

Bergbau als techno-naturales System – Ein Beitrag zur modernen Bergbaugeschichte¹

1. Einleitung

Die in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen seit knapp zwei Jahrzehnten geführte Debatte über das Anthropozän, das „Zeitalter des Menschen“,² hat, bei aller gebotenen humanwissenschaftlichen Kritik,³ essentiell dazu beigetragen, das Mensch-Natur-Verhältnis neu zu bestimmen. Offenkundig tritt diese Neubestimmung darin zu Tage, dass die lange Zeit das abendländische Denken beherrschende Dichotomie von Kultur und Natur ins Wanken geraten ist, wie es sich im Begriff des sozio-naturalen Großsystems widerspiegelt.⁴ Gemeint ist hiermit, dass in der industriellen und post-industriellen Moderne Gesellschaft und Natur derart mit einander verzahnt sind, dass Geschichte ohne hinreichende, konzeptionelle Einbindung der Natur nicht mehr zu schreiben ist – ebenso wenig ist andersherum die Naturgeschichte der Moderne ohne den Menschen zu schreiben. Das sozio-naturale Großsystem ist frühestens seit dem späten 18. Jahrhundert und damit mit dem ‚klassischen‘ Epochenbeginn des Anthropozäns zu belegen.⁵ Der Begriff des sozio-naturalen Großsystems eignet sich unseres Erachtens insbesondere als umwelthistorisches Narrativ des modernen, globalen Kapitalismus. Für unsere nachfolgenden

Überlegungen kann er insofern einen Ausgangspunkt darstellen, als dass er die Relevanz der Natur für gesellschaftliche Prozesse schlaglichtartig in den Fokus rückt.

Mit dem hier vorgeschlagenen Begriff des techno-naturalen Systems adressieren wir darauf, dass vielfach Technik und Natur auf das Engste miteinander verwoben sind, wie es beispielsweise die mittelalterlichen und frühneuzeitlichen „Mühlenlandschaften“, die Schifffahrt oder agrarische Terrassenkulturen widerspiegeln. Als besonders prägnant erachten wir in diesem Zusammenhang die bergbauliche Gewinnung von Georessourcen.

Die Interdependenz von Technik und Natur bildet einen spezifischen, systemischen Zusammenhang – Bergbau ist nur so versteh- und erklärbar. Um dies zu unterstreichen, schlagen wir den Begriff des techno-naturalen Systems vor. Vertreter der technischen Wissenschaften verwendeten bereits den Begriff „Mensch-Maschine-Natur-System“, der den „beträchtlichen“ Unterschied des Bergbaus als Urproduktion zu anderen Industrien markiert.⁶ Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang darüber hinaus ein von Sara B. Pritchard gegebener Hinweis. Im Oxford Handbook of Environmental History betont sie in ihrem programmatischen Artikel „Toward an environmental history of technology“: „natural resources, and even entire ecosystems, have often been central to technology and thus its history, but they have been usually relegated to the background.“⁷ Diese Kritik aufgreifend, stellen wir im Folgenden die Ressourcen in den Fokus und beleuchten das Technik-Natur-Verhältnis in bewusst zugespitzter Form. Konstitutiv für techno-naturale Systeme ist eine ausgeprägte wechselseitige Abhängigkeit von jeweils spezifischen Technologien und Einsatzumgebungen. Damit ist gemeint, dass in techno-naturalen Systemen Technologien auf der einen Seite durch die Umgebung geformt werden und auf der anderen Seite die Umgebung verformen.⁸

Neben der Position (Standortgebundenheit) bilden Art und Zustand einer Lagerstätte und die sie umgebende Geologie die grundlegenden Bedingungen für Bergbau.⁹ Zum Beispiel hängt die Lage einer Ressource im Boden mit Gebirgsdruck, Temperatur und Wasserzuflüssen zusammen. Erst dadurch, dass durch hochspezialisierte technische Artefakte Raum geschaffen, gegebenenfalls Wasser abgepumpt und Temperaturen reguliert werden, wird eine durch natürliche Prozesse definierte Umgebung so transformiert, dass sich dort Menschen aufhalten und eine gesuchte Ressource gewinnen können.

Mining as a techno-natural system – an article on modern mining history

This article coins the term “techno-natural system” to describe a key category of modern mining history. Essentially, it refers to the interaction between nature and technology as a central aspect of mining. The first step is to briefly outline and describe the origin of the term, before providing systematic explanations of specific mining phenomena. This includes geological aspects as well as specific technologies and formal processes of knowledge building in this case. Subsequently, attention turns to the potential prospects for the term “techno-natural system” from an analytical perspective, both in the context of contemporary mining history and beyond.

Darüber hinaus bilden techno-naturale Systeme spezifische Wissenskulturen und -formen aus, in denen sich der systemische Charakter spiegelt. Sie nehmen mit den so genannten Verwissenschaftlichungsprozessen seit dem späten 18. Jahrhundert institutionelle Konturen an und bilden verstärkt einen formalisierten Kanon aus. In der Moderne sind techno-naturale Systeme essentielle Bestandteile des sozio-naturalen Großsystems, können aber von diesem in dreifacher Weise abgegrenzt werden: Sie sind zum einen historisch weitaus älteren Datums, zum anderen sind sie weniger komplex und zum dritten weisen sie, wiederum v. a. mit Blick auf den Bergbau, erkennbare Systemgrenzen auf, die technologisch bestimmt sind, da die spezifischen Techniken in der Regel nicht in andere Funktionszusammenhänge übernommen werden können.

Im Folgenden füllen wir den allgemeinen Begriff mit konkreten, exemplarischen Inhalten. In einem ersten Schritt thematisieren wir die naturale Komponente des Systems. Zu verdeutlichen ist, welchen basalen Einfluss natürliche Faktoren auf die Form von Bergwerken haben und auch, wie diese Faktoren bei Erschließung, Vortrieb und Gewinnung genutzt werden.

Hieran anschließend rücken wir den technorale Systembestandteil in den Fokus. Unser Augenmerk gilt hierbei solchen Technologien, die auf das Engste mit natürlichen Faktoren verknüpft sind, um so den systemischen Charakter des Bergbaus deutlich zu konturieren. Diese Überlegungen lehnen sich an das namentlich von Reinhold Reith geprägte Konzept der ressourceninduzierten Innovationen an.¹⁰

In einem dritten und letzten Schritt stellen wir an zwei unterschiedlichen Beispielen die Wissenskulturen und -formen des techno-naturalen Systems Bergbau dar. Hierbei gehen wir von der These aus, dass es gerade techno-naturale Systeme waren (und sind?), die Wissensformalisierungen Vorschub leisteten und in hohem Maße von Wissensinteraktionen geprägt waren. Wir verdeutlichen dies zum einen am Beispiel des mittelalterlichen Bergrechts, das ein aus vielschichtigen Bedürfnissen und bergbauimmanenten Gegebenheiten heraus erwachsenes Sonderrecht darstellt. Zum anderen rekurrieren wir auf die institutionelle Genese der Bergbauwissenschaft im 18. Jahrhundert. In ihr manifestiert sich signifikant die Interaktionen unterschiedlicher Wissensformen.

Erkennbar argumentieren wir im Folgenden nicht chronologisch, sondern sachsystematisch, um so den vorgeschlagenen Begriff techno-naturales System inhaltlich besser auszufüllen; die Zeitgebundenheit aller herangezogenen Beispiele ist mithin zu beachten.

2. Natürliche Gegebenheiten

Der bergmännische Begriff der „Bauweise“ bezeichnet die verschiedenen Arten, auf die eine Lagerstätte abgebaut werden kann. Diese bestimmen die Grundstruktur eines Bergwerkes und sind im Tiefbau von außen nicht erkennbar. Sämtliche unterirdischen Einrichtungen eines Bergwerkes orientieren sich an einer spezifischen Bauweise, mit der ein Bergwerk betrieben wird. Der dominierende Faktor bei der Wahl einer Bauweise ist die Geologie der Lagerstätte. Ein Blick auf die verschiedenen Bauweisen offenbart die wechselseitige Abhängigkeit von natürlichen Gegebenheiten und Technologien.

Carl Hellmut Fritzsche¹¹, Professor für Bergbaukunde an der RWTH Aachen, beschrieb in seiner 1962 erschienenen Fortschreibung des bereits 1908 erstmalig von Fritz Heise¹² und Friedrich Herbst¹³ herausgegebenen „Lehrbuchs für Bergbaukunde“¹⁴ insge-

