

Ohne Kalkstein keine Industrialisierung?

Plädoyer für eine erweiterte Rohstoffgeschichte

Sebastian Haumann

Der Wechsel von Holz und Holzkohle zu Steinkohle als Brennstoff gilt gemeinhin als Voraussetzung für die Industrialisierung. In der historischen Forschung ist viel darüber diskutiert worden, inwieweit die tiefgreifende ökonomische, technologische, soziale und schließlich auch ökologische Transformation, die zuerst in Europa einsetzte und dann weitere Teile der Welt erfasste, ohne diesen Energieträger möglich gewesen wäre.¹ Beginnend mit Werner Sombarts Diagnose der »Holzbremse«,² über die »Great Divergence«, die Kenneth Pomeranz beschrieben hat,³ bis hin zu den jüngsten Debatten um das »Anthropozän«,⁴ immer wird die Verfügbarkeit von Steinkohle als Schlüsselmoment aufgeführt. Zweifelsohne hat der Zugriff auf die

-
- 1 Vgl. Rolf Peter Sieferle u. a., *Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung*, Köln 2006; Rolf Peter Sieferle, *Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution*, München 1982; Edward A. Wrigley, *Energy and the English Industrial Revolution*, Cambridge 2010; Jochen Streb, *Energiewenden aus historischer Perspektive*, in: *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte* 56, 2015, S. 587–610; Patrick Kupper, *Umweltgeschichte*, Göttingen 2021, S. 91–95.
 - 2 Werner Sombart, *Der moderne Kapitalismus*, Bd. 3. *Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus*, Leipzig 1928, S.99 f.; siehe auch Joachim Radkau, *Holzverknappung und Krisenbewusstsein im 18. Jahrhundert*, in: *Geschichte und Gesellschaft* 9:4, 1983, S. 513–543; Bernd-Stefan Grewe, »Man sollte sehen und weinen!«. *Holznotalarm und Waldzerstörung vor der Industrialisierung*, in: Frank Uekötter (Hrsg.), *Wird Kasandra heiser? Die Geschichte falscher Ökoalarme*, Stuttgart 2004, S. 24–40.
 - 3 Kenneth Pomeranz, *The Great Divergence. China, Europe and the Making of the Modern World Economy*, Princeton, NJ 2000; siehe auch Shellen Xiao Wu, *Empires of Coal. Fueling China's Entry into the Modern World Order, 1860–1920*, Stanford 2015.
 - 4 Christophe Bonneuil/Jean-Baptiste Fressoz, *The Shock of the Anthropocene. The Earth, History and Us*, London 2017; Jeremy Davies, *The Birth of the Anthropocene*, Oakland 2016; Helmuth Trischler, *The Anthropocene. A Challenge for the History of*

billigen fossilen Energieträger das exponentielle Wachstum der letzten beiden Jahrhunderte ganz wesentlich mitbestimmt. Daneben spielten aber auch andere Rohstoffe eine zentrale Rolle für die industrielle Entwicklung: Baumwolle für die mechanisierte Textilherstellung,⁵ Stickstoff für die Steigerung der Agrarproduktion,⁶ Kupfererze für die Elektroindustrie⁷ und, nicht zuletzt, Eisenerze für die Eisen- und Stahlindustrie.⁸

Weniger bekannt ist demgegenüber die Relevanz von Rohstoffen, die etwa in der Eisen- und Stahlindustrie allenfalls als »Hilfsstoffe« galten und gelten, wie Kalkstein. Tatsächlich wurde der Rohstoff Kalkstein nicht nur in erheblichem Umfang genutzt, er war auch unabdingbar für das Funktionieren des Produktionssystems der Eisen- und Stahlindustrie, das mit einigem Recht als Zentrum des Industrialisierungsprozesses gedeutet wird.⁹ Damit war der Energiereichtum, den die Steinkohle bot, eine notwendige, aber eben keine hinreichende Bedingung für das industrielle Wachstum. Vielmehr basierte die Industrialisierung auch auf der Verfügbarkeit einer immer weiter wachsenden Palette von Rohstoffen, über die wir bereits vieles, aber bei Weitem nicht alles wissen.

Ohne Kalkstein also keine Industrialisierung? Diese kontrafaktische Frage ist geeignet, um für Zusammenhänge zu sensibilisieren, die in der bisherigen Forschung nicht in den Blick genommen worden sind. Kalkstein diente und

Science, Technology, and the Environment, in: *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 24:3, 2016, S. 309–335.

- 5 Sven Beckert, *King Cotton. Eine Globalgeschichte des Kapitalismus*, München 2014; Giorgio Riello, *Cotton. The Fabric that Made the Modern World*, Cambridge 2013.
- 6 Hugh Scott Gorman, *The Story of N. A Social History of the Nitrogen Cycle and the Challenge of Sustainability*, New Brunswick 2013; Jens Soentgen/Gerhard Ertl (Hrsg.), *N. Stickstoff – ein Element schreibt Weltgeschichte*, München 2015.
- 7 Timothy J. LeCain, *Mass Destruction. The Men and Giant Mines that Wired America and Scarred the Planet*, New Brunswick, NJ 2009.
- 8 Georg Fischer, *Globalisierte Geologie. Eine Wissensgeschichte des Eisenerzes in Brasilien (1876–1914)*, Frankfurt am Main 2017; Hanna Vikström, *The Specter of Scarcity. Experiencing and Coping with Metal Shortages, 1870–2015*, Diss., KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 2017; Anne Kelly Knowles, *Mastering Iron. The Struggle to Modernize an American Industry, 1800–1868*, Chicago, Ill. 2013; Rainer Fremdling, *Technologischer Wandel und internationaler Handel im 18. und 19. Jahrhundert. Die Eisenindustrien in Großbritannien, Belgien, Frankreich und Deutschland*, Berlin 1986.
- 9 Sebastian Haumann, *Kalkstein als »kritischer« Rohstoff. Eine Stoffgeschichte der Industrialisierung, 1840–1930*, Bielefeld 2020.

dient als Zuschlagsmaterial der Eisen- und Stahlherstellung. Das Gestein wurde im Hochofen zusammen mit Kohle und Eisenerzen verschmolzen, um einerseits in den Erzen vorhandene Unreinheiten in der Schlacke zu binden und andererseits um die Viskosität der geschmolzenen Masse zu regulieren. Auch in den Produktionsschritten, in denen das Roheisen zu Stahl weiterverarbeitet wurde, kam gebrannter Kalkstein und der verwandte Dolomit zum Einsatz. Die Verfügbarkeit des Rohstoffs Kalkstein war also wichtig für die Eisen- und Stahlproduktion, wie sie sich in der Mitte des 19. Jahrhunderts durchsetzte.¹⁰ Dessen ungeachtet war der Rohstoff im zeitgenössischen Verständnis nicht zentral: Er bot pragmatische Lösungen für die drängenden technologischen und ökonomischen Herausforderungen und wurde in großen Mengen eingesetzt, aber eine systemische Bedeutung wurde dem Material nicht zugesprochen. Die historische Forschung hat dieses Aufmerksamkeitsdefizit reproduziert: Auch im Rückblick erscheint die Nutzung von Kalkstein von untergeordneter Bedeutung – oder genauer: Es drängt sich der Eindruck auf, dass die Nutzung von Kalkstein keine zwingende Bedingung für die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie darstellte. Gerade weil es zunächst nicht unmittelbar einzusehen ist, warum genau dieser Rohstoff eine Voraussetzung industrieller Entwicklung im 19. Jahrhundert gewesen sein soll, bietet die Auseinandersetzung mit dem Kalkstein aber die Möglichkeit, das Potenzial einer erweiterten Rohstoffgeschichte auszuloten.

Eine erweiterte Rohstoffgeschichte der Industrialisierung ist nicht nur geeignet, um Forschungslücken zu schließen, indem sie Rohstoffe in den Blick nimmt, über die bisher wenig bekannt ist, sondern sie regt zum Perspektivwechsel an. Denn diese Rohstoffe zeichnen sich zum einen dadurch aus, dass ihre systemische Bedeutung weder zeitgenössisch noch in der historischen Forschung besondere Aufmerksamkeit erfahren hat, was die Frage aufwirft, wie sich deren Relevanz stattdessen angemessen bestimmen lässt. Zum anderen lenkt diese Perspektive die Aufmerksamkeit auf die Pfade von Stoffen auf dem »Weg« in das Produktionssystem, also darauf, warum bestimmte Stoffe verwendet wurden und inwieweit es Alternativen zu ihrer Nutzung gab. Insgesamt unterstreicht diese Perspektivverschiebung die Vielfältigkeit und Offenheit der historischen Rohstoffnutzung. Das Erkenntnispotenzial einer

10 Vgl. Manfred Rasch (Hrsg.), *Der Kokshochofen. Entstehung, Entwicklung und Erfolg von 1709 bis in die Gegenwart*, Essen 2015; ders. (Hrsg.), *Das Thomas-Verfahren in Europa. Entstehung – Entwicklung – Ende*, Essen 2009.

erweiterten Rohstoffgeschichte liegt folglich in der Herangehensweise, die Fragen nach Alternativen, Pfaden und Kontingenzen ins Zentrum rückt.

Am Beispiel des Kalksteins werde ich im ersten Teil des Aufsatzes einige Erkenntnisse skizzieren, die eine erweiterte Rohstoffgeschichte der Industrialisierung liefern kann. Dabei werde ich einerseits die spezifische Funktion untersuchen, die das Gestein in der Eisen- und Stahlindustrie einnahm, und andererseits darlegen, wie das Material als Rohstoff definiert wurde und welche Konsequenzen diese Definition hatte. Im zweiten Teil werde ich in Anlehnung an Konzepte der Social Construction of Technology (SCOT) diskutieren, wie die Bedeutung von Rohstoffen – vermittelt über deren Funktion in Produktionssystemen – zu interpretieren ist. Demnach werden Rohstoffe in Konstruktionsprozessen definiert, an denen so unterschiedliche Akteure wie Unternehmer, Ingenieure oder Experten der staatlichen Institutionen beteiligt sind. In diesen Prozessen werden Stoffe zum Rohstoff und historisch relevant. Im dritten Teil wende ich mich den methodischen Herausforderungen einer erweiterten Rohstoffgeschichte zu, die zunächst einmal durch das zeitgenössische Aufmerksamkeitsdefizit und eine damit einhergehende schwierige Quellenlage gekennzeichnet sind. Ich werde zeigen, wie der Fokus auf die Praktiken, in denen Rohstoffe verwendet wurden, helfen kann, die Bedeutung von Rohstoffen zu rekonstruieren. Denn während Rohstoffe wie Kalkstein vergleichsweise selten explizit Thema von Berichten, Untersuchungen oder Plänen waren, sind die Praktiken, in denen sie verwendet wurden, durchaus umfassend dokumentiert. Für eine solche Analyse können die konventionell herangezogenen Quellen der Wirtschafts- und Technikgeschichte gegen den Strich gelesen werden. Der Fokus auf Praktiken erlaubt es darüber hinaus auch, das Handeln menschlicher Akteur:innen mit der Eigenaktivität der Stoffe in Verbindung zu setzen. Aus dieser Perspektive werde ich in einem vierten und abschließenden Teil skizzieren, wie eine erweiterte Rohstoffgeschichte verschiedene historische Subdisziplinen und Fragestellungen zu einer transversalen Geschichte verbinden und einen Beitrag zu den aktuellen Debatten über eine Ressourcenwende leisten kann.

