ebenso wie für die konsensuale Durchsetzung von Problem- und Lösungsvorstellungen spielen Übertragungen aus anderen Praktiken. Im Fall der Eisen- und Stahlherstellung ging ein entscheidender Veränderungsimpuls von Praktiken der naturwissenschaftlichen Forschung aus. So beeinflussten die geologische Erkundung von Rohstofflagerstätten und die analytische Chemie, zwei Forschungsfelder, die sich Mitte des 19. Jahrhunderts äußerst dynamisch entwickelten, die transformative Reflexion von Praktiken der Eisenverhüttung und Stahlherstellung.[67] Zwar existierte seit Jahrhunderten ein umfangreiches metallurgisches Wissen, aber die neuen naturwissenschaftlichen

---

697; Rawson, Michael: Eden on the Charles. The Making of Boston, Cambridge, Mass. 2010, S. 179-233;

64 Vgl. Winiwarter, Verena/Schmid, Martin: Umweltgeschichte als Untersuchung sozionaturaler Schauplätze? Ein Versuch, Johannes Colers »Oeconomia« umwelthistorisch zu interpretieren, in: Knopf, Thomas (Hg.): Umweltverhalten in Geschichte und Gegenwart. Vergleichende Ansätze, Tübingen 2008, S. 158-173.

65 Vgl. Welskopp, Thomas: Arbeit und Macht im Hüttenwerk. Arbeits- und industrielle Beziehungen in der deutschen und amerikanischen Eisen- und Stahlindustrie von den 1860er bis zu den 1930er Jahren, Bonn 1994.

66 Vgl. dazu die ähnlichen Ansätze der SCOT: Pinch/Bijker: The Social Construction of Facts and Artifacts.

67 Vgl. Krebs, Stefan: Technikwissenschaft als soziale Praxis. Über Macht und Autonomie der Aachener Eisenhüttenkunde, 1870-1914, Stuttgart 2009; Fritscher, Bernhard: Geowissenschaften und Moderne. Studien zur Kulturgeschichte der Mineralogie und chemischen Geologie (1848-1926), Habil.-Schr., München 1998.

Verfahren veränderten den Blick auf die Eisen- und Stahlherstellung grundlegend und regten dazu an, neu über die Verfügbarkeit und Verwendung von Rohstoffen nachzudenken. Die Beobachtung, Problematisierung und Modifizierung von Handlungsroutinen und Arrangements erfolgt nur selten aus sich selbst heraus. Häufiger wird sie durch Veränderungen in anderen Praktiken angestoßen, mit denen sie in Beziehung stehen.

Dabei führte die Reflexion nicht notwendigerweise zu einem »korrekten« Verständnis materieller Eigenschaften, auch wenn ihre Nutzung mitunter im Sinne der jeweiligen Zielvorstellungen optimiert werden konnte. Tatsächlich war die Wahrnehmung physikalischer und chemischer Prozesse oft von Fehleinschätzungen, unvollständigem Wissen oder gar völliger Unwissenheit geprägt. Franz-Josef Brüggemeier hat jüngst gezeigt, dass die zeitgenössischen Akteure die Eigenschaften und Wirkungsweisen »natürlicher« Phänomene, die sie sich zunutze machten, kaum je vollständig überblickten und erklären konnten. Daran änderte auch der Aufstieg der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert nichts Grundlegendes.[68] Vor allem Rohstoffe waren als »epistemische Dinge« Gegenstand intensiver Wissensbemühungen, die aber schon nach kurzer Zeit überholt sein konnten.[69] Obwohl das Wissen offensichtlich stets unvollkommen war und obwohl sich vielfach unvorhergesehene Folgen einstellten, beeinflusste es Handlungsroutinen und Arrangements. Auch der Erfolg der transformativen Reflexion war nicht davon abhängig, dass zutreffende Erklärungen für physikalische oder chemische Prozesse gefunden wurden. Stattdessen erwies sich die Transformation als erfolgreich, wenn die Ergebnisse der Anpassung den Erwartungen der zeitgenössischen Akteure entsprachen.