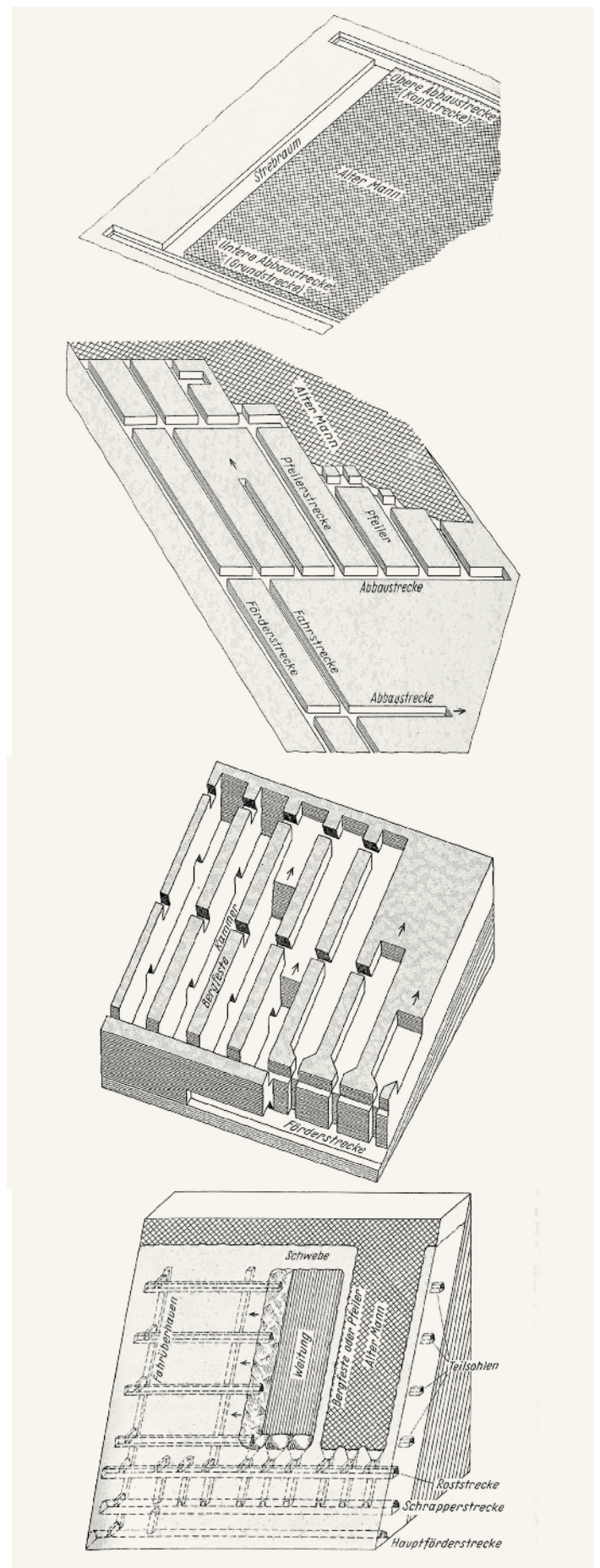


Abb. 1: Bauweisen: Strebau, Pfeilerbau, Kammerbau, Weitungsbau. (Dorstewitz u.a. 1959, S. 1249-1251)

samt 24 verschiedene Abbauverfahren, die er in fünf Bauweisen einteilte: Langfront- oder Strebau (im Folgenden unter „Strebau“ zusammengefasst), Stoßbau, Pfeilerbau, Kammerbau und Blockbau. Während der Strebau praktisch ausschließlich im Steinkohlenbergbau Anwendung fand, waren Stoß-, Pfeiler- und Kammerbau sowohl dort als auch in allen anderen Bergbaubranchen wie z. B. im Kali-, Salz- und Erzbergbau weit verbreitet.

Vereinfacht ausgedrückt, unterscheiden sich die drei erstgenannten Varianten im Wesentlichen durch die Länge und Höhe der Fläche, mit der ein Rohstoff vor Ort abgebaut wird. Beim Strebau wird der Rohstoff, in der Regel Steinkohle, auf einer Länge von ca. 150 bis 300 m gleichzeitig und vollständig abgebaut. Die Höhe des Abbauraumes ergibt sich aus der Mächtigkeit der Lagerstätte.¹⁵ Beim Pfeilerbau wird die Lagerstätte mit zahlreichen sich kreuzenden Strecken schachbrettartig abgebaut, wobei die zwischen diesen Strecken stehen bleibenden Reste des Rohstoffes als Pfeiler bezeichnet werden. Je nachdem, wie stabil das Umgebungsgestein ist, können diese Pfeiler zum Schluss noch abgebaut werden (sog. Pfeilerbruchbau).¹⁶ Beim Kammerbau wird dieses Konzept buchstäblich erweitert: es werden deutlich weniger Strecken durch die Lagerstätte getrieben, diese aber zu großen Kammern erweitert. Um das Grubengebäude offen zu halten, werden entsprechend mächtige Pfeiler zwischen den einzelnen Kammern stehengelassen.¹⁷

Nicht jede dieser Bauweisen ist auf jedem Bergwerk beliebig anwendbar. Neben der Mächtigkeit und dem Einfallen der Lagerstätte ist auch die Standfestigkeit des Umgebungsgebirges entscheidend. Durch den Abbau eines Rohstoffes verändert sich das Kräftegleichgewicht einer geologischen Formation. Kann das Umgebungsgestein die dynamischen Kräfte des sich verändernden Gebirgsdruckes nicht mehr aufnehmen, neigt es zu Rissen und Brüchen und gilt als kaum noch beherrschbar. In einem solchen Fall wird Kammer- oder Pfeilerbau nur noch schwer möglich, da die künstlich stehen gelassenen Pfeiler die Zerstörungseffekte verstärken können. Beim Abbau in großen Tiefen, der mit höheren Gebirgsdrücken einhergeht, müssen die Pfeiler zwischen den Kammern daher stärker gebaut werden. Das hat zur Folge, dass vom Rohstoff weniger hereingewonnen werden kann und so die Abbauverluste zunehmen.¹⁸ Ist der zu gewinnende Rohstoff entflammbar, wie zum Beispiel die Steinkohle, birgt der Pfeilerbau die zusätzliche Gefahr einer Selbstentzündung stehengelassener Kohlenpfeiler.¹⁹ Bis heute gelten Pfeiler- und Kammerbau – mitunter auch Kammerpfeilerbau genannt – dennoch als vergleichsweise flexible Bauweisen. Sie sind nicht auf eine spezifische geologische Formation festgelegt wie der Strebau, der praktisch ausschließlich in flözartigen Lagerstätten wie bei der Steinkohle Verwendung findet. Pfeiler- und Kammerbau lassen sich gut an unterschiedliche Lagerstätten anpassen und benötigten im Regelfall nur vergleichsweise wenig teure Ausbautechnik.²⁰

Darüber hinaus spiegeln die verschiedenen Bauweisen auch das Bemühen wider, eine Lagerstätte mit einem möglichst geringem Energieaufwand abzubauen zu wollen. Ein besonders anschauliches Beispiel ist der so genannte Weitungsbau, bei dem eine steil anstehende Lagerstätte so erschlossen (ausgerichtet) wird, dass sich das durch Sprengung gewonnene Material in einem Trichter über der tiefsten Strecke sammelt.²¹

Wie sehr die Auswahl dieser Verfahren von den örtlichen geologischen Gegebenheiten abhing, zeigt ein Blick auf die bergwissenschaftlichen Fachdiskurse der 1950er Jahre. In diesem Zeitraum widmeten sich mehrere Tagungen in Paris und St. Etienne

den Vor- und Nachteilen von Streb-, Pfeiler- und Kammerbau. Die Teilnehmenden aus dem Eisenerz-, Kali-, Salz- und Steinkohlenbergbau berichteten von den auf ihren jeweiligen Bergwerken angewandten Bauweisen. Schnell wurde klar, dass jedes Bergwerk andere Erfahrungen gemacht hatte, die wiederum auf die spezifische Geologie vor Ort zurückgeführt wurden. So lautete das abschließende Fazit zur Bauweise des Kammerpfeilerbaus, dass er in 50 Metern Teufe genauso wegen eines instabilen Deckgebirges scheitern könne, wie er gleichzeitig auf anderen Bergwerken auch in 600 Metern erfolgreich laufe.²²

Am Gangerzbergbau des Mittelalters lässt sich die Abhängigkeit von geologischen Strukturen, die letztlich das Bergwerk mitformten, besonders augenfällig nachvollziehen. Betrachten wir sie heute, muten diese Bergwerke zunächst chaotisch an, da die Gänge mit ihren unterschiedlichen Mächtigkeiten entsprechend ihrer natürlichen Verläufe verfolgt und abgebaut wurden. Die Bergleute blieben solange es ging in erzführenden Schichten, das heißt in den Gängen, in Gangkreuzen (Scharungsbereiche) oder sonstigen Arealen mit Erzanreicherungen (vgl. 3.1 Gruben entwässern). Nimmt die Vererzung ab oder endet sie, so wurde der abgebaute Raum entsprechend kleiner, bzw. endete. Nur das Nötigste wurde ausgehauen – dazu zählten auch kleinere „Exkurse“ für die Prospektion in engen und niedrigen Kriechstrecken.²³ Ob ein Ausbau mit Holz oder Stein notwendig war, entschied sich nach der Beschaffenheit des Gesteins. Die Form des Ausbaus richtete sich – zumindest im gut untersuchten Beispiel der Bergbaustadt Dippoldiswalde – nicht etwa nach bestimmten Standardgrößen oder -formen für z. B. Stempel, Spreizen oder Verzüge, sondern wurde der Umgebung angepasst, zum Teil unter Sekundärverwendungen von Hölzern.²⁴ Mit der weiter unten beschriebenen Ausweitung auf die Verarbeitung auch erzärmerer Partien, änderte sich das Erscheinungsbild der Bergwerke grundlegend. Insbesondere die Einführung des Schießens im Bergbau in den 1630er Jahren führte zu größeren Abbau-mengen und -räumen und gänzlich neuen Bauweisen.²⁵

3. Technologische Notwendigkeiten

An verschiedenen Stellen hat Reinhold Reith die These der ressourceninduzierten Innovation dargelegt.²⁶ Die historische Folie bildete dabei vor allem die frühneuzeitliche gewerbliche Produktion, also volkswirtschaftlich der sogenannte sekundäre Sektor. Reiths Argumentation lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: In der Frühen Neuzeit seien es die Materialkosten gewesen, die entscheidend die Gesteungskosten der gewerblichen Produkte beeinflussten. Ursächlich hierfür sei die im Verhältnis zum Industriezeitalter geringe Produktivität des primären Sektors, also der agrarischen, bergbaulichen und forstlichen Urproduktion. Ferner müsse berücksichtigt werden, dass vormoderne natürliche Produktionsflächen starkem Konkurrenzdruck unterlagen – agrarwirtschaftliche Interessen kollidierten mit jenen der Forstwirtschaft und des Gewerbes, das seinerseits Flächen für seine Rohstoffe benötigte, so z. B. Flachs und Waid für die Textilherstellung oder Weideland für die Wollproduktion. Aufgrund dieser Abhängigkeit der gewerblichen Produktion von natürlichen Bedingungen verwundert es nicht, dass das Recycling von Material und der sparsame Umgang mit Ressourcen die vormoderne Wirtschaftsweise prägten. Ebenso wenig überrascht, dass die Suche nach Surrogaten oder allgemeiner noch die systematische Erkundung der Na-