Die Funktion des Rohstoffs Kalkstein

Ohne Kalkstein keine Industrialisierung? Die zugespitzte Ausgangsfrage ist erklärungsbedürftig. Sie scheint wenig angebracht, weil Kalkstein praktisch unbegrenzt zur Verfügung steht. In der Tat wurde und wird das Gestein an un-

zähligen Orten auf der Welt vor allem für die Bauindustrie und die Landwirtschaft in großen Mengen gefördert, sodass das Szenario eines Kalksteinmangels, auf das die kontrafaktische Frage hindeutet, als extrem unwahrscheinlich gelten kann.¹¹ Außerdem liegt die Vermutung nahe, dass ein anderes Material ebenso gut als Zuschlag für die Eisen- und Stahlherstellung hätte benutzt werden können. Obwohl die Geschichte der Zuschlagsmaterialien weitgehend unerforscht ist, ist auch dieses Argument nicht ganz von der Hand zu weisen. Die wenigen Hinweise in der Literatur zur Geschichte der Eisen- und Stahlindustrie legen nahe, dass lange Zeit mit verschiedensten Gesteinsarten als Zuschlag mehr oder weniger erfolgreich experimentiert wurde, die gegenseitig substituierbar gewesen zu sein scheinen.¹² Allerdings sind beide Argumente, so plausibel sie klingen, stark verkürzend. Sie können nicht erklären, warum eine eng definierte Sorte Kalkstein, die gerade nicht beliebig verfügbar oder ersetzbar war, Mitte des 19. Jahrhunderts zu einem neuralgischen Punkt der industriellen Entwicklung wurde.¹³

In den Jahrzehnten um 1850 prägte eine Entwicklungsdynamik die Eisen- und Stahlindustrie, die große Spielräume für die Rohstoffnutzung eröffnete.

-
- 11 Vgl. Alexandra Bekasova, *From Common Rocks to Valuable Industrial Resources. Limestone in Nineteenth-Century Russia*, in: *The Extractive Industries and Society* 7, 2020, S. 8–19; Marion Kaiser, »Freilich ist die Industrie oft ein Feind der Romantik – erstere aber gewinnbringend«. Konflikte durch den Kalksteinabbau an der Lahn, in: *Der Anschnitt* 67:1, 2015, S. 15–28; Gernot Wittling, *Der Staat als Innovator in Rüdersdorfer Kalkbergbau während der Frühindustrialisierung*, in: Ekkehard Westermann (Hrsg.), *Vom Bergbau-zum Industrierevier*, Stuttgart 1995, S. 113–124; Werner Kasig/Birgit Weiskorn, *Zur Geschichte der deutschen Kalkindustrie und ihrer Organisationen*, Düsseldorf 1992; Helmuth Albrecht (Hrsg.), *Kalk und Zement in Württemberg. Industriegeschichte an Südrand der Schwäbischen Alb, Ubstadt-Weiher* 1991; Roger L. Grindle, *The Maine Lime Industry. A Study in Business History, 1880–1900*, Ann Arbor 1971.
- 12 Siehe etwa Andreas Koerner, *Die Phoenixhütte in Borbeck, 1847–1926*, in: *Beiträge zur Geschichte von Stadt und Stift Essen* 109, 1997, S. 9–54, hier S. 20; Hans Seeling, *Télémaque Fortuné Michiels, der Phoenix und Charles Détilleux. Belgiens Einflüsse auf die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands im 19. Jahrhundert*, Köln 1996, S. 92–95; Wilfried Feldenkirchen, *Zum Einfluss der Standortfaktoren auf die Eisen- und Stahlindustrie des Ruhrgebiets (bis 1914)*, in: Fritz Blaich (Hrsg.), *Entwicklungsprobleme einer Region. Das Beispiel Rheinland und Westfalen im 19. Jahrhundert*, Berlin 1981, S. 47–87, hier S. 56–60; Ulrich Troitzsch, *Innovation, Organisation und Wissenschaft beim Aufbau von Hüttenwerken im Ruhrgebiet, 1850–1870*, Dortmund 1977, S. 38.
- 13 Vgl. Sebastian Haumann, »Critical« and Scarce? The Remarkable Career of Limestone, 1850–1914, in: *European Review of History* 27:3, 2020, S. 273–293.

Seit Beginn des Jahrhunderts stellten sich immer mehr Unternehmer und Ingenieure in Regionen, in denen Steinkohlevorkommen bekannt waren, der Herausforderung, das Produktionssystem umzustellen, wie es bereits seit Mitte des 18. Jahrhunderts in Großbritannien zunehmend gelang. Aus ökonomischen wie politischen Gründen nahm im Laufe des 19. Jahrhunderts der Druck zu, auf den billigeren Brennstoff zurückzugreifen, um nicht in technologischen Rückstand zu gelangen. Zudem erlaubte die höhere Festigkeit und Tragfähigkeit der Steinkohlen, größere Hochöfen in Betrieb zu nehmen, die erheblich größere Mengen an Roheisen produzieren konnten. In Preußen nahmen zwischen den 1820er und 1850er Jahren die Versuche zu, lokal verfügbare Eisenerze und Steinkohlen in den neu konstruierten Kokshochöfen zu verhütten. Viele Versuche scheiterten jedoch vorerst, weil es nicht gelang, eine Rohstoffzusammensetzung zu finden, die zu brauchbarem Roheisen führte – oder zumindest weil diese keine unmittelbaren Kostenvorteile gegenüber den herkömmlichen Verhüttungstechniken mit Holzkohle mit sich brachten. Aus metallurgischer Sicht war Steinkohle ohnehin nicht besonders attraktiv. Der Schwefelanteil des fossilen Brennstoffs war in der Regel hoch und das Roheisen, das damit produziert werden konnte, galt als minderwertig, weil die Weiterverarbeitung aufwendiger war.¹⁴

Vor allem aber schwankten die Eigenschaften der Steinkohle, die in den thermochemischen Prozessen im Hochofen mit den Eisenerzen reagierten. Es sei zu beobachten, so der Bergbeamte Conrad Heußler über einen der modernsten Kokshochöfen in Preußen Ende der 1850er Jahre, »daß [...] Kohlen aus verschiedenen Bezugsquellen [...] und [...] die Gattierung [Zusammenstellung; S. H.] der Erze [...] eine sehr ungleichmäßige« sei.¹⁵ Je größer die benötigten

-
- 14 Vgl. Ralf Banken, *The Diffusion of Coke Smelting and Puddling in Germany, 1796–1860*, in: Chris Evans/Göran Ryden (Hrsg.), *The Industrial Revolution in Iron. The Impact of British Coal Technology in Nineteenth-Century Europe*, Aldershot 2005, S. 55–73; Rainer Fremdling, *Transfer Patterns of British Technology to the Continent. The Case of the Iron Industry*, in: *European Review of Economic History* 4, 2000, S. 195–222; Gottfried Plumpe, *Die württembergische Eisenindustrie im 19. Jahrhundert. Eine Fallstudie zur Geschichte der industriellen Revolution in Deutschland*, Stuttgart 1982; Irmgard Lange-Kothe, *Die ersten Kokshochöfen in Deutschland, besonders im Rheinland und Westfalen*, in: *Stahl und Eisen* 85, 1965, S. 1053–1061; sowie verschiedene Beiträge in Rasch (Hrsg.), *Der Kokshochofen*.
- 15 Conrad Heusler, *Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben- und Hütten-Vereins zu Hochdahl*, 1859, Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz (GStAPK), 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 64.

Mengen Steinkohle, desto mehr wurde die Heterogenität des Materials zum Problem.¹⁶ Die Qualitätsschwankungen des Brennstoffs waren eine Herausforderung, die zur Anpassung des gesamten Produktionssystems zwang.

Eine aus metallurgischer Sicht naheliegende Lösung war es, auf Zuschläge zurückzugreifen, die dem Hochofen gezielt zugeführt werden konnten, um die Schwankungen zu kompensieren. Die Auswahl und Dosierung der Zuschläge gehörten zum jahrhundertealten Wissen, das Hüttenleute im Umgang mit unterschiedlichen Erzsorten entwickelt hatten.¹⁷ Nun übertrugen sie das Prinzip auf den Umgang mit den stark schwankenden Eigenschaften der Steinkohle. So stellte auch Heußler fest, die Zuschläge seien nicht nur »Basis zur Verschlackung der Kieselsäure [aus Eisenerzen; S. H.]«, sondern könnten auch »zur Aufnahme des Schwefels [aus der Steinkohle; S. H.]« dienen.¹⁸ Diese Maßnahme wiege, so Heußler, »manche Nachtheile auf, welche durch die Verwendung der [...] Fettkohlen von der Ruhr [...] hervorgerufen werden«.¹⁹ Das Prinzip war nicht neu, wohl aber der Anwendungszusammenhang, der sich nun nicht mehr nur auf die heterogene Zusammensetzung verschiedener Eisenerzsorten richtete, sondern auf die ungleichmäßigen Eigenschaften der Steinkohle. Der Einsatz von Zuschlägen war insofern ein »Hilfsmittel«, als es die Hüttenleute in die Lage versetzte, die thermochemischen Prozesse im Hochofen zu steuern. Zuschläge hatten eine kompensatorische Funktion, die es ermöglichte, Hochöfen auch mit Steinkohlekoks als Brennstoff über Jahre hinweg kontinuierlich und ohne einen Qualitätsrückgang oder Einbußen der Produktivität zu betreiben.

Um diese Funktion bestmöglich auszufüllen, konnten preußische Ingenieure und Unternehmer, die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit Kokshochöfen experimentierten, zunächst auf ganz unterschiedliche Zuschlagsmaterialien zurückgreifen. Kalkstein war nur eines davon und nicht

16 Nora Thorade, *Das Schwarze Gold. Eine Stoffgeschichte der Steinkohle im 19. Jahrhundert*, Paderborn 2020, S. 185–197; Helge Wendt, *Kohlezeit. Eine Global- und Wissensgeschichte (1500–1900)*, Frankfurt am Main 2022, S. 130.

17 Carl Hartmann, *Lehrbuch der Eisenhüttenkunde*, Bd. 1: Die Lehre von den Eigenschaften des Eisens, desgleichen die von den Eisenerzen, den Brennmaterialien, den Gebläsen und der Roheisenerzeugung enthaltend, Berlin 1833, S. 167 f.; Carl Johann Bernhard Karsten, *Handbuch der Eisenhüttenkunde*, Bd. 2: Von den Eisenerzen, von den Brennmaterialien und von den Gebläsen, 3. Aufl., Berlin 1841 (1816), S. 188 f.

18 Conrad Heusler, *Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben- und Hütten-Vereins zu Hochdahl*, 1859, *GStAPK*, 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 49.

19 Ebd.

einmal das am weitesten verbreitete. In zeitgenössischen Bestandsaufnahmen wurde eine ganze Reihe von Stoffen als potenziell geeignet geführt: »Kalktuff«, »Thonerde«, »Quarz«, »Mergel«, »Dolomit«, »Flußspath«, »Sandstein«, »Basalt« und »Wacke«. ²⁰ Auch in der einschlägigen Handbuchliteratur, hieß es zu Zuschlägen aus »Borax«, »Flussspath«, »Kalk« oder »Glas«: Die »verschiedenen Zusammensetzungen der Flüsse müssen nicht als unveränderlich angesehen werden«. ²¹ Noch 1839 konstatierte der Hüttenfachmann Carl Hartmann: »Ausser den eigentlichen Flüssen, dem Kalkstein, dem Thon, dem Quarz und dem Mergel, gibt es noch [...] Hornblende, Basalt, besonders die Wacke und de[n] Granat. Wo man Gelegenheit hat, diese Mineralien anzuwenden, nimmt man sie gern«. ²² Lange Zeit geschah dies auf Grundlage von Erfahrung oder basierte auf Zufallsfunden und war selten das Ergebnis systematischer Bemühungen im Bereich von Forschung und Entwicklung. So hat David Landes die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie im frühen 19. Jahrhundert treffend als »cookery« bezeichnet, bei der das praktische Erproben verschiedener Rohstoffsorten dominierte. ²³ Deshalb sahen die Zeitgenoss:innen vielfältige Möglichkeiten, um die thermochemischen Reaktionen im Kokshochofen mittels eines Zuschlags zu regulieren und die Schwankungen der Kohlequalität zu kompensieren.