Daraus folgt, Praktiken und die materiellen Eigenschaften, die in ihnen wirksam werden, aus der Perspektive der zeitgenössischen Akteure zu rekonstruieren. Denn die Dynamik von Praktiken resultiert aus der zeitgenössischen Reflexion. Dies ist zu betonen, weil es die verbreitete Vorstellung gibt, die »tatsächlichen« Eigenschaften von Stoffen und Dingen, wie sie die modernen Naturwissenschaften erforschen, müssten zum Maßstab genommen oder zumindest in die historische Analyse miteinbezogen werden.[70] Solches ex-post-Wissen in Form aktueller naturwissenschaftlicher »Tatsachen« heranzuziehen, erscheint aber für die Untersuchung von historischen Praktiken ungeeignet, weil es nicht die handlungsleitende Wahrnehmung der Zeitgenossen abbildet.[71]

---

68 Vgl. Brüggemeier, Franz-Josef: Schranken der Natur. Umwelt und Gesellschaft, 1750-2013, Essen 2014.

69 Rheinberger, Hans-Jörg: Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas (2. Aufl.), Göttingen 2002, S. 24f.

70 Vgl. LeCain: The Matter of History, S. 18.

71 Vgl. Füssel, Marian: Praktiken historisieren. Geschichtswissenschaft und Praxistheorie im Dialog, in: Schäfer, Franka/Daniel, Anna/Hillebrandt, Frank (Hg.): Methoden einer Soziolo-

Die Analyse von Praktiken, die von der zeitgenössischen Reflexion ausgeht, eröffnet demgegenüber die Möglichkeit, mit »›Natur‹ im Sinne einer physisch wirksamen Realität in der Geschichte [zu] arbeiten […], ohne eine naiv-szientistische Position einzunehmen,« wie es Winiwarter und Schmid programmatisch gefordert haben.[72] Denn einerseits prägte die Konstruktion von Wahrnehmungen, Vorstellungen und Wissen, die durchaus unvollkommen sein konnte, Handlungsroutinen und Arrangements. Sie konturierte über Selektions- und Manipulationsprozesse auch das Eigenschaftsprofil von Rohstoffen. Andererseits wird die »physisch wirksame Realität« in der zeitgenössischen Reflexion sichtbar, auch wenn sie nicht »korrekt« erklärt wurde. Chemische und physikalische Prozesse wurden wahrgenommen und problematisiert, gerade weil sie jenseits menschlicher Kontrolle lagen, Handlungsmöglichkeiten begrenzten oder in unvorhergesehener Weise wirkten.[73]

Rohstoffgeschichte rekonstruieren: Die Quellengrundlage

In der transformativen Reflexion, die mit dem Wandel von Praktiken einherging, entstanden Quellen, die mit den Methoden der historisch-kritischen Quellenanalyse untersucht werden können. Dadurch eignet sich das hier entwickelte praxeologische Konzept auch unter forschungspragmatischen Gesichtspunkten dazu, Rohstoffe zu historisieren. Denn überlieferte Schriftstücke, Zeichnungen, Bilder oder Pläne lassen Rückschlüsse auf die zeitgenössische Wahrnehmung von Praktiken sowie die physikalischen und chemischen Prozesse zu, die in diesen Praktiken wirksam wurden.[74] Sie dokumentieren zum einen Beobachtungen, die vor dem Hintergrund der jeweiligen Vorannahmen der Zeit zu interpretieren sind. Bei der historisch-kritischen Analyse von Quellen, die Praktiken dokumentieren, handelt es sich folglich um eine Beobachtung zweiter Ordnung.[75] Zum anderen wirkten

---

gie der Praxis, Bielefeld 2015, S. 267-287, hier: S. 279f.; Haasis/Rieske: Historische Praxeologie, S. 44; intensiv diskutiert wird die Frage nach dem Status historischer und aktueller Wissensbestände auch bei: Espahangizi/Orland: Pseudo-Smaragde, S. 11-35; eine ähnliche konzeptionelle Frage stellte auch schon: Mathias, Peter: Wer entfesselte Prometheus? Naturwissenschaft und technischer Wandel von 1600 bis 1800, in: Braun, Rudolf/Fischer, Wolfram/Großkreutz, Helmut/Volkmann, Heinrich (Hg.): Industrielle Revolution. Wirtschaftliche Aspekte, Köln 1972, S. 121-138, hier: S. 123.