Abb. 2: Einblick in den montanarchäologischen Befund eines mittelalterlichen Erzbergwerks in Dippoldiswalde mit Schacht, Abbaustrecken, Querschlägen und Bühnlöchern. (© Foto: Heide Hönig, Landesamt für Archäologie Sachsen)

turalien hinsichtlich ihrer produktiven Verwertung eine weitere Strategie war, Rohstoffkosten einzusparen.²⁷ Nicht zuletzt brachten diese Zusammenhänge ein spezifisches Innovationsverhalten hervor, jenes der ressourceninduzierten Innovationen. Diese konnten ebenso auf die Einsparung von benötigten Ressourcen zielen, wie auch auf die Erschließung bislang nicht genutzter, wie wir an anderer Stelle ausführten.²⁸ Bedeutsam sind Reiths Überlegungen vorrangig aus zwei Perspektiven: Zum einen lenken sie den Blick auf die Bedeutung der verfügbaren Ressourcen und den jeweils spezifischen historischen Umgang mit ihnen für technische Innovationen. Hier kann, Reith folgend, gar von einer ökologischen Determinante der Technikentwicklung gesprochen werden, deren Relevanz bis zum Beginn der Hochindustrialisierung, also bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, nicht hoch genug einzuschätzen ist. Zum anderen lenken sie den Blick auf Innovationen, die der Stoffgewinnung und Stoffumwandlung dienten und eröffnen damit neue Perspektiven, standen doch lange Zeit Innovationen im Fokus, die auf die Stoffformung zielten²⁹ und somit einen Bereich ansprachen, in dem es ökonomisch um die Reduktion von Arbeitskosten geht.

Diese skizzierten Perspektiven sind es, die Reiths These der ressourceninduzierten Innovation – gleichwohl sie vorrangig einer wirtschaftshistorischen Herleitung entspringt und darüber hinaus auf die Frühe Neuzeit fokussiert – für unsere Überlegungen relevant erscheinen lässt. Nicht nur sind technische Verfahren

der Stoffgewinnung für den Bergbau konstitutiv, vielmehr stehen sie in engem Zusammenhang mit natürlichen Faktoren. Insofern bedarf die skizzierte These der ressourceninduzierten Innovation auch einer konzeptionellen Erweiterung. Wenn wir im Folgenden diesen Begriff zur Kennzeichnung bergbauspezifischer Innovationen nutzen, so beziehen wir uns weniger auf Aspekte der Ressourceneinsparung, wie es von Reith formuliert wurde, sondern darauf, dass jeweils spezifische natürliche Gegebenheiten des Bergbaus Innovationen provozierten. Im Vergleich mit den Industrien des sekundären Sektors erscheinen ökonomische Konkurrenzsituationen innovationstheoretisch weniger relevant, obwohl in konkreten Fällen nicht ohne Bedeutung. Die ökologische Determinante der Technikentwicklung tritt deutlicher noch als in der These von Reith zu Tage; sie erscheint, um es zu pointieren, konstitutiv für die technische Entwicklung im Bereich der Gewinnung von Georessourcen.

3.1 Gruben entwässern

Im Zusammenhang mit der Wasserhaltung im vorindustriellen Bergbau des heutigen Deutschlands treten uns hydrologische und geologische Bedingungen entgegen, die als starke ökologische Determinanten des techno-naturalen Systems betrachtet werden müssen. Solange Ressourcen tagesnah abgebaut werden,

spielt das Thema der Wasserhaltung in der Regel kaum eine Rolle. Sobald in die Tiefe gegangen wird, steigen Arbeits- und Materialaufwand für die Erschließung und den Abbau exponentiell an. Es stellt sich die Frage, bis zu welchem Punkt ein Abbau noch wirtschaftlich, sozial oder auch politisch tragbar ist. Aufgrund ihrer hohen technischen Komplexität und Kostenintensität sind und waren bedeutende Aspekte dieser Abwägungen die Wasserhaltung und die zu diesem Zweck einzusetzenden Technologien. Im Erzbergbau des Mittelalters und der Frühen Neuzeit kamen, je nach Umfang, wirtschaftlichem Potential und natürlichen Gegebenheiten der Bergwerke, Haspel, Pumpen, Göpel, Wasserlösungsstollen oder Wasserräder zum Einsatz. Alle genannten – und die beiden letztgenannten Technologien besonders – kamen auch kombiniert zur Anwendung.

Ziele des Erzbergbaus im Mittelalter waren hauptsächlich die wiederaufgenommenen und neu entdeckten Bunterzlagerestätten der Mittelgebirge. Schon in geringen Teufen stießen die Bergleute hier meist auf Grundwasser. Solange es möglich war, blieben die Bergleute in Bereichen, die möglichst viel Erz und zugleich wenig Wasser führten. Aufwendige Anlagen wie Wasserräder und Stollen kamen erst in Frage, wenn es Ausblick auf einen langfristigen Erfolg gab.³⁰ Ein „Absaufen“ der wertvollen Bergwerke abzuwenden, lag im Interesse aller Beteiligten, zu deren Gruppe seit der Etablierung des Bergregals im 12. Jahrhundert Könige, Kaiser und vermehrt auch die Landesherren gehörten.³¹ Ein Bergwerk, das in Wassernot geraten war und infolgedessen aufgelassen werden musste, war nur unter höchsten Anstrengungen wieder aufzuwältigen. In vielen mittelalterlichen Bergrevieren unterlagen Bergwerke unter anderem deshalb einer Betriebspflicht.³²

Ist ein Stollen zur Abführung des Wassers vorhanden, so stellt er die zuverlässigste und wirtschaftlichste Art der kontinuierlichen Wasserlösung dar. Einige Wasserlösungsstollen des vorindustriellen Bergbaus führen bis heute (oder heute wieder) Wasser aus alten Bergbauen ab,³³ während obertägige Gerinne, die das über Schächte geförderte Wasser abführten, ihre Funktionalität einbüßen konnten, sobald sie nicht mehr gepflegt wurden.³⁴ Die Einrichtung eines Stollens jedoch ist sehr kostspielig und arbeitsintensiv. Ob Stollenbau überhaupt möglich ist, hängt allerdings maßgeblich von der Geologie ab.³⁵

Die Bunterzlagerestätten der deutschen Mittelgebirge sind häufig Ganglagerstätten. Ihre Erschließung erfolgte mittelalterlich über Schurfe, die bei Bauwürdigkeit rasch zu Bergwerken mit Schächten und Stollen weiterentwickelt wurden. Auch beim Stollenbau trieben die Bergleute den Stollen oft in Erz- und Mineralgängen vor, denn diese waren meist nicht nur wirtschaftlich am interessantesten, sondern gleichzeitig geologisch die geeignetsten Bereiche für den Vortrieb. Die Gänge stellen geologische Störungszonen dar, mit häufig weicherem, poröserem oder allgemein besser zu bearbeitendem Gestein.³⁶ Der Vortrieb eines Stollens erfolgte also wenn möglich im Erzgang selbst, auch wenn es sich nicht um einen eigentlichen Abbaustollen handelte, sondern um Prospektions- oder Wasserlösungsstollen.³⁷ Schritt der Abbau weiter fort und erreichte Teufen unterhalb eines vorhandenen Stollens, so wurde ein nächsttieferer Stollen notwendig. Das System der Erbstollen, benannt nach dem „Erbe“ – einem Flächenraum mit speziellen Berechtigungen (auch: Zeche³⁸) – nahm eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Bergbaureviere ein. Sie entwässerten zielgerichtet meist zahlreiche Bergwerke verschiedener Größe. Erbstollen erfüllten also den technischen Zweck der Entwässerung (und auch Belüftung) und sorgten gleichzeitig für große

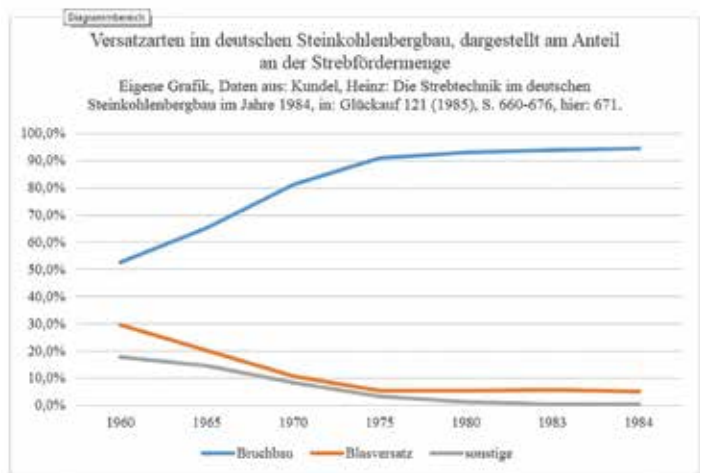


Abb. 3: Der Anteil an Bruchbau nahm mit zunehmender Mechanisierung zu und überschritt in den 1970er Jahren die 90%-Marke. (© Nikolai Ingenerf, Daten nach: Kundel 1985, S. 671)

Netzwerke verbundener Bergwerke und Stollen über zum Teil große Distanzen hinweg. Letztere Entwicklung hatte entscheidenden Einfluss darauf, dass der Bergbau in zunehmend größeren techno-naturalen und auch administrativen Zusammenhängen gedacht werden konnte und musste.³⁹