Dass am Ende ein besonderer Kalkstein zum einzigen Zuschlagsmaterial wurde, das in den Hochöfen zum Einsatz kam, war zunächst einmal vor allem das Ergebnis sozialer Konstruktion. Der Blick nach Großbritannien und nach Belgien, wo schon in den 1830er Jahren große Kokshochofenwerke entstanden waren, legte nahe, dass kalkhaltiges Gestein geeignet war, um die herausfordernden Eigenschaften der Steinkohle zu bewältigen. ²⁴ Aber wie genau dieses

20 Karsten, *Handbuch der Eisenhüttenkunde*, Bd. 2, S. 189–192; Philipp Ferdinand Engels, *Bemerkungen über allgemeine Betriebsverhältnisse auf den Eisenhütten zu Asbach und Rheinböllen*, 12.10.1838, Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, Abteilung Westfalen, Münster (LAV NRW W), Oberbergamt Dortmund, 1216.

21 Carl Hartmann, *Practische Eisenhüttenkunde, oder systematische Beschreibung des Verfahrens bei der Roheisenerzeugung und der Stabeisenfabrication nebst Angaben über die Anlage und den Betrieb von Eisenhütten*, Bd. 1, Weimar 1839, S. 12.

22 Ebd., Bd. 1, S. 20 f.

23 David S. Landes, *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge 1969, S. 178.

24 Vgl. René Leboutte, *The Industrial Region of Liège in the 19th Century*, in: Toni Pierenkemper (Hrsg.), *Die Industrialisierung europäischer Montanregionen im 19. Jahrhundert*, Stuttgart 2002, S. 277–299, hier S. 286–289; Ulrich Troitzsch, *Belgien als Vermittler technischer Neuerungen beim Aufbau der eisenschaffenden Industrie*

Gestein zusammengesetzt und beschaffen sein musste, blieb lange Zeit unklar. Im westlichen Ruhrgebiet, wo sich zwischen 1851 und 1856 eines der größten Cluster der Eisenproduktion entwickelte, folgte die Auswahl letztlich ökonomischen Erwägungen.

Die frühen Hüttengründungen in Oberhausen, Mülheim, Essen, Duisburg, aber auch im Raum Düsseldorf, waren mit einer Reihe von Kalksteinbruchbetrieben im Niederbergischen Land verbunden, im Neandertal, im Umland von Ratingen und westlich von Elberfeld. Viele Investoren, die den Aufbau der Hüttenwerke finanzierten, waren zugleich auch an Steinbruchbetrieben beteiligt.²⁵ Auch die Vorteile einer guten Bahnanbindung waren ein wichtiges Kriterium. Entscheidend war aber die Erwartung, dass der Kalkstein aus den Steinbrüchen, die in den vergleichsweise großen und homogenen Vorkommen im Niederbergischen Land gelegen waren, in großen Mengen und mit gleichbleibenden Eigenschaften zur Verfügung stand. Dieser letztere Aspekt war extrem wichtig. Damit der Kalkstein seine kompensatorische Funktion zuverlässig erfüllen konnte, kam es darauf an, dass das verwendete Gestein über die gesamte mehrjährige Betriebsdauer der Hochofen möglichst homogen blieb. Aus diesem Grund, und nicht etwa, weil anderes kalkhaltiges Gestein für den Hochofen prinzipiell ungeeignet war, legten sich die Hüttenwerke im westlichen Ruhrgebiet in den 1850er Jahren auf eine ganz bestimmte Kalksteinsorte fest.²⁶

Diese pragmatische, aber nicht zwingende Festlegung wurde zum Ende der 1850er Jahre, gewissermaßen nachholend, durch chemische Normierung und die Definition eines Qualitätsstandards für Kalkstein rationalisiert. Ganz allgemein griffen Hüttenunternehmen in dieser Phase der Industrialisierung

im Ruhrgebiet um 1850, in: *Technikgeschichte* 39:2, 1972, S. 142–158; Philipp Ferdinand Engels, Nachrichten über mehrere im Königreich Belgien in Betrieb stehende Eisenhüttenwerke und den daselbst stattfindenden Coak-Hochofen-Betrieb. Des Reiseberichts I. Abtheilung, 9.9.1844, Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, Abteilung Rheinland, Duisburg (LAV NRW R), BR 101, 475.

25 Vgl. Hans Seeling, Zur Geschichte der Hochdahler Hütte und ihrer Gründer, in: *Düsseldorfer Jahrbuch* 55, 1975, S. 108–130; Dieter Beckmann, Die Entwicklung der Kalkindustrie im Bergisch-Märkischen Raum. Eine wirtschaftsgeographische Skizze, in: ders./Hans Knübel (Hrsg.), *Beiträge zur Landeskunde des Bergisch-Märkischen Raumes*, Wuppertal 1981, S. 187–224; Manfred Schürmann, Die Marmorschleifer aus dem Neandertal. Beckershoff, Pieper und der Kalk, in: *Journal. Jahrbuch des Kreises Mettmann* 8, 1989, S. 42–46.

26 Haumann, Kalkstein als »kritischer« Rohstoff, S. 59–62.

zunehmend auf wissenschaftliche Erkenntnisse und Modelle der Chemie zurück.²⁷ Sie stellten Chemiker ein, die Rohstoffe in neu errichteten Laboren systematisch auf ihre Bestandteile untersuchten, um den Hochofenprozess weiter zu optimieren und auf dieser Basis »strategische Produktionsentscheidungen« zu treffen.²⁸ Bei der Analyse des Kalksteins galt der Anteil an kohlen-saurem Kalk (CaCO_3) als das entscheidende Merkmal. Auf diesem Bestandteil basierte, den chemischen Modellen des thermochemischen Prozesses im Hochofen zufolge, die kompensatorische Funktion des Gesteins. Folglich zielte das Interesse der Hüttenwerke darauf, den Anteil an CaCO_3 möglichst konstant zu halten. Günstig war dabei, dass das Gestein aus den Niederbergischen Steinbrüchen einen hohen Anteil von 96–99 Prozent CaCO_3 aufwies, was den Vorteil hatte, dass geringere Mengen eingesetzt werden mussten, um die notwendigen chemischen Reaktionen in Gang zu setzen. Zufrieden stellte etwa der Chemiker Baedeker, der Gesteinsproben aus diesen Brüchen für die neue Eisenhütte Oberhausen analysierte, fest: »Der Gehalt an kohlen-saurem Kalk beträgt [...] 98,3 Prozent.«²⁹ So wurde der Anteil an CaCO_3 zunehmend herangezogen, um zu definieren was ein für die Eisenverhüttung brauchbarer Kalkstein war.

Mithilfe der chemischen Kriterien ließen sich verschiedene Gesteine nicht nur vergleichen. Sie erleichterten auch das Wirtschaften mit dem Rohstoff, denn dadurch wurde es möglich, Qualitätsstandards zu setzen, die institutionell, etwa in Lieferverträgen, abgesichert werden konnten.³⁰ Inwieweit der

-
- 27 Stefan Krebs, *Technikwissenschaft als soziale Praxis. Über Macht und Autonomie der Aachener Eisenhüttenkunde, 1870–1914*, Stuttgart 2009, S. 52–54; Jakob Vogel, *Wissen, Technik, Wirtschaft. Die modernen Wissenschaften und die Konstruktion der »industriellen Gesellschaft«*, in: Hartmut Berghoff/Jakob Vogel (Hrsg.), *Wirtschaftsgeschichte als Kulturgeschichte. Dimensionen eines Perspektivenwechsels*, Frankfurt am Main 2004, S. 295–323; Manfred Rasch, *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; Toni Pierenkemper, *Die westfälischen Schwerindustriellen, 1852–1913. Soziale Struktur und unternehmerischer Erfolg*, Göttingen 1979, S. 121 f.; Troitzsch, *Innovation, Organisation und Wissenschaft*, S. 37–39.
- 28 Thomas Welskopp, *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, S. 138 f.
- 29 Brief Baedeker, 11.1.1854, Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv, Köln (RWVA), 130, 2010/1.
- 30 Vgl. den Aufsatz von Ronja Kieffer und Eva-Maria Roelevink in diesem Band.

Kalkstein für die Eisen- und Stahlindustrie dadurch auch kommodifiziert und zu einem marktgängigen Gut wurde, ist aber fraglich, weil Produzenten und Abnehmer des Gesteins ohnehin eng miteinander verflochten waren.³¹ Was allerdings zu konstatieren ist, ist dass die Hüttenwerke die gesetzten Qualitätsnormen systematisch nutzen, um Lieferanten unter Druck zu setzen. Diese beschwerten sich über die »rigorosen Qualitäts-Forderungen«,³² die beispielsweise die Gutehoffnungshütte, zu dem die Eisenhütte Oberhausen gehörte, in den 1880er Jahren mit regelmäßigen Qualitätskontrollen durchsetzte. Am Ende des Jahrzehnts analysierten die Chemiker des Unternehmens rund ein Viertel der bezogenen Kalksteinlieferungen und meldeten Abweichungen von der chemischen Norm als Verstoß gegen die Lieferverträge.³³ Spätestens zu diesem Zeitpunkt reproduzierte die institutionalisierte Qualitätskontrolle die anhand chemischer Kriterien festgelegte Definition des Kalksteins als Rohstoff.

Obwohl die Festlegung auf ein chemisch eng definiertes Gestein den Spielraum der Rohstoffnutzung verengte, verbesserte sie die Erwartungssicherheit und reduzierte auf diese Weise die Komplexität der Eisenverhüttung.³⁴ Dieser Effekt war in der kompensatorischen Funktion des Zuschlags bereits angelegt, aber die Konsequenzen reichten weit darüber hinaus. Denn damit verschwanden auch Alternativen. Stoffe, die ebenso gut hätten genutzt werden

-
- 31 Mathias Mutz, *Industrialisierung als Umwelt-Integration. Konzeptionelle Überlegungen zur ökologischen Basis moderner Industrieunternehmen*, in: Günther Schulz/Reinhold Reith (Hrsg.), *Wirtschaft und Umwelt vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart. Auf dem Weg zu Nachhaltigkeit?*, Stuttgart 2015, S. 191–213; Lea Haller/Sabine Höhler/Andrea Westermann, *Rechnen mit der Natur. Ökonomische Kalküle um Ressourcen*, in: *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 37:1, 2014, S. 8–19; Hartmut Berghoff, *Moderne Unternehmensgeschichte. Eine themen- und theorieorientierte Einführung*, Paderborn 2004, S. 88; William Cronon, *Nature's Metropolis. Chicago and the Great West*, New York 1991, S. 145–147.
- 32 Notariatsakte, Vereinbarung der Kalkwerke, 11.7.1887, Archiv Rheinkalk, Wülfrath (RhK[L]), 06, 1.
- 33 Gutehoffnungshütte AG, *Analysen angefangen Juli 1886 beendet Februar 1890*, RW-WA, 130, 3116/1; Gutehoffnungshütte AG, *Analysen 22. Februar 1890–1892*, RW-WA, 130, 3116/2.
- 34 Vgl. Kijan Espahangizi, *Stofftrajektorien. Die kriegswirtschaftliche Mobilmachung des Rohstoffs Bor, 1914–1919 (oder: was das Reagenzglas mit Sultan Tschair verbindet)*, in: ders./Barbara Orland (Hrsg.), *Stoffe in Bewegung. Beiträge zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt*, Zürich 2014, S. 173–207; Mark Jakob/Alexander Nützenadel/Jochen Streb, *Erfahrung und Erwartung – eine vernachlässigte wirtschaftshistorische Perspektive?*, in: *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte* 59, 2018, S. 329–341.

können und zuvor auch tatsächlich in ähnlicher Funktion genutzt worden waren, fanden keine Verwendung mehr. Unterdessen avancierte Kalkstein, eng definiert über den CaCO_3 -Gehalt, Mitte des 19. Jahrhunderts zu einem essenziellen Rohstoff der Eisen- und Stahlindustrie.