72 Winiwarter/Schmid: Umweltgeschichte als Untersuchung sozionaturaler Schauplätze?, S. 158.

73 Vgl. Soentgen: Konfliktstoffe, S. 216f.

74 Vgl. Knoll, Martin: Die Natur der menschlichen Welt. Siedlung, Territorium und Umwelt in der historisch-topografischen Literatur der Frühen Neuzeit, Bielefeld 2013.

75 Vgl. Winiwarter/Schmid: Umweltgeschichte als Untersuchung sozionaturaler Schauplätze?, S. 162.

die in den Quellen artikulierten Wissensbestände, Unternehmensstrategien usw. in die Praktiken hinein. Die Quellen zogen Veränderungen der Handlungsroutinen und bei den materiellen Arrangements nach sich.[76]

Quellen sind in erster Linie Repräsentationen einer spezifischen Wahrnehmung von Praktiken und Arrangements. Wenn beispielsweise der Bergreferendar Georg Meydam Mitte der 1860er Jahre über die Arbeit am Hochofen auf der Eisenhütte Oberhausen schrieb, »der Kalkstein wird zunächst auf das Gichtplateau gestürzt und mittelst der Schaufel gleichmäßig […] eingetragen,«[77] so dokumentiert dies, was Meydam über Handlungen und Arrangements für berichtenswert hielt. Die Art und Weise, wie er diesen Vorgang beschrieb, die Wortwahl und die Auswahl von Informationen knüpften an ein bestimmtes Vorverständnis und Wissen an. Insofern sind Quellenaussagen über den Rohstoffgebrauch in einen weiteren kulturgeschichtlichen Kontext einzuordnen.[78] Die materiellen Eigenschaften wurden allerdings nicht nur entsprechend der zeitgenössischen Vorannahmen beschrieben, sondern überhaupt nur in ihrer spezifischen Funktion in Praktiken sichtbar. Sie konnten dabei, im Sinne der Übertragbarkeit von Wissen zwischen Praktiken, durchaus auch in anderen Praktiken sichtbar gemacht worden sein. So replizierte Meydam die naturwissenschaftlichen Verfahren, die sich für die Analyse von Rohstoffen in den vorangegangenen Jahren entwickelt hatten: »Die analysierten Kalksteinproben enthielten folgende Bestandtheile: […] kohlensaueren Kalk: 95,59/95,74/93,33; kohlensauere Eisenoxyd: 0,87/1,06/0,59; kohlensaure Magnesia: -/Spur/3,37; Wasser: -/0,13/-; Organische Substanzen: 0,14/0,16/-; unlösliche Rückstände (Si): 2,77/2,63/2,48«.[79] Meydam beobachtete die Eigenschaften des Rohstoffs in ihrer spezifischen Funktion in der Eisenverhüttung und verband dies mit Erkenntnissen, die er aus Praktiken der chemischen Analyse zog. Grundsätzlich werden materielle Eigenschaften, physikalische und chemische Prozesse in den Quellen so thematisiert, wie die Zeitgenossen ihre Wirkung in Handlungsroutinen und Arrangements wahrnahmen.

Zugleich sind Quellen aber auch als Träger normativer Vorstellungen zu interpretieren, die auf Praktiken zurückwirkten.[80] Wenn Meydam die Arbeitsabläufe am Hochofen beschrieb, hielt er nicht nur seine Beobachtungen fest, sondern leitete daraus auch Handlungsempfehlungen ab. Seine Ausführungen zielten auf

76 Vgl. Haasis/Rieske: Historische Praxeologie, S. 49.

77 Meydam, Georg: Praktische und theoretische Darstellung des Hochofenprocesses auf der Anlage von Jacobi, Haniel & Huyssen bei Oberhausen mit Beurtheilung des ökonomischen Resultates, September 1864, LAV NRW R, BR 101, 823, S. 85.

78 Vgl. Vogel: Ein schillerndes Kristall; Reckwitz: Toward a Theory of Social Practices, S. 253.

79 Meydam, Georg: Praktische und theoretische Darstellung des Hochofenprocesses auf der Anlage von Jacobi, Haniel & Huyssen bei Oberhausen mit Beurtheilung des ökonomischen Resultates, September 1864, LAV NRW R, BR 101, 823, S. 69.