Der Einsatz von Wasserhaltungstechnologien wie Stollen und Hebevorrichtungen im Erzbergbau hatte zur Folge, dass immer tiefer liegende und komplexere Lagerstätten erschlossen werden konnten. Am Beispiel des Rammelsbergs im Unterharz machte Christoph Bartels deutlich, wie sich die plötzliche Verfügbarkeit von bisher nicht erreichbaren Erzen auf die weitere Entwicklung des Bergbaus auswirkte und beschreibt eine äußerst dynamische Seite des – von ihm nicht so genannten – techno-naturalen Systems: „Es besteht so aus den Lagerstättenverhältnissen selbst heraus ein gewisser innerer Zwang zur Entfaltung immer weiterspannter Dimensionen des Montanbetriebs, bis schließlich mit der Verwertung des Gesamthabes komplexer Lagerstätten (die meisten Bunterzlagerestätten gehören dazu) industriell strukturierte Dimensionen erreicht werden.“⁴⁰

Das hohe Innovationspotential des mittelalterlichen Edelmetallbergbaus insgesamt wurde an mehreren Stellen hervorgehoben.⁴¹ Die regelrechte Innovationsspirale, das sich gegenseitige Bedingen technischen Fortschritts unter (Bergbau) und über Tage (Hüttenwesen), ist von Beginn an und bis heute charakteristisch für den Bergbau und muss sich nach der Verfügbarkeit der Ressourcen richten. Der Einfluss des Menschen auf diese Verfügbarkeit liegt ausschließlich in der technischen Bewältigung natürlicher Gegebenheiten und als Voraussetzung dazu in dem Wissen um den praktischen und wirtschaftlichen Wert bestimmter Ressourcen. Dabei ist es oft so (um zuletzt noch einmal auf das Wasser zurückzukommen), dass ein abgesoffenes Bergwerk einer vorangegangenen Bergbauphase späterhin wieder aufwendig gesümpft wird, um das mittlerweile als wirtschaftlich verwertbares Mineral oder Metall – also als Erz – identifizierte Gestein fördern zu können.⁴²

3.2 Berge versetzen

Ein ebenfalls prägnantes Beispiel für unser Konzept zeigt sich im Umgang mit den untertägigen Hohlräumen, die übrigblie-

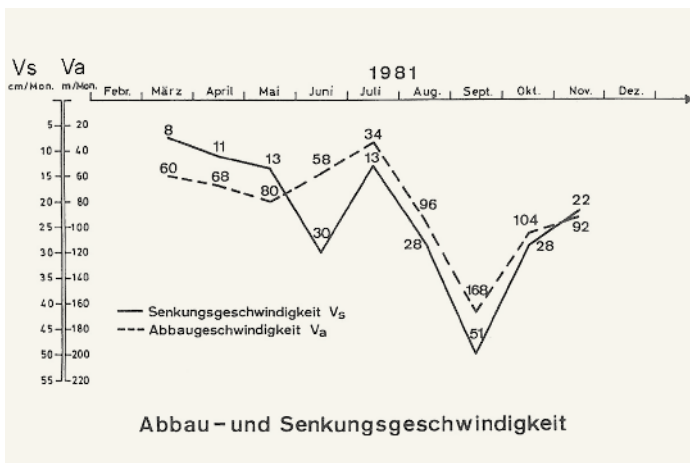


Abb. 4: Abbau- und Senkungsgeschwindigkeit. Die Beschriftung der X-Achse ist im Original vertauscht und wurde von den Verfassern korrigiert. (Pfläging 1986, S. 83)

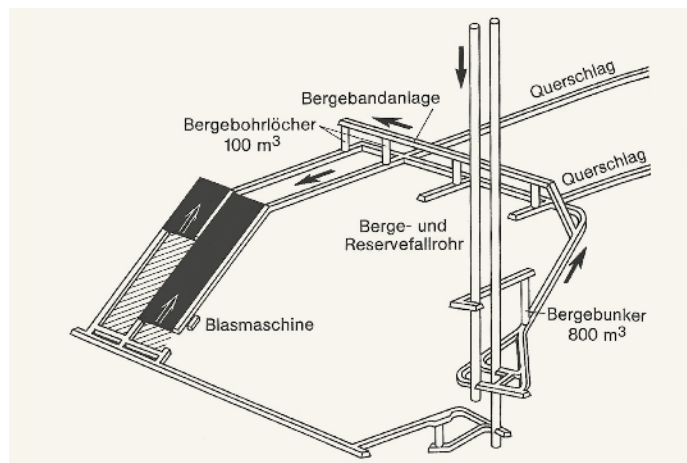


Abb. 5: Eine idealtypische Infrastruktur für Versatzmaterial, die zusätzlichen Strecken und Bunker für das Versatzmaterial sind deutlich erkennbar. (Reinshagen 1986, S. 218)

ben, nachdem der gewünschte Rohstoff gewonnen wurde. Die Frage, wie mit diesen Hohlräumen umzugehen sei, wurde und wird bis heute unter dem Stichwort „Versatz“ bzw. „Versatzwirtschaft“ diskutiert. „Versetzen“ bezeichnet dabei das Auffüllen eines Hohlraumes, der durch Vortrieb oder Abbau geschaffen wurde. Der Begriff „Versatz“ meint sowohl das eingebrachte Material, als auch das Konzept in Gänze.⁴³

Vor allem im Steinkohlenbergbau intensivierte sich in den 1920er Jahren die Diskussion um den Umgang mit den zurückbleibenden Hohlräumen unter Tage. Mit der einsetzenden Mechanisierung wuchsen sie schneller, als sie verfüllt werden konnten, während gleichzeitig durch die Maschinen immer mehr unverkäufliches Nebengestein abgebaut wurde. Daraus ergaben sich zwei grundlegende Problemfelder, die insbesondere den Steinkohlenbergbau bis in die Gegenwart begleiteten. Auf der einen Seite stand die grundsätzliche Frage, ob und wie der entstandene Hohlraum künstlich verfüllt werden kann und soll. Auf der anderen Seite ergab sich aus den großen Mengen unverkäuflichen Nebengesteins die Frage nach seiner Verwendung.⁴⁴

Auch hier waren die geologischen Eigenschaften der Lagerstätte ein entscheidender Faktor für den Umgang mit den unterirdischen Hohlräumen. Aufgrund der geologischen Beschaffenheit des Umgebungsgesteins neigten die Hohlräume im europäischen Steinkohlenbergbau zum Zusammenbruch, wenn sie nicht abgestützt wurden. Für die Bergwerke hingegen war es betrieblich nicht notwendig und noch dazu mit sicherheitstechnischen Risiken verbunden, den „alten Mann“ offen zu halten. In den ausgekohlten Bereichen konnten sich explosive oder sauerstoffarme Gase sammeln, die die Bergleute gefährdeten. Auch ging von diesen Bereichen aufgrund geothermischer Eigenschaften des Gebirges eine erhebliche Wärmeentwicklung aus, die die Arbeitsbedingungen massiv erschwerte. So galt es als bergbaulicher Konsens, die Hohlräume nicht künstlich offen zu halten. Strittig blieb hingegen die Frage, wie sie verfüllt werden sollten.⁴⁵ Vereinfacht gesagt standen zwei Methoden zur Auswahl: Bruchbau und Vollversatz. Bruchbau oder, etwas positiver klingend, Selbstversatz war die gleichsam natürliche Verfüllungsmethode. Hier wurde das geophysikalische Spannungsverhalten des Deckgebirges ausgenutzt, und der Hohlraum einfach sich selbst überlassen, sodass er weitgehend unkontrolliert zusammenbrach.⁴⁶

Das Gegenstück bildete der Vollversatz, bei dem der ausgekohlte Hohlraum gezielt verfüllt wurde. Hierzu dienten die überschüssigen und unverkäuflichen Berge, die in ihrer Menge seit den 1920er Jahren zu einem ernsthaften Problem für die Bergwerke wurden. Sie fielen überall dort an, wo Kohle abgebaut, neue Strecken aufgeföhren, Schächte abgeteuft oder bestehende Teile des Grubengebäudes ausgebessert wurden.⁴⁷

Gleichzeitig fand das Bruchbau-Verfahren zunehmend Anwendung. Bruchbau ermöglichte hohe Abbaugeschwindigkeiten, die in Verbindung mit den neuen Maschinen und Organisationsformen als notwendig erachtet wurden, um hohe Investitionskosten wieder einzuspielen.⁴⁸ Als Konsequenz bevorzugten mit zunehmender Mechanisierung immer mehr Zechen den Bruchbau anstelle des Vollversatzes. In den 1950er Jahren, als die Anteile der teil- und vollmechanisierten Gewinnung im Steinkohlenbergbau immer größer wurden, stieg auch der Anteil der Bruchbaubetriebe weiter an, bis schließlich ab Mitte der 1970er Jahre 90 % der Abbaubetriebe in der Bundesrepublik im Bruchbau geföhren wurden.⁴⁹

Mit beiden Methoden veränderten die Tiefbauzechen nachhaltig die geologische Struktur des sie umgebenden Gebirges. Mit der Zeit nahmen die durch Bruchbau verursachten Schäden ein bisher ungekanntes Ausmaß an. 1986 präsentierte der langjährige Abteilungsleiter für Bergschadensfragen bei der Ruhrkohle AG, Kurt Pfläging, auf einem Fachkolloquium der TU Clausthal die Ergebnisse langjähriger Messungen.⁵⁰ Er revidierte dabei alle bisherigen Annahmen zur Entstehung und zum Verlauf von Bergsenkungen und -schäden. Die Anwendung von Bruchbau sorgte zusammen mit einer intensivierten Abbauföhren (hohe Abbaugeschwindigkeiten und Abbau mehrerer Flöhze auf kleiner Fläche in kurzer Zeit) dafür, dass das Gebirge über der Kohle zunehmend in große und kleine Stücke zerbrach. Das hatte zur Folge, dass sich die mitwandernden Senkungsbewegungen an der Erdoberfläche in kürzerer Zeit und auf kleinerer Fläche abspielten.⁵¹ Bei Vermessungsarbeiten im Umfeld der Zeche Ewald in Herten wurden die zerstörerischen Auswirkungen deutlich sichtbar: „Im Monat September, bei der enormen Steigerung der Abbaugeschwindigkeit, standen die Frauen schon auf den Straßen, zeigten lamentierend auf die von der Zerrungswelle geöffnerten Hausrisse und die von der Pressungswelle hochgestellten