Vom Stoff zum Rohstoff

Das Beispiel des Kalksteins macht deutlich, dass es bei der Definition von Rohstoffen auf Nuancen ankommt – anhand des CaCO_3 Gehalts bestimmten die Zeitgenoss:innen, welches Material für die Eisen- und Stahlindustrie nutzbar war, und grenzten es von unbrauchbarem Gestein ab. So wie Kalkstein kommen viele Stoffe als heterogene Konglomerate vor, die eine komplexe Zusammensetzung aus verschiedenen Bestandteilen aufweisen. Aber auf dem »Weg« in ein Produktionssystem wird aus der schier unendlichen stofflichen Vielfalt eine Variante des Stoffs als Rohstoff definiert. Die Kategoriebildung kann anhand unterschiedlichster, nicht nur chemischer Kriterien erfolgen. Bis weit in das 19. Jahrhundert spielten in der Eisen- und Stahlindustrie auch visuelle Erscheinungen oder körperliche Erfahrung eine Rolle.³⁵ Gemeinsam ist diesen Definitionsvorgängen, dass sie eine Abgrenzung vornehmen zwischen Varianten eines Stoffs, die als Rohstoff nutzbar sind, und solchen, die für die jeweilige Funktion nicht verwendet werden. Als typologische Kategorie verweist »Rohstoff« deshalb auf die Ergebnisse historischer Definitionsbestrebungen.

Die erweiterte Rohstoffgeschichte setzt hier an und richtet die Aufmerksamkeit auf solche Prozesse, in denen Stoffe als Rohstoffe definiert wurden und dadurch Relevanz erlangten. Dabei orientiert sie sich an dem Konzept der Social Construction of Technology (SCOT). So wie die Entstehung von Technologien nicht einfach als Resultat genialer Erfindungen oder als »beste« Lösung eines Problems zu verstehen ist, werden auch Rohstoffe in komplexen Konstruktionsprozessen erst hervorgebracht.³⁶ Zum einen kam es dabei auf das zeitgenössische Problemverständnis an, das vorzeichnete, welche Lösungen denkbar waren, als sinnvoll galten und überzeugen konnten. Zum ande-

35 Vgl. Kijan Espahangizi/Barbara Orland, Pseudo-Smaragde, Flussmittel und bewegte Stoffe. Überlegungen zu einer Wissensgeschichte der materiellen Welt, in: dies. (Hrsg.), *Stoffe in Bewegung*, S. 11–35.

36 Vgl. Trevor Pinch/Wiebe Bijker, The Social Construction of Facts and Artifacts, in: *Social Studies of Science* 14:3, 1984, S. 399–441.

ren bestimmten Interessen und Vorstellungen, über die durchaus gestritten werden konnte, darüber, wie ein Rohstoff definiert wurde.³⁷ Die Verwendung und Definition von Rohstoffen ist regelmäßig umstritten und wird zwischen verschiedenen Akteursgruppen ausgehandelt, die unterschiedliche Interessen und Vorstellung verfolgen. Während sich Unternehmer bei der Definition des Rohstoffs Kalkstein vor allem vom Interesse der Erwartungssicherheit leiten ließen, verknüpften Hüttenleute und Ingenieure das traditionelle Erfahrungswissen der Metallurgie mit neuen chemischen Erkenntnissen. Darüber hinaus nahmen staatliche Beamte der Bergbehörden Einfluss, die nicht nur für die Genehmigung von Hüttenanlagen zuständig waren, sondern auch die geologische Erkundung von Gesteinsvorkommen dominierten. Letztlich resultierte die Bedeutung, die Kalkstein als Rohstoff erlangte, darauf, dass dieser Stoff an der Schnittstelle dieser verschiedenen Interessen und Vorstellungen der beteiligten Akteur:innen stand.

Das Konzept der SCOT legt zudem nahe, dass Alternativen, etwa eine andere Variante eines Stoffs zu nutzen, im Laufe des Konstruktionsprozesses verschwinden. Unter dem Begriff der »closure« oder des »lock-in« haben Historiker:innen mit Blick auf die Technikentwicklung zeigen können, wie sich aus einer Vielzahl von Möglichkeiten, eine bestimmte Technologie auszugestalten, eine dominante Form herausbildet und andere Lösungen zunehmend verdrängt. Schließlich wird diejenige Technologie, die sich durchsetzt, nicht mehr hinterfragt und als einzige mögliche Option gewissermaßen als gegeben angesehen.³⁸ Wenn Kalkstein für die Eisen- und Stahlherstellung bis heute wie selbstverständlich als Gestein definiert wird, das mindestens 97 Prozent CaCO_3 enthält,³⁹ ist das auch ein Resultat der Konstruktionsprozesse Mitte des 19. Jahrhunderts.

Diese Überlegungen lassen sich weiter präzisieren, wenn man berücksichtigt, dass Rohstoffe nicht einfach so, sondern in einer spezifischen Funktion

37 Martina Heßler, *Kulturgeschichte der Technik*, Frankfurt am Main 2012, Zusatzkapitel, S. 9 f.; für die Eisen- und Stahlindustrie siehe Thomas J. Misa, *A Nation of Steel. The Making of Modern America, 1865–1925*, Baltimore 1995.

38 Vgl. Thomas J. Misa, *Controversy and Closure in Technological Change*. *Constructing Steel*, in: Wiebe E. Bijker/John Law (Hrsg.), *Shaping Technology/Building Society*. *Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge, MA 1992, S. 109–139.

39 Joseph Oates, *Lime and Limestone. Chemistry and Technology, Production and Uses*, Weinheim 2008, S. 97; Jacques Geysant, *Geologie des Calciumcarbonats*, in: Wolfgang F. Tegethoff, *Calciumcarbonat. Von der Kreidezeit ins 21. Jahrhundert*, Basel 2001, S. 1–51, hier S. 25 f.

innerhalb eines Produktionssystems definiert werden.⁴⁰ Diesem Ansatz zufolge werden unternehmerische Organisation, institutionelle Rahmenbedingungen und vor allem Wissensbestände einerseits und die Ausgestaltung technischer Artefakte wie Maschinen, Anlagen oder eben auch die genutzten Rohstoffe andererseits so aneinander angepasst, dass sie ineinandergreifen. Rohstoffe sind demnach Elemente, die so definiert sind, dass sie innerhalb eines Systems funktionieren.⁴¹ Auch hier gilt, wie bei SCOT-Ansätzen allgemein, dass ein Produktionssystem nicht nur aus »technischen« Elementen besteht, sondern eben auch aus »sozialen«, wie Wissen oder Institutionen, von denen die Definition eines Rohstoffs gleichermaßen abhängig ist. Für Kalkstein wurde der hohe CaCO_3 -Gehalt deshalb zum entscheidenden Kriterium, weil das Gestein, den Vorstellungen der Zeitgenoss:innen folgend, die Heterogenität der Erz- und Steinkohlesorten im Hochofen kompensieren sollte. Seine Definition als Rohstoff kann nicht losgelöst von der Entwicklung der Produktionssysteme der Eisen- und Stahlindustrie im 19. Jahrhundert verstanden werden.

Die Konstruktionsprozesse und Definitionsvorgänge, in denen Stoffe zu Rohstoffen werden, sind ein lohnender Untersuchungsgegenstand, aber sie werfen die grundsätzlichere theoretische Frage nach dem Verhältnis von materiellen Eigenschaften und sozialer Konstruktion auf: Inwieweit spiegelt die Definition eines Stoffs als Rohstoff naturgesetzliche Notwendigkeiten wider oder die Vorstellungen der Menschen, die mit ihm arbeiten? So war etwa die Definition von Gestein mit einem hohen Anteil von CaCO_3 als Rohstoff nicht unabhängig von den Wirkungen, die das Gestein in den thermochemischen Prozessen im Hochofen entfaltete – ein beliebiges Material als Zuschlag zu verwenden hätte schlicht nicht funktioniert. Aber in seiner spezifischen Funktion basierte die Definition auf dem Wissen über Zuschläge, den Fähigkeiten der

40 Dieses Argument ist angelehnt an das Konzept der Large Technological Systems, vgl. Thomas P. Hughes, *Die Erfindung Amerikas. Der technologische Aufstieg der USA seit 1870*, München 1991.

41 Thomas P. Hughes, *The Evolution of Large Technological Systems*, in: Ders./Wiebe Bijker/Trevor Pinch (Hrsg.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Mass. 1987, S. 51–82, hier S. 52; Christian Zumbrägel, *Die vorindustriellen Holzströme Wiens. Ein sozionaturales großtechnisches System?*, in: *Technikgeschichte* 81, 2014, S. 335–362; Sebastian Haumann, *Towards a Historical Understanding of Critical Raw Materials. Suggestions from a History of Technology Perspective*, in: *CAiA* 27, 2018, S. 373–378.

Hüttenleute und wirtschaftlichen Interessen. Offensichtlich hingen hier beide Aspekte miteinander zusammen.

Die Debatten über »Materialität«, die in den letzten Jahren vermehrt in den Geschichtswissenschaften geführt wurden, fragen nach solchen Verknüpfungen zwischen sozialer Konstruktion und materiellen Eigenschaften. Auf der einen Seite wird konstatiert, dass die Art und Weise, wie Menschen Rohstoffe nutzen, immer davon abhängt, wie sie sie verstehen. Auf der anderen Seite entfalten diese Stoffe auch unabhängig von menschlichen Vorstellungen Wirkungen, die reale Konsequenzen haben. Es sei nötig, mit »Natur« im Sinne einer physisch wirksamen Realität in der Geschichte [zu] arbeiten [...], ohne eine naiv-szientistische Position einzunehmen«, so Verena Winiwarter und Martin Schmid.⁴² Vor allem in neueren Studien zur Umweltgeschichte geht es oft um das Verhältnis von menschlichen Naturvorstellungen einerseits und materiellen Eigendynamiken andererseits. Sie zeigen, wie menschliche Handlungsmöglichkeiten begrenzt sind, aber auch, dass materielle Phänomene menschliches Handeln nicht determinieren.⁴³ Dies trifft – was in Bezug auf Rohstoffe besonders relevant ist – auch auf die chemischen und physikalischen Reaktionen zu, zu denen Stoffe neigen oder zu denen sie sich eignen.⁴⁴ Sie existieren zwar unabhängig von dem, wie Menschen sie verstehen, aber der sozial konstruierte menschliche Umgang mit ihnen, zum Beispiel durch die Definition von Rohstoffen, ist weder beliebig noch folgenlos.

42 Verena Winiwarter/Martin Schmid, Umweltgeschichte als Untersuchung sozionaturaler Schauplätze? Ein Versuch, Johannes Colers »Oeconomia« umwelthistorisch zu interpretieren, in: Thomas Knopf (Hrsg.), *Umweltverhalten in Geschichte und Gegenwart. Vergleichende Ansätze*, Tübingen 2008, S. 158–173, hier S. 158; vgl. auch Verena Winiwarter/Martin Schmid, *Socio-Natural Sites*, in: Sebastian Haumann/Martin Knoll/Detlev Mares (Hrsg.), *Concepts of Urban-Environmental History*, Bielefeld 2020, S. 33–50.

43 Timothy J. LeCain, *The Matter of History. How Things Create the Past*, Cambridge, MA 2017; ders., *Against the Anthropocene. A Neo-Materialist Perspective*, in: *International Journal of History, Culture, and Modernity* 3:1, 2015, S. 1–28; Franz-Josef Brüggemeier, *Schranken der Natur. Umwelt, Gesellschaft, Experimente 1750 bis heute*, Essen 2014; Verena Winiwarter/Martin Schmid/Gert Dressel, *Looking at Half a Millennium of Co-existence. The Danube in Vienna as a Socio-Natural Site*, in: *Water History* 5:2, 2013, S. 101–119; Michael Rawson, *Eden on the Charles. The Making of Boston*, Cambridge, MA u. a. 2010.