80 Vgl. Schatzki: Materiality and Social Life, S. 129.

die Optimierung der Eisenverhüttung durch einen möglichst effizienten Rohstoffeinsatz.[81] Andere Quellen entstanden in der ausdrücklichen Absicht, Normen zu setzen, zu legitimieren und durchzusetzen, um Handlungsroutinen oder Arrangements in einer bestimmten Form zu strukturieren. Dies konnten Arbeitsvorschriften sein oder Lieferverträge, die die Qualität von Materialien festsetzten, aber auch Abhandlungen über die materiellen Eigenschaften und Wirkungsweise von Rohstoffen, die mit strategischen Zielen generiert und lanciert wurden.[82] Wieder andere Quellen entstanden, wenn Mängel identifiziert wurden oder in Auseinandersetzung mit Störungen und unvorhergesehenen Folgen. Sie problematisierten die Differenz zwischen den beobachteten Vorgängen und den normativen Vorstellungen mit dem Ziel, Praktiken und Arrangements zu modifizieren.[83] Dementsprechend verdichtete sich die Überlieferung in Situationen, in denen sich Vorstellungen und die beobachteten Praktiken auseinanderbewegten oder umstritten waren. Das war einerseits der Fall, wenn sich z.B. neue Wissensbestände oder Zielvorstellungen etablierten, die den Blick auf die Rohstoffnutzung veränderten. Andererseits wuchs die Aufmerksamkeit, wenn sich Handlungsabläufe und Arrangements im Laufe der Zeit so weit unreflektiert gewandelt hatten, bis schließlich die Differenzen zu den zeitgenössischen Vorstellungen problematisiert wurden.

Gerade im Fall der Nutzung von Rohstoffen ist jedoch davon auszugehen, dass nur ein Bruchteil der Reflexionsbemühungen überhaupt in Quellen überliefert ist. Abgesehen von gravierenden Überlieferungslücken[84] erfolgte die transformative Reflexion keineswegs immer in einem Modus, bei dem schriftliche oder visuelle Quellen entstanden sind. Oft basierten die Praktiken der Eisenverhüttung oder der Arbeit in den Steinbrüchen auf personengebundenem Erfahrungswissen, impliziten Annahmen und mündlich kommunizierten Vorgaben. Diese waren mindestens ebenso wichtig wie schriftlich oder visuell fixierte Vorstellungen – oder sogar wichtiger.[85] Unter Umständen konnten unausgesprochene Konventionen oder körperlich gebundenes Wissen Praktiken viel stärker strukturieren als die formalisierten

81 Meydam, Georg: Praktische und theoretische Darstellung des Hochofenprocesses auf der Anlage von Jacobi, Haniel & Huyssen bei Oberhausen mit Beurtheilung des ökonomischen Resultates, September 1864, LAV NRW R, BR 101, 823, S. 69.

82 Vgl. Misa: A Nation of Steel, S. XVI.

83 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 98; Hillebrandt: Was ist der Gegenstand einer Soziologie der Praxis?, S. 27.

84 Vgl. Rasch, Manfred: Erfahrung, Forschung und Entwicklung in der (west-)deutschen Eisen- und Stahlerzeugung. Versuch einer Begriffserklärung und Periodisierung der letzten 200 Jahre, in: Ferrum 68 (1996), S. 4-29, hier: S. 7.

85 Vgl. Felten, Sebastian: Wie fest ist das Gestein? Extraktion von Arbeiterwissen im Bergbau des 18. Jahrhunderts, in: WerkstattGeschichte 81 (2020), S. 15-36.

Arbeitsanweisungen oder die dokumentierten Ergebnisse chemischer Analysen.[86] Allerdings ist gerade der schriftlich oder visuell überlieferte Bruchteil für die Frage nach der Dynamik von Praktiken besonders aufschlussreich. Vergangene Praktiken können nicht restlos rekonstruiert werden, aber in Phasen, in denen sich die Differenz zwischen Vorstellungen und Beobachtungen vergrößerte, generierten die Zeitgenossen mehr Quellen, die potenziell erhalten geblieben sind. Es ist daher anzunehmen, dass in Phasen der dynamischen und intensivierten Anpassung, die hier von Interesse sind, eine verdichtete Überlieferung entstanden ist.