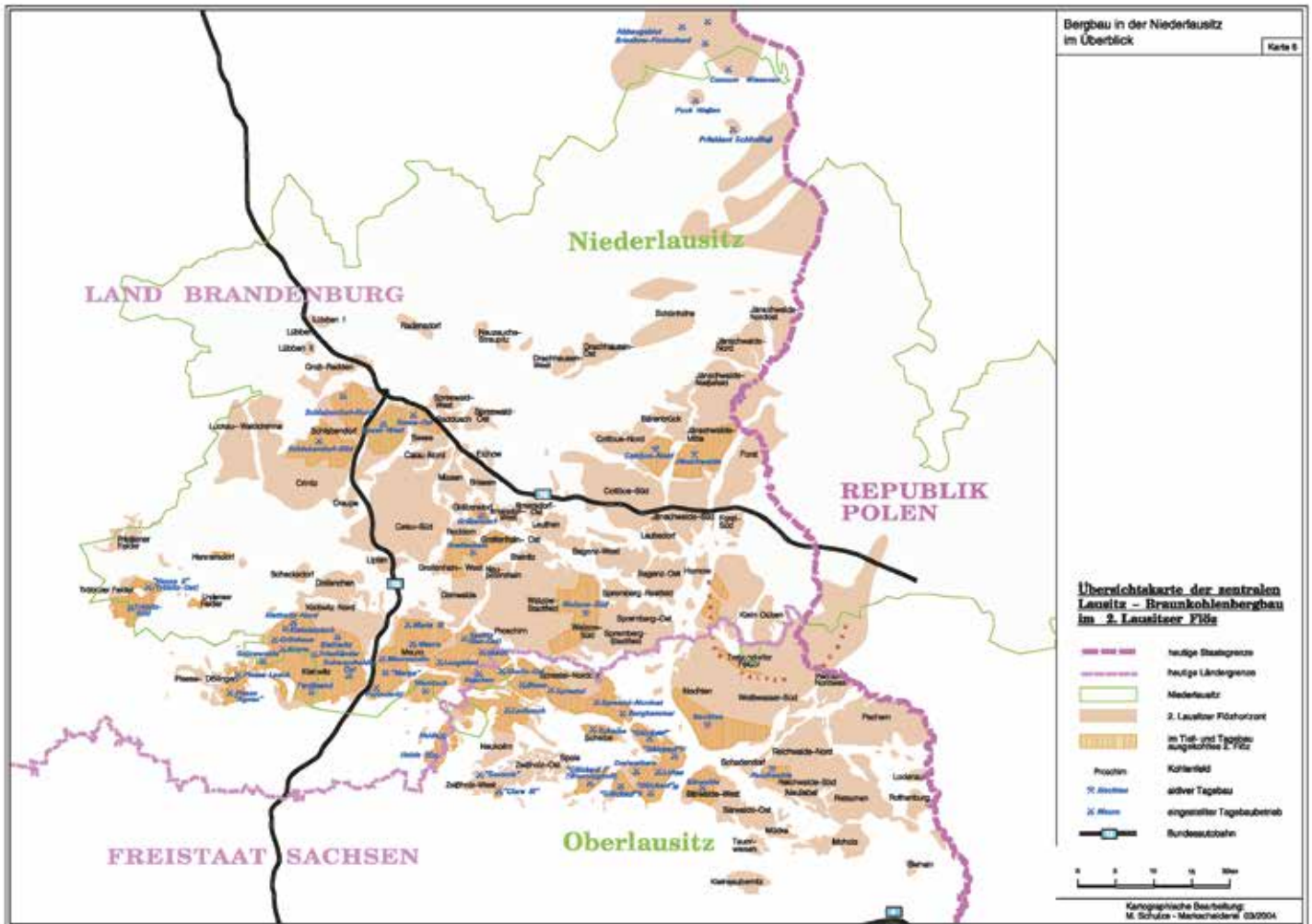


Abb. 6: Übersichtskarte des Lausitzer Reviers (Stand: 2004). Die wirtschaftliche Bedeutung des Reviers resultierte vor allem aus der flächenhaften Verteilung des 2. Flözes. (Sperling/Schossig 2017, Beilagenkarte 1)

Bürgersteigkantensteine. Sobald Zerrungs- und Pressungswelle durch waren, stellte sich ein nahezu spannungsloser Zustand wieder ein, nur waren die Tragwerkskonstruktionen [der Gebäude] total zerstört.⁵²

Hinzu kam, dass vollmechanisierte Hochleistungsstreben zwar ein Vielfaches an Kohle förderten, gleichzeitig aber auch der Anteil des Bergematerials an der Gesamtförderung drastisch zunahm. Betrug er 1960 noch rund 18 %, so stieg er bis 1985 auf 32 % an. Obwohl die Fördermengen seitdem insgesamt zurückgingen, brachen die absoluten Mengen geförderten Bergematerials neue Rekorde.⁵³

Von diesen Entwicklungen waren insbesondere jene Zechen betroffen, die unter dicht bebautem Gebiet arbeiteten. Sie suchten nach einer technischen Lösung, die es erlaubte, auch mit mechanisierten Abbaubetrieben Vollversatz zu betreiben. Hierzu griffen sie auf ein Verfahren zurück, das erstmalig in den 1920er Jahren im Oelsnitzer Revier bei Zwickau angewendet wurde: der Blasversatz. Über eine Rohrleitung, die hinter dem Ausbau lag, wurde zerkleinertes Bergematerial mit Druckluft in den Hohlraum hinter dem Ausbau geblasen.⁵⁴ Die Ideen wurden zu Beginn der 1960er Jahre auf diversen Zechen des Ruhrrevieres wieder aufgegriffen. Besonders hervor taten sich die Zechen Hugo und Consolidation in Gelsenkirchen, die ihre Kohle unmittelbar unter der Stadt abbauten. In den 1970er Jahren intensivierten sie ihre

Versuche, ein anwendungsreifes System zu entwickeln, das den Blasversatz mit neuen Ausbautechniken (Schreitausbau) kombinierte. So sollte der Versatz mit der hohen Abbaugeschwindigkeit vollmechanisierter Betriebe mithalten können. Jedoch war der logistische Aufwand hierfür recht groß – schließlich musste das Volumen, das an Kohle herausgeholt wurde, in etwa gleicher Menge wieder als Bergematerial in die Grube verbracht werden. Hierfür bedurfte es eines aufwendigen Systems für den Bergetransport, das der sonstigen Infrastruktur eines Bergwerkes entgegengesetzt war.⁵⁵

Auch erwiesen sich die Blasversatz-Systeme als vergleichsweise empfindlich. Das Versatzmaterial durfte nicht zu feucht sein, eine maximale Korngröße nicht überschreiten und keine Fremdkörper wie Metallteile enthalten. Noch dazu stellten die verwendeten Ausbauschilder Sonderanfertigungen dar, die spezielle Zugänge in den sonst abgeschirmten Bruchbau erhielten, um die Blasrohre warten zu können.⁵⁶ Schlussendlich war es auch mit Vollversatz nicht möglich, die schädlichen Senkungsbewegungen vollständig zu verhindern. Es gelang lediglich, die Auswirkungen abzuschwächen, indem die Senkungsgeschwindigkeiten und die absolute Höhe der Absenkungen um bis zu 60 % reduziert wurden.⁵⁷

Der Themenkomplex Versatz macht deutlich, wie systemisch bergbauliche Technologie und naturale Gegebenheiten wechsel-

seitig aufeinander bezogen sind. Die Umgebungen, in denen eine Technik funktionsfähig bleiben muss, werden durch naturale Eigenschaften definiert. Gleichzeitig ermöglicht es diese Technik, diese naturalen Bedingungen bewusst und in Teilen berechenbar zu gestalten. Dass die resultierenden Absenkungen mitunter auch zielgerichtet genutzt wurden, zeigt ein Beispiel aus dem westlichen Ruhrgebiet. Hier plante die Zeche Westende Ende der 1950er Jahre ihren Abbau in Zusammenarbeit mit der Verwaltung des Duisburger Hafens so, dass die resultierenden Bergsenkungen die Erosionseffekte des Rheins ausglich und so die Hafenbecken nicht aufwändig ausgebaut werden mussten.⁵⁸

3.3 Abraum fördern

Eine Bestandsaufnahme über die Verbreitung der im deutschen Braunkohlentagebau eingesetzten Abraumförderbücken aus dem Jahre 1938 bilanzierte insgesamt 18 Exemplare, 11 davon verortete sie im Niederlausitzer Revier. Diese regionale Schwerpunktsetzung reflektiert einerseits durchaus ein historisches Ereignis, jenes der Errichtung der ersten Abraumförderbrücke der Welt 1924 im Tagebau „Agnes“ bei Plessa (Kreis Liebewerda, Niederlausitz). Andererseits spiegelt sie wider, dass der Einsatz dieser Technik rückgebunden war und ist an die spezifische Braunkohleologie.