44 Jens Soentgen, *Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen*, München 2019.

Ein Impuls für dieses umweltgeschichtliche Verständnis von Materialität kommt aus dem Feld der Wissensgeschichte, wo die Produktion von Wissen über »Natur« ein wichtiger Untersuchungsgegenstand geworden ist. Rohstoffe lassen sich etwa in Anlehnung an Hans-Jörg Rheinberger als »epistemische Objekte« beschreiben, die Gegenstand intensiver Wissensbemühungen wurden, und dadurch überhaupt erst konstituiert wurden.⁴⁵ Solche Ansätze haben die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung von Experimenten, systematischen Beobachtungen, oder körperlichen Erfahrungen gelenkt, mit denen Menschen Wissen über Stoffe generieren.⁴⁶ Tatsächlich haben viele der neueren Arbeiten zur Geschichte einzelner Stoffe die historische Konstruktion von Wissen als zentralen Erklärungsfaktor in die Analyse des Wandels der Rohstoffnutzung einbezogen – Jacob Vogel für Salz, Rüdiger Graf für Öl oder Tim LeCain für Kupfer, um nur einige zu nennen.⁴⁷ Obwohl Versuchsanordnungen und Beschreibungen durch Vorannahmen geprägt waren, entstand Wissen dabei in physischer Auseinandersetzung mit den stofflichen Eigenschaften und der Eigendynamik des Materials. Es handelte sich um die Co-Konstruktion von (naturwissenschaftlichem) Wissen durch menschliche Vorstellungen *und* durch die Wirkung von Stoffen in Versuchsanordnungen oder Produktionssystemen.⁴⁸

Am Beispiel des Kalksteins der Eisen- und Stahlindustrie wird deutlich, dass der Stoff deshalb zum Rohstoff wurde, weil er beide Bedingungen erfüllte. Die Definition anhand des CaCO_3 -Gehalts entsprach dem zeitgenössischen Wissen über die Funktion von Hochofen sowie den wirtschaftlichen Interessen der Unternehmen. Sie entsprach aber auch den beobachtbaren Wirkungen und den Erfahrungen mit der materiellen Eigendynamik, die die Stoffe in den thermochemischen Prozessen im Hochofen entfalteten. Kalkhaltiges Gestein mit mindestens 97 Prozent CaCO_3 wurde zum Rohstoff, weil dieses Kriterium sowohl den Vorstellungen der beteiligten Akteur:innen gerecht wurde,

45 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen 2001.

46 Vgl. Espahangizi/Orland, *Pseudo-Smaragde*.

47 Jakob Vogel, *Ein schillerndes Kristall. Eine Wissensgeschichte des Salzes zwischen Früher Neuzeit und Moderne*, Köln 2008; Rüdiger Graf, *Öl und Souveränität. Petroknowledge und Energiepolitik in den USA und Westeuropa in den 1970er Jahren*, Berlin 2014; LeCain, *Mass Destruction*.

48 Vgl. Bruno Latour, *The Pasteurization of France*, Cambridge, MA 1988; Karen Barad, *Agentieller Realismus. Über die Bedeutung materiell-diskursiver Praktiken*, Berlin 2012.

als auch die erwarteten materiellen Wirkungen hervorbrachte. Es klingt fast banal, dass die Vorstellungen über den Nutzen eines Rohstoffs kongruent mit den materiellen Eigenschaften sein müssen. Aber weder das eine noch das andere waren für sich genommen ausreichend: Materielle Wirkungen, die aus Sicht der Zeitgenoss:innen keinen Sinn ergaben, sind historisch ebenso irrelevant, wie Wissen, das keiner materiellen Wirkung entsprach. Die erfolgreiche Definition als Rohstoff basierte also auf der Schnittmenge, bei der sozial konstruierte wie materielle Bedingungen erfüllt waren.

Rohstoffe werden durch dieses Wechselspiel zwischen sozialer Konstruktion und materiellen Eigenschaften konstituiert. Genauer: Sie werden als Elemente von Produktionssystemen definiert, wo sie funktionieren, aber auch dem zeitgenössischen Verständnis nach sinnvoll eingesetzt werden müssen. So wie »Stoff« generell eine dynamische Kategorie ist, ist auch die Abgrenzung von »Rohstoffen« gegenüber unbrauchbarem Gestein oder anderen Materialien grundsätzlich veränderlich und das Ergebnis von historischen Prozessen. Diese Einsicht leitet sich aus den Konzepten der SCOT sowie der Umwelt- und Wissensgeschichte ab und eröffnet neue historische Fragestellungen, die empirisch weiter zu untersuchen sind. Typologisch betrachtet ist ein »Rohstoff« damit ein Stoff, bei dem materielle Eigenschaften und soziale Konstruktion im Rahmen von Produktionssystemen zusammenfallen. Daran ist auch die historische Bedeutung von Rohstoffen zu ermessen. Wann und wie materielle Eigenschaften und soziale Konstruktion zusammenfallen, sich verstetigen und möglicherweise wieder voneinander lösen – also ein Stoff aufhört, ein Rohstoff zu sein – gehört zu den wichtigen Erkenntnispotenzialen einer erweiterten Rohstoffgeschichte.

Ein praxeologischer Zugriff auf die Quellenüberlieferung

Die Funktion eines möglichst breiten Spektrums von Rohstoffen zu bestimmen, oder zu analysieren, wie Zeitgenoss:innen diese Rohstoffe definierten, ist eine methodische Herausforderung – zumindest für die Zeit der europäischen Industrialisierung. Denn die Überlieferungslage spiegelt eher die zeitgenössische Aufmerksamkeit für bestimmte Rohstoffe wider und nicht unbedingt ihre Bedeutung in den Produktionssystemen, auf die eine erweiterte Rohstoffgeschichte abzielt.

So ist auffällig, dass Kalkstein kaum explizit in den Quellen thematisiert wird, die sich beispielsweise in den umfassenden Archivbeständen der

Hüttenunternehmen finden.⁴⁹ Auch in publizierten Quellen, etwa in den Zeitschriften der Montan- und Ingenieurwissenschaften, taucht das Gestein verhältnismäßig selten als eigentlicher Gegenstand der Darstellung auf.⁵⁰ Der Zuschlag war kein zentrales Thema, über das regelmäßig verhandelt oder nachgedacht wurde. Es entsprach aber auch der kompensatorischen Funktion des Rohstoffs, dass das Gestein meist nicht für sich genommen, sondern als untergeordneter Aspekt im Zusammenhang mit anderen Rohstoffen, mit der Konstruktion von Anlagen oder Kosten- und Verbrauchsberechnungen diskutiert wurde. Aus diesen Gründen taucht Kalkstein zwar selten als eigentlicher Gegenstand in den Quellen auf, aber trotzdem wurde die Nutzung des Zuschlags am Rande anderer Fragen thematisiert, über die diese klassischen Quellen der Technik- und Wirtschaftsgeschichte Auskunft geben. Berichte über Hüttenwerke, Handlungsanleitungen in Handbüchern, Betriebsvorschriften, Vorstandsprotokolle, Lieferverträge oder Kosten- und Verbrauchsaufstellungen bieten wichtige Anhaltspunkte über die Verwendung von Kalkstein, auch wenn der Rohstoff darin nur beiläufig behandelt wurde.

In einem ausführlichen Bericht, den Georg Meydam als Referendar der preußischen Berg- und Hüttenverwaltung im Herbst 1864 über die Eisenhütte Oberhausen vorlegte, zeigte sich beispielsweise die kompensatorische Funktion des Zuschlags, ohne dass hier die Auseinandersetzung mit dem Zuschlagsmaterial im Zentrum der Darstellung stand. Meydam beschrieb die materiellen Eigenschaften und die Eigendynamik des Kalksteins, und zwar im Kontext der Arbeitsabläufe, die er auf dem Hüttenwerk beobachtet hatte. Über die Verfahren am Hochofen schrieb er, dass »[d]ie Zuschlagsmenge [...] nach den Erzgichten normiert«⁵¹ würde und dokumentierte damit, was er über Handlungen und die Rohstoffnutzung für berichtenswert hielt und

49 Eine hervorragende Überlieferungslage findet sich beispielsweise im Bestand 130, Gutehoffnungshütte, im Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv, Köln (RWVA), oder in den Beständen des ThyssenKrupp Konzernarchivs, Duisburg. Ergiebig für die staatliche Aufsicht über das Berg- und Hüttenwesen bis 1865 sind die Bestände des Geheimes Staatsarchivs Preußischer Kulturbesitz (GStAPK).

50 Siehe z. B. in der *Berg- und Hüttenmännischen Zeitung*, *Stahl und Eisen* oder im vollständig digital erschlossenen *Polytechnischen Journal* (<https://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/13004/1> [25.4.2023]).

51 Georg Meydam, *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.

wie er sie verstand. Die Art und Weise, wie Meydam die Vorgänge am Hochofen beschrieb, die Wortwahl und die Auswahl der Informationen knüpfte an ein bestimmtes Vorverständnis an. Schon weil er sich gegenüber seinen Vorgesetzten und Prüfern als kompetenter Beobachter präsentieren wollte. Er dokumentierte damit nicht nur die Anlagen und Arbeitsabläufe im Hüttenwerk, sondern belegte damit auch seine Qualifikation als fachkundiger Beobachter, der die thermochemischen Prozesse im Hochofen durchdrungen hatte.

Meydams Beschreibung ist auch in anderer Hinsicht aufschlussreich: Er verhandelte die verwendeten Rohstoffe in Zusammenhang mit den Praktiken der Eisenverhüttung. Praktiken sind routinisierte Handlungsabläufe, die immer wieder, auch von verschiedenen Personen, in gleicher oder ähnlicher Form vollzogen werden, ohne ihren Charakter zu verändern.⁵² In diesem Sinne handelt es sich bei der Arbeit am Hochofen um eine Praktik par excellence. Denn das Verfahren der Eisenverhüttung basierte darauf, dass Arbeiter in immer gleichen Routinen Erz, Kohle und Zuschläge in den Hochofen gaben, dass sie Anlagen bedienten und viele weitere Arbeitsschritte nach einem strikt festgelegten Muster vollzogen. Der Fokus auf Praktiken der Rohstoffnutzung liefert aber nicht nur wichtige Einsichten in den Produktionsprozess. Er hilft vor allem dabei, den Herausforderungen der Überlieferung zu begegnen.

In den Geschichtswissenschaften sind praxeologische Ansätze bisher vornehmlich dazu verwendet worden, um die soziale Bedeutung von Ritualen oder anderen Phänomenen der sozialen Ordnung und der Subjektivierung zu analysieren.⁵³ Gleichwohl spielen auch Dinge, Stoffe und »Natur«-Wahr-

52 Vgl. Elizabeth Shove/Mika Pantzar/Matt Watson, *The Dynamics of Social Practice. Everyday Life and how it Changes*, Los Angeles 2012; Andreas Reckwitz, *Toward a Theory of Social Practices. A Development in Culturalist Theorizing*, in: *European Journal of Social Theory* 5, 2002, S. 243–263; Theodore R. Schatzki, *The Site of the Social. A Philosophical Account of the Constitution of Social Life and Change*, University Park, PA 2002.

53 Vgl. Marian Füssel, *Praktiken historisieren. Geschichtswissenschaft und Praxistheorie im Dialog*, in: Franka Schäfer/Anna Daniel/Frank Hillebrandt (Hrsg.), *Methoden einer Soziologie der Praxis*, Bielefeld 2015, S. 267–287; Lucas Haasis/Constantin Rieske (Hrsg.), *Historische Praxeologie. Dimensionen vergangenen Handelns*, Paderborn 2015.

nehmung eine zentrale Rolle in der Praxistheorie.⁵⁴ In seiner, inzwischen als klassisch geltenden Definition betont Andreas Reckwitz, dass routinisierte Handlungsabläufe nicht nur sozial bedingt sind, sondern auch von materiellen Gegenständen und deren Wirkungsweisen abhängen. Im Vollzug einer Praktik spielt fast immer der Umgang mit Dingen oder Stoffen – im körperlichen und physischen Sinne – eine entscheidende Rolle und ist ohne diese nicht denkbar. Zahlreiche Routinen, vom Essen bis zum Laborexperiment, belegen das. Reckwitz und andere Praxistheoretiker:innen sprechen von sozialen und materiellen »Elementen«, die im Vollzug einer Praktik zu einem »Block« verschmelzen, dessen »existence necessarily depends on the existence and specific interconnectedness of those elements and which cannot be reduced to any one of these single elements«. ⁵⁵ Stoffe sind damit konstituierende Elemente von Praktiken. Eine Vielzahl von routinisierten Handlungsabläufen wäre ohne den Rückgriff auf Stoffe überhaupt nicht möglich.⁵⁶

Die praxeologische Analyse erlaubt aber nicht nur Einblicke in die sozialen Beziehungen, die durch die Arbeit mit Rohstoffen entstanden, sondern vor allem auch Rückschlüsse auf die verwendeten Rohstoffe selbst. Denn während über viele Stoffe nur selten explizit reflektiert wurde, lässt sich vieles über sie dadurch erschließen, was Menschen routinemäßig mit ihnen taten. Am Hochofen kam es darauf an, die Stetigkeit der thermochemischen Prozesse durch die Stetigkeit der Arbeitsabläufe sicherzustellen, mit denen Arbeiter die Rohstoffe zuführten. Weil sie immer gleich durchgeführt werden mussten, unabhängig davon, wer sie ausführte, wurden Arbeitsabläufe einerseits immer wieder begründet und in Handlungsanleitungen formalisiert. Andererseits wurden sie durch den Aufbau des Hüttenwerkes vorstrukturiert, indem Tätigkeiten in die Anlage eingeschrieben waren. Aus beiden Zusammenhängen lässt sich rekonstruieren, wie routinisierte Handlungen am Hochofen auf die Verwendung bestimmter Rohstoffe ausgerichtet waren.