Auch die Verwendung von Kalkstein bei der Eisen- und Stahlherstellung sowie den Abbau des Materials in Steinbrüchen haben die Zeitgenossen nur selektiv dokumentiert. Die Überlieferung konzentriert sich auf strategische Überlegungen, die die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie anstellten, um die Versorgung mit Zuschlagsstoffen sicherzustellen und durchzusetzen.[87] Unterdessen haben die Betreiber der Kalksteinbrüche insbesondere Innovationen in der Abbautechnik und Grundstücksgeschäfte dokumentiert, die für die Erschließung des Rohstoffs von besonderer Bedeutung waren.[88] Mit den angewandten Wissenschaften der Metallurgie und Geologie, die sich zwischen Grundlagenforschung und Unternehmensinteressen bewegten, entstand ein großes Quellenkorpus, das entscheidend zur transformativen Reflexion beitrug.[89] Was die sozialen und ökologischen Folgen der Rohstoffgewinnung angeht, bietet die Überlieferung staatlicher und vor allem kommunaler Stellen Einblicke in die Konflikte, die sich um den Abbau von Kalkstein entfalteten.[90]

Kalkstein an Rhein und Ruhr: Stoffgeschichte einer historischen Transformation

Für die Geschichte der Industrialisierung ist die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebiets in vielerlei Hinsicht von besonderer Bedeutung – auch für eine Stoffgeschichte der Industrialisierung. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts war

86 Vgl. Welskopp: Arbeit und Macht im Hüttenwerk, S. 118f.; Banken, Ralf/Marx, Christian: Knowledge Transfer in the Industrial Age. The Case of Gutehoffnungshütte, 1810-1945, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 56 (2015), Nr. 1, S. 197-225.

87 Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv (RWWA), Best. 130 Gutehoffnungshütte; ThyssenKrupp Konzernarchiv (TKKA), Best. FWH Friedrich Wilhelms-Hütte; Mannesmann Werksarchiv (MWA), Best. P Phoenix.

88 Rheinkalk, Archiv der Liegenschaftsabteilung (RhK(L)); TKKA, Best. A August Thyssen-Hütte.

89 Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, Abteilung Rheinland (LAV NRW R), BR 101 Oberbergamt Bonn, BR 109 Bergamt Werden; Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz (GStAPK), I. HA Rep. 120 Ministerium für Handel und Gewerbe, I. HA Rep. 194 Geologische Landesanstalt.

90 LAV NRW R, BR 7 Regierung Düsseldorf, BR 34 Landratsamt Mettmann; Stadtarchiv Haan (StAH).

die industrielle Entwicklung in dieser Region ein wichtiger Motor für den Wandel der Rohstoffnutzung. Nicht nur quantitativ, durch die Vervielfachung der Menge an geförderten und verarbeiteten Eisenerzen, Kohlen und Zuschlägen, trug die dortige Industrie signifikant zum Anstieg des globalen Rohstoffverbrauchs bei. Auch qualitativ kam der Ruhrindustrie eine Schlüsselrolle zu. Nach Großbritannien und Belgien setzte sich dort mit den metallurgischen Innovationen, die auf der Verwendung von Steinkohle basierten und Kalkstein als Zuschlagsstoff nutzen, der Übergang zum »fossilen« Energiesystem fort.[91] Die Veränderungen in der Eisen- und Stahlproduktion trugen entscheidend zu der historischen Transformation bei, die durch die exponentielle Zunahme des Rohstoff- und Energieverbrauchs sowie den Anstieg des CO_2-Ausstoßes gekennzeichnet ist.[92]

Damit steht die Geschichte des Kalksteins an Rhein und Ruhr im Zentrum weitreichender Wandlungsprozesse, die weit über das Ruhrgebiet hinausreichten und sich bis heute auswirken. Sie ist zwar eine regionale Geschichte, die signifikante Eigenheiten aufweist. Daher setzt die Untersuchung auch auf der Mikroebene einzelner Hüttenwerke und Steinbrüche an, deren alltägliche Handlungsroutinen Aufschluss über die Historizität der Rohstoffnutzung geben. Aber als eine Geschichte, die sich über Praktiken erschließt, ist die Geschichte des Kalksteins an Rhein und Ruhr zugleich Teil eines »immense transmogrifying web of practices and arrangements«, als das Schatzki historische Transformationsprozesse beschrieben hat.[93]