Im Niederlausitzer Revier befinden sich fünf Kohlenflöze. Diese Lagerstätten, vor allem der wichtige zweite Flözhorizont (auch Lausitzer Unterflöz genannt), sind dem epirogenetischen Typ zuzuordnen. Er tritt vor allem im Küstenbereich auf und ist durch großräumige Becken, die durch Hebungen und Senkungen größerer Erdkrustenteile über lange Zeiträume hinweg verursacht wurden, gekennzeichnet. Die kohlenführenden Formationen dieser Becken weisen in der Regel drei bis vier Kohlenflöze auf, die weitspannig und gleichmäßig abgelagert sind. Der geologische Aufbau ist zyklisch (Sande – Schluffe – Tone – Kohle), marine und limnische Schichten wechseln sich ab.⁵⁹ Die Inkohlung der Lausitzer Braunkohlen führte nur zu einer geringen „Reife“, fossile Pflanzenreste sind besser erhalten als in den meisten anderen Braunkohlen. Der hohe Wassergehalt, er liegt zwischen 59 % und 67 %, weist sie als Weichbraunkohlen aus, die darüber hinaus einen hohen Anteil an Xylit (Braunkohlenholz) besitzen. Von diesen Flözen ist das erste Lausitzer Flöz größtenteils abgebaut. Es stand mit einer Mächtigkeit von bis zu 20 m vor allem im Raum Senftenberg oberflächennah an und begründete den im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts einsetzenden ersten Boom des Braunkohlenbergbaus in der Region.⁶⁰

Mit dem Aufschluss der Grube „Marga“, die 1908 in Betrieb ging, setzte der Abbau des zweiten, miozänen Flözhorizonts ein. Dieses Flöz ist zwischen 8 und 14 m mächtig und setzt sich aus dunklen, zumeist geschichteten Kohlen zusammen. Die flächenhafte Verteilung des zweiten Flözhorizonts beträgt ca. 3.600 bis 4.000 km². Die gewonnenen Kohlen zeichnen sich durch geringe Asche- und Schwefelgehalte aus und besitzen sehr gute Bricketteigenschaften.⁶¹ Das Lausitzer Unterflöz ist ein paralisches Flöz aus dem Mittleren Miozän.⁶² Es „entwickelte sich als Koniferenbruchwald mit verbreiteten Eiben- und Eichenbeständen zu einer Riedmoorvegetation mit Kiefern und Palmen, die schließlich mit Mammutbäumen und Stubbenlagen abgeschlossen wird.“⁶³ Im südlichen Teil des Reviers tritt das Flöz als geschlossener Flözkörper auf, während es im nördlichen von Sand- und Schluffsedimenten durchzogen ist. Daher bilden sich in einzel-

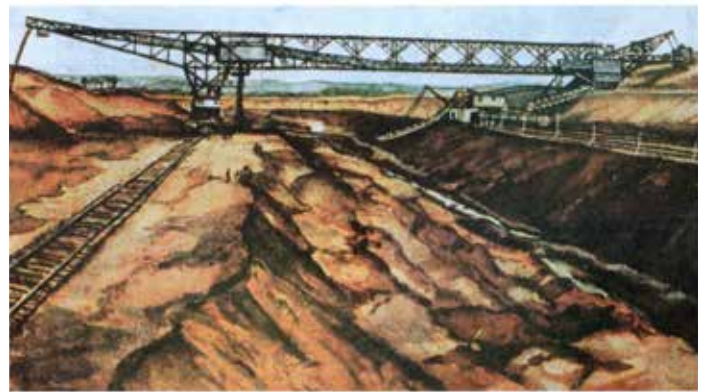


Abb. 7: Die erste Abraumförderbrücke im Braunkohlenbergbau nahm 1924 in der Grube „Agnes“ (bei Plessa) ihren Betrieb auf, ein Jahr später, 1925, ging sie in Regelbetrieb. (NN 1935, s. p.)

nen Lagerstätten Flözbänke, die durch Zwischensedimente getrennt sind, so zu beobachten in den Tagebauen Cottbus-Nord, Jänschwalde und Welzow-Süd.⁶⁴ Geologisch ist das Lausitzer Unterflöz durch Wechsellagen von maritimen Ablagerungen und terrigenen Flözbildungen geprägt, die Meeresablagerungen bilden, die Liegend- und Hangendschichten der Flözbänke. Darüber hinaus finden sich Lagerstättenstörungen, wozu vor allem Einzelverwerfungen, Graben- und Staffelbrüche zu zählen sind. Neben diesen sogenannten endogenen Störungen fanden auch exogene statt, die durch fließendes Wasser, vor allem aber durch das Inlandeis während des Diluviums hervorgerufen wurden.⁶⁵ Im Vergleich mit anderen deutschen Braunkohlenrevieren sind diese geologischen Störungen allerdings weniger ausgeprägt. Die mithin kaum gestörte, flächige und horizontale Verbreitung des zweiten Flözes mit seiner söligen Ablagerung bildet die zentrale natürliche Voraussetzung für den Einsatz der Abraumförderbrücke. Im Revier kam ferner noch hinzu, dass sowohl ein standfestes Gebirge vorhanden war als auch die großflächige Ausdehnung des Flözes eine „ausreichende Lebensdauer des Feldes“ garantierte.⁶⁶ Darüber hinaus ist der erfolgreiche Betrieb von Abraumförderbrücken rückgebunden an die Geometrie des Tagebaues, dieser sollte möglichst eine „geradlinige und langgestreckte Form“ besitzen, und an die Möglichkeit, dass der gewonnene Abraum gleich wieder in die eben ausgekohlte Grube verkippt werden kann.⁶⁷

Dieser naturalen Geschichte der Abraumförderbrücke steht die humane zur Seite, deren Narrativ anders gelagert ist. Deutlich zeigt sich dies am oben erwähnten Beispiel der Abraumförderbrücke „Agnes“, die 1925 den Regelbetrieb aufnahm. Diese Erzählung wird geprägt von ökonomischer Konkurrenz und individueller Risikobereitschaft.

Die Anfänge der Abraumförderbrücke reichen zurück in das ausgehende 19. Jahrhundert, 1894 meldete die Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft ein erstes Patent an. Es sollte allerdings bis in die 1920er Jahre dauern, bis aus der Invention eine Innovation wurde, die den Ansprüchen des Braunkohlentagebaus entsprach.⁶⁸ Die Technologie sollte vornehmlich dazu dienen, große Abraumengen kostengünstig zu fördern. Insofern erscheint ihr ökonomisch hergeleiteter Einsatz im Niederlausitzer Revier in den 1920er Jahren plausibel, ihre erste Implementierung in der Grube „Plessa“ nachgerade zwangsläufig:⁶⁹

Mit Ende des Ersten Weltkriegs hatte das Deutsche Reich wichtige Steinkohlegebiete verloren, Braunkohle als Energieträger

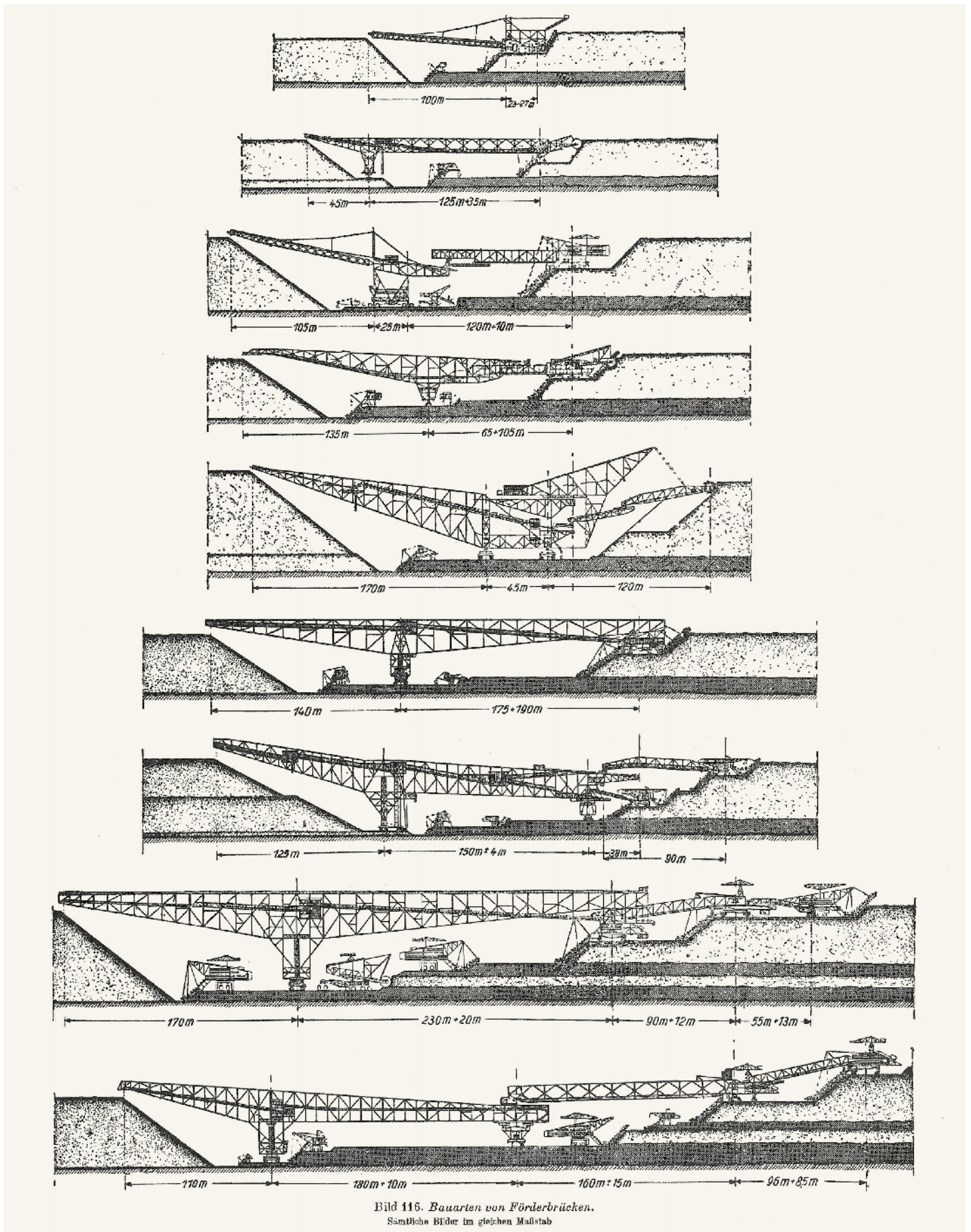


Abb. 8: Bis zur Entwicklung der Einheitsförderbrücken in der DDR waren Abraumförderbrücken angepasste Einzelfertigungen. Die Abbildung zeigt unterschiedliche Typen, die um 1950 vom Lauchhammerwerk, also vor der Einführung der Einheitsförderbrücke, gebaut wurden und neben der Einhaltung technischer Richtlinien, die in der DDR 1950 erlassen wurden, den naturalen Gegebenheiten der einzelnen Tagebaue angepasst waren. (Elbert 1955, Bild 116 (zwischen S. 108-109))