54 Vgl. Theodore Schatzki, *Materiality and Social Life*, in: *Nature and Culture* 5:2, 2010, S. 123–149; Frank Trentmann, *Materiality in the Future of History. Things, Practices and Politics*, in: *Journal of British Studies* 48:2, 2009, S. 283–307.

55 Reckwitz, *Toward a Theory of Social Practices*, S. 249 f.

56 Thomas Welskopp hat dies schon vor längerer Zeit im Hinblick auf die soziale Ordnung im Hüttenwerk herausgearbeitet und Thomas Andrews hat dies am Beispiel des Kohlenbergbaus nochmals im Hinblick auf die »Materialität« der Bergwerke zugespitzt: Welskopp, *Arbeit und Macht*; Thomas G. Andrews, *Killing for Coal. America's Deadliest Labor War*, Cambridge, MA 2008.

Anhand der überlieferten Quellen lassen sich beispielsweise für das Hüttenwerk der Phoenix AG in Laar, heute ein Stadtteil von Duisburg, die Praktiken, die sich rund um den Kalkstein in einer kompensatorischen Funktion in den 1850er Jahren herausgebildet hatten, gut nachzeichnen. Es begann mit der Zusammenstellung der Rohstoffe, der sogenannten Möllering, in einem eigens dafür eingerichteten Bereich des Werkes:

»Der Möllerplatz [...] ist ein längliches, mit Eisenplatten belegtes Viereck, welches durch rechtwinklig sich kreuzende Bahnen in kleinere quadratische Felder abgetheilt ist, deren jedes einem Möllerhaufen von 50 Wagenladungen als Basis dient. Ein solcher Haufen reicht hin, um einen Hochofen auf 48 Stunden mit Erz zu versehen. Das Herrichten der Möllerhaufen geschieht mit besonderer Vorsicht, welche überall nöthig ist, wo gleichzeitig eine grössere Zahl verschiedenartiger Erze verschmolzen wird.«⁵⁷

Um die Möllerhaufen zusammenzustellen, brachte eine Pferdebahn die Rohstoffe von einem Lagerplatz heran. Die Wagen dieser Bahn waren so konstruiert, dass »deren Seitenwände sich in der Weise umlegen lassen, dass die mit dem Anfertigen des Möllers beschäftigten Leute, während sie die Wagen mittels Schippen entladen, auf diesen Seitenborden stehen«.⁵⁸ In diesem Prozedere wurden die Rohstoffe »in dünnen Lagen übereinander ausgebreitet und wo erforderlich noch auf dem Haufen mit Handhämmern zerkleinert«.⁵⁹ Die Zusammenstellung war sehr arbeitsintensiv. Für das Ausladen der Wagen benötigte es bis zu zwölf Arbeiter.⁶⁰

Die so vorbereiteten Haufen wurden dann in sogenannte Gichtwagen geladen, und zwar »indem man dabei die einzelnen Lagen [...] von oben nach unten durchsticht«.⁶¹ Dadurch erreichte man, dass sich die Lagen »beim Einfüllen in die Gichtwagen [...] gut miteinander mischen und dadurch den geregelten Ofengang begünstigen«.⁶² Die speziellen Gichtwagen, mit denen Erze

57 Josef Massenez, Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix zu Laar bei Ruhrort, in: Die baulichen Anlagen auf den Berg-, Hütten- und Salinenwerken in Preussen 3:1 (1864), S. 1–14, hier S. 3.

58 Ebd., S. 2.

59 Ebd., S. 3.

60 Ebd.

61 Jacob LeHanne, Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort, Oktober 1864, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 38.

62 Massenez, Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix, S. 3.

und Zuschläge zum Hochofen gefahren wurde, waren »um ihre vordere Axe beweglich und werden in der Weise entleert, dass der Arbeiter einen Holzhebel zwischen die hintere Axe und den Wagenkasten stemmt und letzteren so nach vorn überkippt.«⁶³ Dieser Handlungsschritt, der von den Gichtsetzern, einer spezialisierten Gruppe Arbeiter, durchgeführt wurde, war darauf ausgerichtet, Eisenerze und Zuschläge in möglichst gleichmäßigen Lagen über den Lagen aus Steinkohlekoks aufzutragen.⁶⁴

Auf der Gicht, wo die Hochöfen kontinuierlich von oben mit Rohstoffen befüllt wurden, wurden dann auf der Eisenhütte Oberhausen folgende Arbeitsschritte vollzogen:

»[Es] werden zuerst die Coaks, darüber der Kalkstein und schließlich die Erze [...] an 4 Punkten aufgegeben. Coaks und Eisensteine werden direct aus dem Wagen in den Ofen gekippt und die Coaks [...] nach der Mitte geschoben; der Kalkstein wird zunächst auf das Gichtplateau [die Arbeitsbühne am Hochofen; S. H.] gestürzt und mittelst der Schaufel gleichmäßig [...] eingetragen.«⁶⁵

Wagen wurden bewegt und geleert, Koks wurde geschoben und Kalkstein, der zunächst »auf dem Hüttenplatze mittelst Handarbeit in faustgroße Stücke geschlagen«⁶⁶ wurde, wurde gleichmäßig verteilt. Der Handlungsablauf wiederholte sich bis zu 30-mal täglich über mehrere Jahre ununterbrochen in gleicher Weise.

Das Zusammenstellen der Erzsorten, der Einsatz der Zuschläge und ihre Verteilung auf der Gicht waren äußerst sensible Schritte im Verhüttungsverfahren, über die in zahlreichen Quellen berichtet wurde. Weil die Handlungsabläufe möglichst stetig und gleichbleibend durchgeführt werden mussten,⁶⁷ schienen sie besonders vom »guten Willen der Arbeiter«⁶⁸ abhängig und anfällig für Störungen zu sein. Jedenfalls beschrieb Josef Massenez, technischer

63 Ebd., S. 8.

64 Troitzsch, *Innovation, Organisation und Wissenschaft*, S. 31.

65 Georg Meydam, *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.

66 Jacob LeHanne, *Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort*, Oktober 1864, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 40 f.

67 Troitzsch, *Innovation, Organisation und Wissenschaft*, S. 35.

68 Massenez, *Die Hochofen- und Walzanlage Phoenix*, S. 3.

Leiter der Hütte in Laar, die von den Vorgaben abweichende Ausführung der einzelnen Arbeiten als gravierendes Problem. So wundert es nicht, dass gerade im Zusammenhang mit diesen Verfahrensschritten die Verbesserung der Fabrikdisziplin eingefordert und entsprechende Maßnahmen getroffen wurden, die sich in Arbeitsanweisungen und Konstruktionsplänen niedergeschlagen haben. Neben den Sanktionsmöglichkeiten wie Lohnkürzungen setzten die Unternehmen vor allem auf die Überwachung der Arbeitsabläufe.⁶⁹ Zur Beaufsichtigung eigneten sich die hoch über den Betriebsstätten gelegenen Brücken, die mehrere nebeneinanderstehende Hochöfen verbanden:

»Ganz besonders erleichtert aber wird durch diese Anordnung die Beaufsichtigung und Controlierung der auf der Gicht beschäftigten Arbeiter, denn einerseits gewährt die freie Lage der Gichtbrücken dem Aufsichtsbeamten, fast von jedem Punkte des Werkes aus, einen Ueberblick über die Thätigkeit dieser Arbeiter, andererseits macht die Verbindung sämtlicher Hochofengichten unter einander es möglich, mit einem einmaligen Ersteigen der Gichthöhe, nach einander die Gichten sämtlicher Oefen zu revidieren, wie viel aber beim Hochofenbetriebe gerade auf das regelrechte Aufgeben der Beschickung ankommt, und dass diese Regelmässigkeit eben nur durch die strengste Controlle der Arbeiter zu erzielen ist, ist zu bekannt, als dass der Vortheil der Erleichterung einer solchen Controlle unterschätzt werden könnte.«⁷⁰

Die Überwachung der Arbeiten griff mit der Anlage der Vorrichtungen, die zur Vermischung und Verteilung der Rohstoffe zur Verfügung standen, ineinander. Schon die lagenweise Zusammenstellung der Erzsorten auf dem Möllerplatz war durch die Vorrichtung der »Möllerbetten« vorstrukturiert. Um zu verhindern, dass die Arbeiter beliebig hohe Haufen aufschichteten und infolgedessen Unterschiede zwischen den einzelnen Chargen entstanden, »geschieht [das Möllern] [...] in Möllerbetten von 4 Fuß Höhe«.⁷¹ Auch in

69 Ulrich Zumdick, *Hüttenarbeiter im Ruhrgebiet. Die Belegschaft der Phoenix-Hütte in Duisburg-Laar, 1853–1914*, Stuttgart 1990, S. 144.

70 Schönfelder, *Die Ho[c]hofen-Anlage zu Hörde*, in: *Die baulichen Anlagen auf den Berg-, Hütten- und Salinenwerken in Preußen* 1:1, 1861, S. 1–16, hier S. 9.

71 Jacob LeHanne, *Praktische und technische Darstellung des Hochofenwerkes der Gesellschaft »Phoenix« zu Laar bei Ruhrort, Oktober 1864*, LAV NRW R, BR 101, 607, S. 38.

weitere Geräte und Anlagen, wie die Gichtwagen, versuchten die Unternehmensleitungen die Gleichmäßigkeit der Arbeitsabläufe einzuschreiben.⁷²

Zugleich waren die Eigenschaften der verhütteten Rohstoffe auf die Praktiken abgestimmt, mit denen sie auf die Gicht aufgegeben wurden – auch das lässt sich über die vorhandenen Quellen gut rekonstruieren:

»Die Qualität der Kohle mit Bezug auf ihre backende Eigenschaft und Tragfähigkeit ist für den Betrieb von der unmittelbarsten Wichtigkeit, während der Gehalt an erdigen Bestandtheilen und an Schwefelkies für die Erzgattierung [die Zusammenstellung verschiedener Erzsorten; S. H.] und den Kalkzuschlag [...] zu einer nicht unwesentlichen Berücksichtigung kommt.«⁷³

Kohle, Erz und Kalkstein mussten so beschaffen und aufbereitet sein, dass sie sich in Schichten auftragen ließen. Dazu war ihre Festigkeit, Grobkörnigkeit und ihre Reaktion in der Hitze des Hochofens von größter Bedeutung. Auf diese Weise waren die Eigenschaften der Rohstoffe, darunter auch Kalkstein in seiner spezifischen kompensatorischen Funktion, mit den Arbeitsabläufen verwoben. Aus praxeologischer Sicht formten sie zusammen einen »Block«, in dem Handlungen und Stoffe untrennbar aufeinander bezogen waren.