Wie gezeigt, ist die Performanz von Handlungsabläufen und die Zusammenstellung der Arrangements nie ganz gleich, auch wenn sie von außen betrachtet als Ausführung ein und derselben Praktik erscheint.[94] Auch die Praktik der Eisenverhüttung wies erhebliche Varianzen auf. Vor allem unterschied sich die konkrete Ausführung an verschiedenen Orten nicht zuletzt aufgrund der unterschiedlichen Rohstoffnutzung, wie die Forschung zur regionalen Industrialisierung vielfach belegt hat.[95] Obwohl ein weit zirkulierendes Wissen die Entwicklung prägte, wurden

91 Vgl. Sieferle, Rolf Peter/Krausmann, Fridolin/Schandl, Heinz/Winiwarter, Verena: Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung, Köln u.a. 2006, S. 135; Sieferle: Der unterirdische Wald.

92 Diese Fragen werden aktuell vor allem unter dem Schlagwort des »Anthropozäns« diskutiert, vgl. Chakrabarty, Dipesh: Anthropocene Time, in: History and Theory 57 (2018), S. 5-32; Davies, Jeremy: The Birth of the Anthropocene, Oakland 2016; Trischler, Helmuth: The Anthropocene. A Challenge for the History of Science, Technology, and the Environment, in: NTM 24 (2016), S. 309-335.

93 Schatzki: Materiality and Social Life, S. 130.

94 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 97-117.

95 Vgl. Pollard, Sidney: Peaceful Conquest. The Industrialization of Europe 1760-1970, New York 1981, S. 85; Hudson, Pat (Hg.): Regions and Industries. A Perspective on the Industrial Revolution in Britain. Cambridge 1989; Pierenkemper, Toni (Hg.): Die Industrialisierung europäischer Montanregionen im 19. Jahrhundert. Stuttgart 2002.

die konkreten Handlungsabläufe in unterschiedlicher Art ausgeführt und Arrangements in lokalspezifischer Weise angepasst.[96] Aus praxeologischer Sicht ist dies nur konsequent, da neben »commonality (as a result of the circulation of elements)« auch »local variation (in how these elements are integrated)«[97] für Praktiken charakteristisch ist.[98]

Nichtsdestotrotz vollzogen sich die regionalen und lokalspezifischen Anpassungsprozesse nicht isoliert voneinander, sondern waren miteinander verbunden. Sowohl soziale Elemente, wie Wissen oder Unternehmensstrategien, als auch materielle Elemente, wie Maschinen oder die Rohstoffe selbst, zirkulierten und stellten über räumliche Distanz hinweg Beziehungen zwischen den lokalen Praktiken her.[99] Daneben waren auch die unterschiedlichen Praktiken entlang der Wertschöpfungskette miteinander verkoppelt. Vom Abbau der Rohstoffe in Steinbrüchen und Bergwerken über die Eisenerzverhüttung und die Stahlherstellung bis zum Eisenbahn- und Maschinenbau bildeten die einzelnen Produktionsschritte je eigenständige Praktiken, die sich jedoch in enger Abhängigkeit voneinander entwickelten. Die Vor- und Rückkopplungseffekte zwischen den Produktionsschritten sind bisher meist ökonomisch erklärt worden, etwa vermittelt durch steigende Nachfrage oder sinkende Kosten.[100] Sie wurden aber ebenso über die materiellen Eigenschaften von Rohstoffen oder Zwischenprodukten vermittelt. Ähnliche Kopplungen resultierten aus der Übertragung von Wissen zwischen Praktiken, wie sie weiter oben im Hinblick auf das Zusammenspiel von naturwissenschaftlicher Forschung und der Entwicklung der Eisen- und Stahlherstellung bereits beschrieben worden ist.

Folgt man diesen und weiteren Beziehungen zu anderen Praktiken, wie denen des Gütertransports und des Reisens oder Praktiken aus dem Bereich der Finanzwirtschaft, kommen jene Makrophänomene in den Blick, die zusammen das »transmogrifying web of practices and arrangements« historischen Wandels ergeben. Die Veränderungen in der Eisenverhüttung, der Stahlherstellung und der Gewinnung von Zuschlägen an Rhein und Ruhr waren Bausteine eines sich wandelnden Netzes aus Praktiken, das nahezu alle Lebensbereiche erfasste und das »fossile«

96 Vgl. Steffen, Katrin: Stoffe auf Reisen. Die transnationalen Akteure Jan Czochralski und Ludwik Hirszfeld und die lokale Bedingtheit der Entstehung von Wissen, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 43 (2020), S. 74-95.