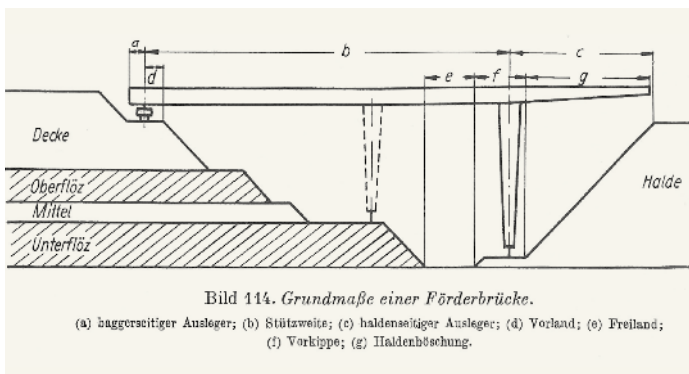


Abb. 9: Schematische Darstellung einer Abraumförderbrücke mit Angabe der sogenannten Grundmaße. (Elbert 1955, S. 105)

gewann damit einen bedeutenderen volkswirtschaftlichen Stellenwert. Dies spiegelt sich sinnfällig unter anderem darin, dass 1932 der Anteil der Braunkohlen an der deutschen Gesamtstromerzeugung bei 39% lag.⁷⁰ Zugleich schritt, verursacht durch den Arbeitermangel während des Ersten Weltkriegs, zum einen die Technisierung des Kohlenabbaus und der Erschließung voran, zum anderen verschlechterte sich das Verhältnis von Deckgebirge und Kohlenflöz im Revier – um 1900 betrug es noch 1:1 und sollte sich dann Ende der 1930er Jahre auf 1:2,3 bis 1:5 belaufen. Hieraus scheint sich dann plausibel ableiten zu lassen, dass die Abraumförderbrücke eine ökonomische Notwendigkeit darstell-

te, um vor allem dem sich verschlechternden Deckgebirge-Kohlenflöz-Verhältnis wirtschaftlich Herr zu werden. Oder, konkreter noch: „Hoher Kostendruck, die ständig zunehmende Strecke zwischen Aufschüttung und Grube sowie die steigenden Aufwendungen zum Erhalt der Produktivität des Zugbetriebes veranlassten die Plessaer Braunkohlenwerke GmbH – immerhin eines der letzten mittelständischen Unternehmen, das der Monopolisierungswelle in der Braunkohlenindustrie widerstehen konnte – [...] zu dem Wagnis, bei der A. T. G. Leipzig eine solche Förderbrücke zu bestellen.“⁷¹ In dieser Narration verkörpert die Innovation nicht nur ausschließlich ökonomische Rahmenbedingungen, sondern in ihr manifestiert sich zugleich der „heldenhafte“ Konkurrenzkampf eines Einzelunternehmens gegen die in der Region übermächtigen Monopolisten.

Aus dem Blick gerät hier dann zumeist, dass die Diffusion der Abraumförderbrücke technische Modifikationen voraussetzte, die auch auf naturale bzw. technisierte naturale Faktoren rückführbar sind.⁷² Zu nennen sind hier beispielsweise veränderte Konstruktionen aufgrund auftretender Kippenrutschungen oder auch solche der Abstützungen der Brücke, die standfeste Untergrundverhältnisse voraussetzten. Bis in die 1950er Jahre hinein blieben die Abraumförderbrücken Unikate, die den jeweiligen natürlichen Rahmenbedingungen der Tagebaue angepasst waren, hierin mag sich dann auch die ökologische Determinante der Technikentwicklung spiegeln. Die in der DDR forcierte Entwicklung der sogenannten Einheitsförderbrücke in den 1950er Jahren schwächte deren Bedeutung zwar ab, konnte sie aber nicht gänzlich negieren.⁷³

Abb. 10: Tagebau Marie-Anne (bei Klein Leipisch) mit aktiver Abraumförderbrücke in den 1930er Jahren. (Jurasky 1936, S. 128)



4. Bergbau wissen

Das Wissen über den Bergbau zeichnet eine hohe Komplexität verschiedenster Wissensbestände aus, von denen zwei prominent scheinen, die rechtlichen und die technischen. Beide Wissensbestände haben frühzeitig Formalisierungen erfahren und hängen auf das Engste miteinander zusammen. In den unten folgenden beispielhaften Darstellungen untersuchen wir Praktiken der Wissensformalisierung im mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbau. Inhaltlich wird es zum einen um das Bergrecht, zum anderen um die Bergbauwissenschaft gehen. Methodisch schließen unsere Überlegungen an aktuelle wissenschaftliche Debatten über das technische Wissen in der Frühen Neuzeit an. Aus der Vielzahl dieser neuen Ansätze möchten wir hier stellvertretend äußerst kurz folgende skizzieren,⁷⁴ nicht zuletzt, da sie von besonderer terminologischer Bedeutung sind.

Mit dem bislang ausschließlich für die Moderne genutzten Begriff „technoscience“ machte Ursula Klein vor einiger Zeit darauf aufmerksam, dass die lange Zeit in der Wissenschaftsgeschichte ausgeprägte Unterscheidung von wissenschaftlichen und praktischen Wissen bereits für die Frühe Neuzeit hinterfragbar ist.⁷⁵ Ähnlich argumentierte auch Marcus Popplow, der diese beiden Wissensformen nur als „extreme Pole“ verstanden wissen will, zwischen denen sich in der Frühen Neuzeit vielfältige weitere Wissensformen ausprägten.⁷⁶ Die begriffliche Problematisierung schreibt der Topos des „nützlichen Wissens“ fort, den prominent zunächst Joel Mokyr in die Forschung einbrachte und den seit Kurzem u. a. auch Klein verwendet.⁷⁷ Hiermit wurde jenseits von wissenschaftsgeschichtlich orientierten Begrifflichkeiten, beispielsweise der Kodifizierung, der Entpersonalisierung oder der Inkorporierung, ein umfassender Analyserahmen des technischen Wissens in der Frühen Neuzeit formuliert. Nach Popplow erfüllt dieses breite Konzept vielfältige methodische Ansprüche, so z. B. die Vermeidung des anachronistischen Dualismus von praktischen und wissenschaftlichen Wissensformen oder die Offenheit des Kulturvergleichs.⁷⁸ Als drittes Beispiel sei knapp auf die Überlegungen von Eric Ash hingewiesen.⁷⁹ Mit den Topoi „Experte“ und „Expertise“ bindet er das technische Wissen rück an soziale und administrative Kontexte der Frühen Neuzeit. Popplow beschrieb präzise die hiermit einhergehende Verlagerung des analytischen Fokus: „His focus is thus not so much on the content and formal structure of this knowledge but on the procedures with which it was applied.“⁸⁰ Popplow selbst entwickelte vor diesem nur cursorisch ausgeführten Hintergrund einer umfänglichen Methoden- und Theoriediskussion über das technische Wissen in der Frühen Neuzeit einen anschlussfähigen konzeptionellen Zugang.⁸¹ Ausgangspunkt seiner Überlegungen sind die methodischen Defizite bislang genutzter Konzepte für historisch vergleichende Fragestellungen und Untersuchungen. In diesem Zusammenhang machte Popplow ferner darauf aufmerksam, dass sich bislang zahlreiche Studien zum technischen Wissen in der Frühen Neuzeit auf Prozesse der Kodifizierung konzentrierten, was allerdings zu kurz griffe, denn: „[...] one must not forget that in any technological sector, the realization of technical processes still primarily depended on the application of embodied knowledge. This continued to be essential in the arts and crafts and in large-scale engineering processes, and was of equally crucial relevance to the application of media-based forms of knowledge.“⁸² Für ihn spielen daher zwei analytische Kategorien eine hervorgehobene Rolle – jene der Formalisierung und der Interaktion, die nicht nur den historischen Vergleich erleich-

tern sollen, sondern auch die gemeinsame Untersuchung von kodifizierten und inkorporierten Wissen.

Formalisierung meint allgemein die divergenten Praktiken des Wissensaustauschs. Der Topos umfasst somit Prozesse der Kodifizierung, im Sinne einer medialen Repräsentanz, und der Institutionalisierung im Bereich von Ausbildung und Forschung. Auch sind demnach die technische Praxis und deren geschriebene und ungeschriebene Regeln bzw. Verregelungen formalisiertes Wissen. Insofern sich dieser Begriff nicht nur auf Institutionen und Medien bezieht, sondern auch weitere soziale Konfigurationen inkludiert, sei er, so Popplow, für einen diachronen und synchronen historischen Vergleich geeignet. Prozesse der Formalisierung seien in einem zweiten Schritt hinsichtlich der Interaktionen zwischen unterschiedlichen technischen Wissensformen und den dazugehörigen Praktiken zu analysieren. Denn: „The emphasis on interaction is of particular relevance for the long-term perspective [...], because such processes of interaction took on new dimensions when various types of technology-related knowledge and corresponding practices multiplied at certain locations, and also increased for certain individuals during the early modern period.“⁸³ Formalisierung und Interaktionen erscheinen somit als zwei basale Kategorien, um den komplexen Prozess der Produktion, Kommunikation und Praktizierung technischen Wissens zu analysieren.