Theodore Schatzki, einer der führenden Theoretiker der Praxeologie, hat auf die Bedeutung solcher »practice-arrangement nexuses« hingewiesen, in denen Handlungsroutrinen und materielle Arrangements einander bedingen.⁷⁴ Zu den Arrangements gehören technische Artefakte, wie die Hochöfen, aber auch Stoffe, die in den Praktiken eine Rolle spielen. Dass Arrangements und Handlungsroutrinen einander bedingen, bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Stoffe und ihre spezifischen Eigenschaften Praktiken ermöglichen. Die Festigkeit, Grobkörnigkeit und die thermochemischen Reaktionen, die Kalkstein im Hochofenprozess entfaltet, sind ein Beispiel dafür. Zudem werden Stoffe in Praktiken angeeignet und geprägt⁷⁵ – bei Rohstoffen im Hinblick auf ihre Funktion im Produktionssystem. Winiwarter und Schmid erklären

72 Zumdick, Hüttenarbeiter im Ruhrgebiet, S. 143 f.

73 Conrad Heusler, Hochofen-Anlagen des Bergischen Gruben- und Hütten-Vereins zu Hochdahl, 1859, GStAPK, 1. HA Rep. 121, 2107, Bl. 49.

74 Theodore Schatzki, *Nature and Technology*, in: *History and Theory* 42:4, 2003, S. 82–93.

75 Vgl. Hans Peter Hahn/Jens Soentgen, *Acknowledging Substances. Looking at the Hidden Side of the Material World*, in: *Philosophy and Technology* 24:1, 2011, S. 19–33; Schatzki, *Materiality and Social Life*, S. 125 f.

in Anlehnung an Schatzki: »[A]rrangements are shaped by practices, being the material precipitates of these.«⁷⁶ Das heißt, was ein Rohstoff ist, wie er definiert wird und welche Wirkungen er entfalten kann, hängt davon ab, wie er in Praktiken eingebunden wird. So war auch die Funktion und Definition von Kalkstein, wie sie sich Mitte des 19. Jahrhunderts durchgesetzt hatte, in den Praktiken der Verhüttung eingeschrieben, über die zahlreiche Quellen Auskunft geben.

Der praxeologische Ansatz eignet sich nicht nur, um die Verwendung eines Rohstoffs zu einem bestimmten Zeitpunkt zu rekonstruieren, sondern kann auch dazu beitragen, dessen »Weg« in ein Produktionssystem zu erklären. Einerseits entwickeln Menschen Handlungsrountinen, die Stoffe hervorbringen und deren Eigendynamiken aktivieren oder katalysieren. Andererseits tun sie dies im Umgang mit Stoffen und deren materiellen Dynamiken, die die Veränderung von Routinen ermöglichen, erschweren oder verhindern. Mit dem Wandel von Praktiken geht immer auch der Wandel von Rohstoffen einher, die darin eingebunden sind.⁷⁷ Die Folgen dieses Wandels, die keineswegs immer vorhergesehen werden,⁷⁸ fließen wiederum in die Entwicklung von Handlungsrountinen der Verarbeitung ein. Es handelt sich, mit Schatzki, um eine »evolving domain«.⁷⁹

Hier bietet sich eine Verknüpfung zum Konzept des sozionaturalen Schauplatzes nach Winiwarter und Schmid an. Demnach nehmen Menschen über ihre Praktiken »Natur« wahr und überführen diese »Wahrnehmungen« in »Repräsentationen«, die als Quellen überliefert sein können. Aus diesen generieren sie »Programme«, die als physisch verstandene »Arbeit« in Praktiken umgesetzt werden und Umweltveränderungen nach sich ziehen. Die daraus resultierenden Veränderungen werden wiederum wahrgenommen, in »Repräsentationen« überführt usw.⁸⁰ In diesem Modell wird deutlich, dass Menschen entscheidende Akteur:innen historischen Wandels sind, weil sie in der Lage sind, über Praktiken und deren »nexuses« mit Arrangements zu reflektieren und Veränderung einzuleiten. Thomas Welskopp hat in etwas anderer Zuspitzung vom »Diskurs« als [...] transformative Reflexionsinstanz« gesprochen.⁸¹

76 Winiwarter/Schmid/Dressel, Looking at Half a Millennium, S. 109.

77 Vgl. Shove/Pantzar/Watson, The Dynamics of Social Practice.

78 Vgl. Brüggemeier, Schranken der Natur.

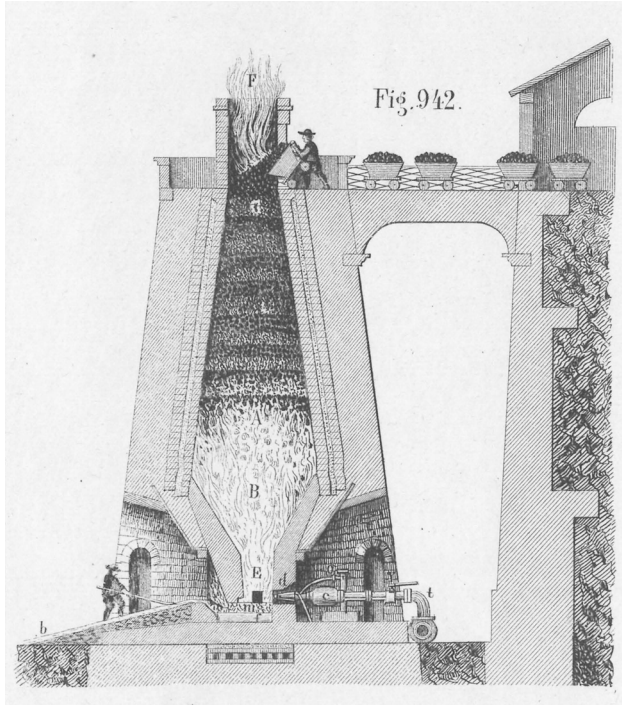
79 Schatzki, Materiality and Social Life, S. 129.

80 Winiwarter/Schmid, Socio-Natural Sites.

81 Thomas Welskopp, Die Dualität von Struktur und Handeln. Anthony Giddens' Strukturierungstheorie als »praxeologischer« Ansatz in der Geschichtswissenschaft, in: An-

Im Diskurs werden Wahrnehmungsmuster geformt, Deutungen und Wissen über Stoffe wird konstruiert und normative Vorstellungen über den Umgang mit ihnen entwickelt – was nicht unbedingt bedeutet, die materielle Eigendynamik auch kontrollieren zu können.

Abb.: Idealtypische Visualisierung des Hochofenprozesses, 1858.



Carl Hartmann, Atlas zu dem Handbuche der Bergbau- und Hüttenkunde, Weimar 1858, Tafel XLII, Fig. 942.

Das zeitgenössische Verständnis der thermochemischen Prozesse der Eisenverhüttung speiste sich aus spezifischen Vorstellungen darüber, was im Hochofen geschah. In der idealtypischen Darstellung der Verhüttung (s. Abb.)

dreas Suter/Manfred Hettling (Hrsg.), Struktur und Ereignis in der Geschichtswissenschaft, Göttingen 2001, S. 99–119, hier S. 105.

wird deutlich, wie die Rohstoffe in klar voneinander abgegrenzten Schichten nach unten absanken und im unteren Drittel des Ofens in eine glühende Masse aus Roheisen und Schlacke übergingen. Im Absinken durchliefen die zu schmelzenden Erze, wie grafisch hervorgehoben, mehrere Zonen, in denen sie sich unter der bis auf 2500° C ansteigenden Hitze zersetzten und mit chemischen Bestandteilen des Steinkohlekokes und Kalksteins reagierten.⁸² Die Tatsache, dass die Rohstoffe kontinuierlich in möglichst gleichmäßig und in homogenen Lagen auf die Gicht gegeben werden sollten, war dieser Modellannahme geschuldet.⁸³

Es ist aber nicht nur der Diskurs über und das Verständnis von »natürlichen« Eigendynamiken, die Wandel oder Stabilität von Praktiken bestimmen, sondern auch der kreative physische oder körperliche Umgang mit materiellen Eigenschaften und Dynamiken. Frank Trentmann erläutert: »Practices have a dynamic force of their own, creating sensations, competencies, and plans [...] entangled in a creative interplay with materiality.«⁸⁴ In der Tat war auch die Neukonzeption von Hochöfen Mitte des 19. Jahrhunderts stark von der kreativen Auseinandersetzung der Hüttenleute mit den Eigenschaften verschiedener Rohstoffsorten geprägt. Durch das Probieren unterschiedlicher Kombinationen entwickelten sie Erfahrungswissen darüber, wie sie die thermochemischen Prozesse im Hochofen optimieren konnten. Diese Art von kreativer Auseinandersetzung mit dem Material, die sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunehmend in die Labore verlagerte, ist für die historische Entwicklung der Praktiken genauso wichtig, wie die abstrakten Modellvorstellungen, in die sie Eingang fanden. Als »transformative Reflexionsinstanz«⁸⁵ hatte der Diskurs über Rohstoffe seine Grundlage in den »practice-arrangement nexuses« und wirkte sich zugleich auf die Weiterentwicklung der »practice-arrangement nexuses« aus.

Bei der historisch-kritischen Analyse von Quellen wie den hier zitierten, die dokumentieren, wie Rohstoffe in Praktiken eingebunden waren, handelt

82 Carl Hartmann, Atlas zu dem Handbuche der Bergbau- und Hüttenkunde, Weimar 1858, S. 1006–1009.

83 Bruno Kerl, Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium, Bd. 3, Leipzig 1864, S. 307.

84 Trentmann, *Materiality in the Future of History*, S. 294; vgl. LeCain, *The Matter of History*, S. 11.

85 Welskopp, *Die Dualität von Struktur und Handeln*, S. 105.

es sich um eine Beobachtung zweiter Ordnung.⁸⁶ Als Historiker:innen analysieren wir, welches Verständnis die Zeitgenoss:innen von Eigenschaften und Eigendynamiken von Stoffen hatten, um daraus Rückschlüsse zu ziehen, wie so sie diese in einer bestimmten Art und Weise nutzten. Es kommt gar nicht darauf an, ob die Repräsentation von Stoffen und deren Eigendynamik in diesen Quellen »korrekt« oder »richtig« ist. Deshalb ist es auch nicht zielführend, Ex-post-Wissen in Form aktueller naturwissenschaftlicher »Tatsachen« heranzuziehen, weil es nicht die handlungsleitende Wahrnehmung der Zeitgenoss:innen abbildet.⁸⁷ Vielmehr lassen sich die Eigenschaften und die Eigendynamik von Stoffen aus der zeitgenössischen Perspektive erfassen, und zwar so, wie sie als Bestandteil von »practice-arrangement nexuses« wahrgenommen wurden. In dieser Hinsicht ist die Beobachtung zweiter Ordnung sogar der Vorteil der historisch-kritischen Quellenanalyse. Denn sie erlaubt sowohl Aussagen über das handlungsleitende Verständnis als auch über die materiellen Eigenschaften von Stoffen in der Form, wie sie in Praktiken und Produktionssysteme eingebunden waren.

Die Quellen sind auch immer Bestandteil des transformativen Diskurses, der Veränderungen von Praktiken und Arrangements nach sich zog.⁸⁸ Insbesondere Handbücher, Vorschriften, Anleitungen oder Lieferverträge zielten darauf ab, Praktiken in einer bestimmten Art und Weise zu strukturieren. Sie prägten, wie Menschen Routinen durchführen und wie sie Arrangements anlegen, indem sie Wissen vermitteln oder Normen setzen. Andere Quellenarten wie Berichte, Analysen oder Beschwerden konnten Differenzen dokumentieren, die zwischen dem Beobachteten einerseits und den Wissensbeständen oder Normen andererseits auftraten. Das war vor allem dann der Fall, wenn sich Praktiken und Vorstellungen auseinanderentwickelten, weil sich entweder die Handlungsroutinen verändert hatten oder die Ansprüche, die an sie gerichtet wurden.⁸⁹ Diese Differenzen zeigten sich vor allem bei der Problematisierung von Störungen im Betriebsablauf oder in der Darstellung

86 Winiwarter/Schmid, *Umweltgeschichte*, S. 162; ausf. dazu Martin Knoll, *Die Natur der menschlichen Welt. Siedlung, Territorium und Umwelt in der historisch-topografischen Literatur der Frühen Neuzeit*, Bielefeld 2013.