97 Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 25.

98 Ähnlich beschreibt Hughes Technologietransfer und die Ausbildung von »technological styles«, vgl. Hughes, Thomas P.: The Evolution of Large Technological Systems, in: ders./Bijker, Wiebe/Pinch, Trevor (Hg.): The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge, Mass. 1987, S. 51-82.

99 Vgl. Shove/Pantzar/Watson: The Dynamics of Social Practice, S. 88f.

100 Vgl. Spree, Reinhard: Die Wachstumszyklen der deutschen Wirtschaft von 1840 bis 1880. Mit einem konjunkturstatistischen Anhang, Berlin 1977.

Energiesystem verfestigte.[101] Aus stoffgeschichtlicher Perspektive ist der materielle Wandel des Rohstoffs Kalkstein als Element der Praktiken in Eisenhütten, Stahlwerken und Steinbrüchen daher konstitutiver Bestandteil der historischen Transformation.

So marginal eine Geschichte des Kalksteins auf den ersten Blick erscheinen mag, hat sie daher doch weitreichende Implikationen für die Interpretation der Industrialisierung und für die aktuelle Auseinandersetzung um eine zukunftsfähige Nutzung »kritischer« Rohstoffe. Die Verflechtung gesellschaftlichen und materiellen Wandels, die sich an der Nutzung von Kalkstein festmachen lässt, ermöglichte einerseits die Expansion der Eisen- und Stahlindustrie auf Basis fossiler Steinkohle. Sie war die Grundlage dafür, dass sich die Industrialisierung entfalten konnte. Andererseits entstanden mit der Verflechtung auch neue Abhängigkeiten von Rohstoffen und von fossilen Energieträgern.[102] Mit der industriellen Entwicklung banden sich Gesellschaften im 19. Jahrhundert an Rohstoffe wie Steinkohle und Kalkstein, ohne die nach zeitgenössischem Verständnis Fortschritt, »Cultur und Civilisation«[103] nicht mehr zu haben war.

Der Dualismus aus Ermöglichung und Abhängigkeit, der in der stoffgeschichtlichen Interpretation der Industrialisierung deutlich wird, spiegelt nicht nur die Debatte um »kritische« Rohstoffe wider. Er entspricht auch dem aktuellen Stand der geschichtswissenschaftlichen Forschung, dass weder Naturbeherrschung, noch Naturzerstörung geeignete Narrative sind, um die Veränderungen der letzten Jahrhunderte zu beschreiben.[104] Stattdessen zeigt sich in der Verflechtung gesellschaftlicher und materieller Dynamik die wechselseitige Durchdringung menschlicher Handlungsmöglichkeiten und physikalischer, chemischer sowie biologischer Prozesse, die sich nicht auflösen lässt. In der historischen Rückschau ergibt sich daraus ein Bild, das eher als fortwährende Verlagerung und Verschiebung menschlicher Handlungsspielräume zu beschreiben ist.[105] Jede neuartige Nutzung von Stoffen eröffnete einer Gesellschaft Möglichkeiten, die oftmals aufs Ganze gesehen das Wohlstandsniveau und die Lebensbedingungen verbesserten. Zugleich banden sich Gesellschaften damit an diese Stoffe, ohne die Konsequenzen vollständig zu überblicken. Dieser Dualismus charakterisiert die

101 Vgl. zu ähnlichen Zusammenhängen zwischen Energiesystem und Praktiken: Trentmann, Frank/Carlsson-Hyslop, Anna: The Evolution of Energy Demand in Britain. Politics, Daily Life, and Public Housing, 1920s-1970s, in: The Historical Journal 61 (2018), S. 807-839.

102 Vgl. Trischler: The Anthropocene; LeCain, Timothy J.: Against the Anthropocene. A Neo-Materialist Perspective, in: International Journal of History, Culture, and Modernity 3 (2015), S. 1-28.

103 Hartmann: Handbuch der Bergbau- und Hüttenkunde, S. 1014.

104 Vgl. Haumann, Sebastian: Zwischen »Nachhaltigkeit« und »Anthropozän«. Neue Tendenzen in der Umweltgeschichte, in: Neue Politische Literatur 64 (2019), S. 295-326.

105 Vgl. Brüggemeier: Schranken der Natur.