87 Vgl. den Aufsatz von Stefanie Gänger in diesem Band; siehe auch Füssel, *Praktiken historisieren*, S. 279 f.; Espahangizi/Orland, *Pseudo-Smaragde*.

88 Lucas Haasis/Constantin Rieske, *Historische Praxeologie. Eine Einführung*, in: dies. (Hrsg.), *Historische Praxeologie. Dimensionen vergangenen Handelns*, Paderborn 2015, S. 7–54, hier S. 49.

89 Shove/Pantzar/Watson, *The Dynamics of Social Practice*, S. 98.

von Experimenten mit neuen Rohstoffen. Quellen lassen sich entsprechend in zwei Richtungen lesen. Einerseits als Medien eines die Praktiken strukturierenden Kontexts, andererseits als Indikatoren des Wandels innerhalb von Praktiken.

Der praxeologische Ansatz ist also nicht nur eine geeignete Methode, um die Funktion von Rohstoffen in Produktionssystemen im Sinne einer erweiterten Rohstoffgeschichte zu analysieren und die Faktoren zu bestimmen, die ihren »Weg« in das Produktionssystem prägten. Er unterstreicht auch die relative Offenheit der Rohstoffnutzung. Denn wenn sich Handlungsabläufe wandelten, bedeutete das oftmals auch, dass sich die Rohstoffe veränderten, die in diesen Praktiken verwendet wurden. Der Fokus auf Praktiken ermöglicht es, die historische Dynamik von Rohstoffen als Teil von »practice-arrangement nexuses« zu untersuchen, in deren Entwicklung es Alternativen, Pfade und Kontingenzen gab.

Mit den Praktiken ist eine Untersuchungseinheit benannt, über die die Funktion von Rohstoffen in Produktionssystemen mit den etablierten Methoden der Geschichtswissenschaft analysiert werden kann. Dieser Ansatz schärft sowohl den Blick für die soziale Konstruktion von Rohstoffen als auch für die materiellen Eigenschaften von Rohstoffen in ihren historischen Zusammenhängen. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, verschiedenste Quellentypen, die unter anderen Fragestellungen bereits vielfach in der Technik- und Wirtschaftsgeschichte genutzt worden sind, neu zu interpretieren. In dem hier skizzierten Analyserahmen dokumentieren die Quellen nicht nur den Nutzungswandel. Sie zeigen auch, wie sich die Eigenschaften von Rohstoffen im Laufe der Zeit veränderten, und vor allem ermöglichen sie Rückschlüsse auf die historischen Prozesse, in denen Stoffe zu Rohstoffen wurden.

Transversale Rohstoffgeschichten für eine Ressourcenwende

Abschließend möchte ich die erweiterte Rohstoffgeschichte, die ich in diesem Aufsatz umrissen habe, in einen breiteren geschichtswissenschaftlichen und politischen Zusammenhang einordnen. Zum einen ist es für eine Geschichte der Rohstoffe, die über die üblichen Rohstoffe und Interpretationen hinausgeht, unerlässlich, auf Konzepte aus verschiedenen historischen Disziplinen zurückzugreifen. In diesem Beitrag habe ich insbesondere Ansätze der Technik-, Umwelt-, Wissenschafts- und Wirtschaftsgeschichte miteinander kombiniert. Zum anderen hat dieser Ansatz auch Relevanz für aktuelle De-

batten über eine Ressourcenwende hin zu mehr Nachhaltigkeit. Die Alternativen, Pfade und Kontingenzen, die in der erweiterten Rohstoffgeschichte sichtbar werden, zeigen, dass die Spielräume der Rohstoffnutzung möglicherweise größer sind, als allgemein angenommen wird.

Das Erkenntnispotenzial der erweiterten Rohstoffgeschichte basiert vor allem auf den Möglichkeiten, transversale Geschichten zu schreiben, also Geschichten, die verschiedene Perspektiven miteinander verbinden, um neue Einsichten und Erklärungen zu generieren. Für die Geschichte des Kalksteins habe ich auf das Konzept der SCOT aus der Technikgeschichte zurückgegriffen und mit dem Modell der sozionaturalen Schauplätze auf die Umweltgeschichte, für praxeologischen Perspektiven auf die Wissenschaftsgeschichte und dann mit Fragen der Normierung, wie sie in institutionenökonomischen Ansätzen der Wirtschaftsgeschichte diskutiert werden, zusammengeführt. So unterschiedlich die Erkenntnisinteressen und Forschungstraditionen sind, so schärft die Kombination der Ansätze den Blick für Alternativen, Pfade und Kontingenzen und hilft dabei, das Wechselspiel zwischen sozialer Konstruktion und materiellem Wandel zu erklären.

Der Schlüssel zu transversalen Rohstoffgeschichten ist der Fokus auf die Praktiken, in dem die eigentlich sehr unterschiedlichen Forschungsansätze zusammenkommen und einander ergänzen können. Die routinemäßigen Handlungsabläufe am Hochofen, bei denen Mitte des 19. Jahrhunderts Kalkstein zum Einsatz kam, orientierten sich an dem zeitgenössischen Wissen über die thermochemischen Prozesse im Hochofen und waren von den, zunehmend chemisch gefassten, Vorstellungen über die »Natur« der Rohstoffe geprägt. Sie hingen aber auch auf das Engste mit der Konstruktion der Hochöfen, der Anlagen und der gesamten Lieferketten im technischen und institutionellen Sinn zusammen. Letztlich lässt sich das, was tagtäglich an den Hochöfen mit dem Kalkstein passierte, nur damit erklären, dass hier unterschiedliche Wissensformen, Interessen und Vorstellungen ineinandergriffen, über deren Konstruktion verschiedene historische Subdisziplinen Auskunft geben.

Umgekehrt können die erweiterte Rohstoffgeschichte und die Verknüpfungen, die sie herstellt, dazu beitragen, bestehende konzeptionelle Ansätze weiterzuentwickeln. Das gilt beispielsweise für die Forschungsdebatte, die in den letzten Jahren unter dem Schlagwort »Resource Frontier« wieder verstärkt darüber geführt wird, wann und unter welchen Bedingungen Rohstoffe wirt-

schaftlich nutzbar wurden.⁹⁰ Diese Diskussion hat die Aufmerksamkeit auf divergierende ökonomische Entwicklungspfade und globale Abhängigkeiten gerichtet und mit der Konstruktion von Wissen und Machtverhältnissen in Beziehung gesetzt.⁹¹ Hier ist die Verbindung zwischen Wirtschafts- und Wissensgeschichte angelegt, die sich bisher weitgehend unabhängig voneinander mit Rohstoffen befasst haben. So haben die Ökonomen Jesse Czelusta und Gavin Wright konstatiert: »[resources] should not be seen as merely a fortunate natural endowment, but rather as a form of collective learning«. ⁹² Aus wissenschaftlicher Perspektive kommen Studien wie etwa Georg Fischers Arbeit zur Ausbeutung brasilianischer Eisenerzvorkommen zu dem ganz ähnlichen Ergebnis, »dass natürliche Rohstoffe nicht im Sinne eines apriorischen Ressourcendenkens ›einfach da‹ sind. Sie sind historisierbar, indem wir [...] die Ideen, die Netzwerke, Projekte und Planungen untersuchen, durch die sie zu Ressourcen in politischen, geschäftlichen und wissenschaftlichen Arenen [...] wurden.«⁹³ Die erweiterte Rohstoffgeschichte kann hier wichtige Impulse für die weitere Beschäftigung mit den »Resource Frontiers« liefern.

Vor allem bindet die erweiterte Rohstoffgeschichte die Prozesse der sozialen Konstruktion an den materiellen Wandel zurück. Sie erfüllt damit eine Forderung, die Sabine Höhler vor einigen Jahren als Anspruch an die »environmental humanities« formuliert hat: »[T]he humanities explore how the environment and environmental problems can be conceived of as historically and culturally constructed and yet provoke real material consequences [...]«. ⁹⁴ Solche Konsequenzen stellten sich dadurch ein, dass Rohstoffe mit einer spezifischen Funktion in Produktionssysteme einbezogen wurden. Denn trotz, oder

90 Edward Barbier, *Scarcity and Frontiers. How Economies Have Developed Through Natural Resource Exploitation*, Cambridge 2011; Marc Badia-Miró/Vicente Pinilla/Henry Willebald (Hrsg.), *Natural Resources and Economic Growth. Learning from History*, New York 2015, S. 67–69.

91 Per Högselius, *The Historical Dynamics of Resource Frontiers*, in: *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 28:2, 2020, S. 253–266; Andreas Sanders/Pål Thonstad Sandvik/Espen Storli (Hrsg.), *The Political Economy of Resource Regulation. An International and Comparative History, 1850–2015*, Vancouver 2019.

92 Jesse Czelusta/Gavin Wright, *Resource Based Growth Past and Present*, in: Daniel Lederman/William F. Maloney (Hrsg.), *Natural Resources, Neither Curse nor Destiny*, Palo Alto 2007, S. 183–211, hier S. 186.

93 Fischer, *Globalisierte Geologie*, S. 14.

94 Sabine Höhler, *Spaceship Earth in the Environmental Age, 1960–1990*, London 2015, S. 15.

gerade wegen ihres konstruierten Charakters prägten Wissen, Interessen und Vorstellungen auch die materiellen Eigenschaften von Stoffen und die Wirkungen, die sie bei ihrer Verarbeitung entfalteten. Das zeigt das Beispiel des Kalksteins, der Mitte des 19. Jahrhunderts im Hinblick auf seine kompensatorische Funktion im Hochofen als Rohstoff definiert wurde. Das Gestein, das fortan in Steinbrüchen abgebaut und in den Hochöfen zusammen mit Eisenerzen und Steinkohlekoks verhüttet wurde, also im materiellen Sinne gewonnen, transportiert und verbraucht wurde, entsprach dieser Konstruktion. Der materielle Wandel der Rohstoffnutzung ist somit untrennbar mit sozialen Konstruktionsprozessen verflochten.

Die erweiterte Rohstoffgeschichte trägt dadurch auch zu einem besseren Verständnis der Herausforderungen bei, die sich gegenwärtig im Zusammenhang mit Forderungen nach einer Ressourcenwende stellen.⁹⁵ Wenn beispielsweise die EU-Kommission in ihrer Rohstoffstrategie vor einigen Jahren bemerkte, dass die Nutzung bestimmter Stoffe historisch wandelbar sei,⁹⁶ dann ist die Erklärung dieses Wandels höchst relevant, um eine Ahnung davon zu bekommen, wie solche Wandlungsprozesse möglicherweise aktiv gestaltet werden können. Die Diskussion darüber, wie Stoffe nachhaltiger genutzt werden können oder wie sich »kritische« Rohstoffe substituieren lassen, kann jedenfalls von den Einsichten einer erweiterten Rohstoffgeschichte profitieren.⁹⁷ Denn sie zeigt die Pfade auf, die zu den gegenwärtigen Mustern der Rohstoffnutzung geführt haben und gibt damit Hinweise auf Alternativen, die in der Zukunft genutzt werden könnten. Und genau auf solche Alternativen wird es ankommen, wenn eine Ressourcenwende gelingen soll. Hier hilft der Blick in die Geschichte der Rohstoffe, um gesellschaftliche Handlungsmöglichkeiten auszuloten.

95 Vgl. Armin Reller u. a. (Hrsg.), *Ressourcenstrategien. Eine Einführung in den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen*, Darmstadt 2013; Andreas Exner/Martin Held/Klaus Kümmerner (Hrsg.), *Kritische Metalle in der Großen Transformation*, Berlin 2016; sowie die Website »ressourcenwende«, <https://www.ressourcenwende.net> [25.4.2023].

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

97 Vgl. Matthias Heymann u. a., *Challenging Europe. Technology, Environment, and the Quest for Resource Security*, in: *Technology and Culture* 61:1, 2020, S. 282–294; Hanna Vikström, *Risk or Opportunity? The Extractive Industries' Response to Critical Metals in Renewable Energy Technologies, 1980–2014*, in: *The Extractive Industries and Society* 7:1, 2020, S. 20–28.