4.1 Bergrecht⁸⁴

Bei den überschaubaren Arbeiten, die Bergrechtstexte untersuchen, liegt der Fokus auf den Inhalten, während die Entstehungsumstände – gar im Sinne der Fragen nach Formalisierung und Interaktion – hingegen bisher weniger beleuchtet blieben.⁸⁵ Gerade das mittelalterliche Bergrecht ist aber für eine solche Herangehensweise geeignet, da es durch seine Praxisnähe und regionale Bezogenheit äußerst „anpassungsfähig“ war und sein musste. Es ist zudem deutliches Abbild diverser Interessenlagen verschiedener handelnder Akteure.

Die erste Verdichtung der Schriftquellenüberlieferung für den mittelalterlichen Bergbau setzte Ende des 12. Jahrhunderts ein. Sie hängt unter anderem mit der Verkündung und Umsetzung des königlichen Anspruchs (sog. Bergregal) auf Silberbergwerke und Einkünfte aus Salinen zusammen. Das auf dieser Basis entstehende Bergrecht spiegelt in einem hohen Maße bergbautechnisches und administratives Wissen über den mittelalterlichen und später auch den frühneuzeitlichen Bergbau. Es handelt sich um ein Sonderrecht, das von Beginn an neben vorhandene Land- oder Stadtrechtstexte trat oder gleich als Bestandteil derselben mitentworfen wurde. Die Standortgebundenheit des Bergbaus machte diese Lösung notwendig, denn der allgemeine Anspruch auf bestimmte unterirdische Ressourcen (also die unter das Bergregal fallenden Metalle und Minerale) trat in Konflikt mit „oberirdischen“ Eigentumsrechten und Herrschaftsbereichen. Neben denjenigen Inhalten, die den konkreten Grubenbetrieb betrafen (vgl. Titelbild), behandelten diese Rechtstexte daher meist auch die Abgrenzung zu anderen Rechtssphären und die besonderen Zuständigkeiten der Akteure des Berggerichts, der Bergverwaltung und des Bergbaubetriebs.⁸⁶

Bereits in den ersten Bergrechtstexten wird die enge inhaltliche Bindung an die praktische Arbeit deutlich – und dies unabhängig von den sehr unterschiedlichen politischen und sozialen Entstehungskontexten. Viele Bergrechtstexte orientieren sich

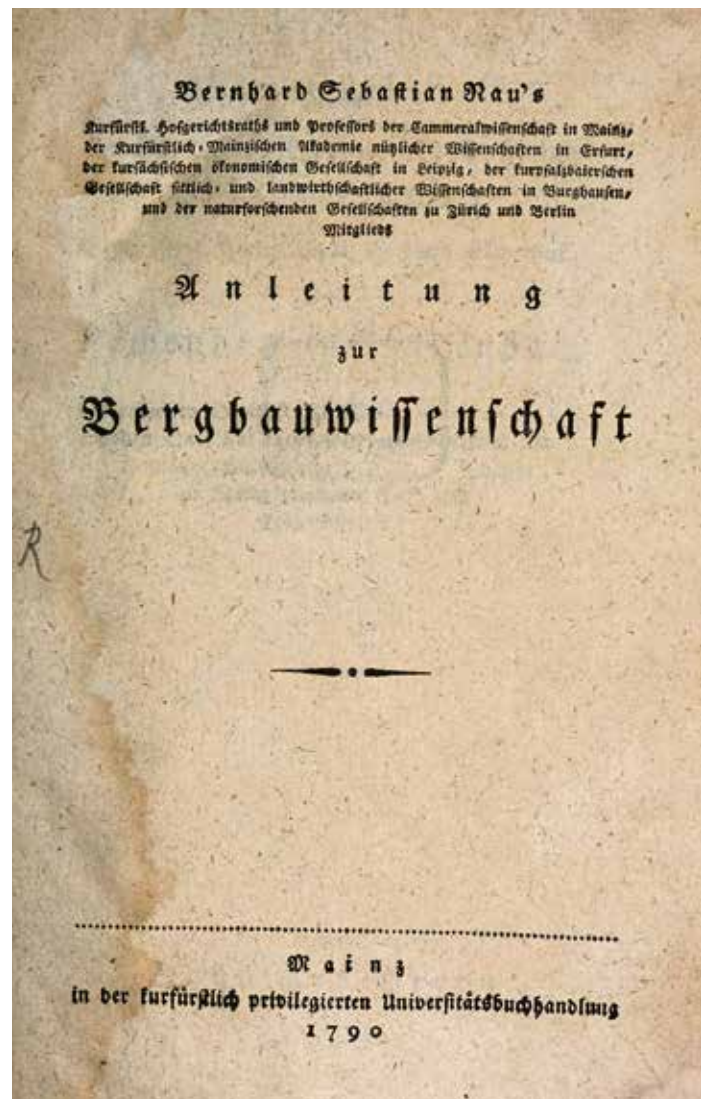
zumindest abschnittsweise in logischer Reihenfolge an den Betriebsabläufen des Bergbaus, einige fokussieren auf einen bestimmten zu regelnden Sachverhalt (z.B. das Erbstollenrecht des Freiburger Bergrechts) oder auf einen bestimmten zu lösenden Konflikt (z.B. konkrete Streitpunkte unter Nennung von Personen im Trienter Bergrecht⁸⁷). Die regelungsbedürftigen Tätigkeiten rund um das Suchen, Erschließen, Finden und Muten bis hin zum Abbau finden je nach den politischen und auch natürlichen Gegebenheiten verschiedentlich Platz in den Bergrechtstexten. Die rechtliche Loslösung der Bodenschätze vom Grundeigentum und die Beanspruchung derselben durch das Königtum führte eben nicht nur auf politischer Ebene zu Konflikten, sondern hatte auch und gerade für den Bergwerksbetrieb selbst Folgen. Immer mehr Personen mit zunehmend unterschiedlichen Berechtigungen oder Aufgaben mussten auf über- und untertage immer enger werdendem Raum interagieren. Anrechte auf vorläufige und offizielle Grubenfelder, Bevorrechtigungen im Grubenbetrieb und auch Themen der Arbeitssicherheit spielten dabei eine Rolle. Das techno-naturale System Bergbau forderte spezielle Vorgehens- und Verhaltensweisen im und am Berg. Sei es die Berücksichtigung der mit der Zeit immer stärker verbundenen Bergwerke beim riskanten Feuersetzen (besonders deutlich im Goslarer Bergrecht) oder im Bereich der Wasserhaltung (besonders deutlich im Freiburger Bergrecht).⁸⁸ Auch die vor Ort gegebene Geologie wird gelegentlich angesprochen, wenn es z. B. um das Umfahren oder das Feuersetzen beim Antreffen harten Gesteins geht.⁸⁹ Die von Popplow kritisierte Tendenz, sich bei der Untersuchung technischen Wissens der Frühen Neuzeit auf Prozesse der Kodifizierung zu fokussieren (s. o.), ist auch bei den meisten bisherigen Untersuchungen über mittelalterliches Bergrecht augenfällig. Oft werden die Bergrechtstexte untereinander in chronologische oder geographische Ordnungen gebracht und Belege einzelner Technologien hervorgehoben. Dazu mag auch das – aus heutiger Sicht auf die Überlieferung – plötzliche Aufkommen des Bergrechts im 12. Jahrhundert und die prominente Rolle einiger besser untersuchter Bergrechtstexte beigetragen haben. So sind es oft das sogenannte Trienter Bergrecht und die Anaberger Bergordnung, die als erstes schriftliches Bergrecht und erste Bergordnung mit Vorreiterfunktion benannt werden.⁹⁰ Der Vielfalt, insbesondere der mittelalterlichen Bergrechtstexte, ist damit kaum Rechnung zu tragen, denn gerade das frühe Trienter Bergrecht unterscheidet sich in Form und Inhalt von späteren Bergrechtstexten wie z. B. dem Freiburger Bergrecht und dies wiederum vom Goslarer Bergrecht usw. Neben den unterscheidenden gibt es auch viele verbindende Merkmale, was seit Dieter Hägermann und Karl-Heinz Ludwig unter dem Schlagwort des europäischen Bergrechts zusammengefasst wird. Dem zugrunde liegen übergreifende Vorstellungen und Gepflogenheiten im Bereich des Rechts im Allgemeinen und von rechtlicher, administrativer und technischer Organisation des Bergbaus im Speziellen. Außerdem basieren die Ähnlichkeiten auf den „inneren Erfordernissen des Bergbaus und Hüttenwesens selbst“,⁹¹ was auf die wechselseitigen Anforderungen von Natur und Technik im techno-naturalen System Bergbau verweist. Die Formalisierungs- und Interaktionsprozesse, die bei der Entstehung von Bergrecht eine Rolle spielen, ließen sich entsprechend der Akteure (z. B. Landesherren, Bergleute, Stadträte) und der in Frage kommenden Wissensbestände (z. B. im Bereich von Mineralogie, Handwerk, Recht) nachzeichnen. Aber auch eine Fokussierung allein auf die Bergrechtsgenese und der damit konkret beschäftigten Personen und Institutionen ist vielversprechend. So nahm

beispielsweise der sogenannte Iglauer Oberhof im böhmischen Iglau (heute Jihlava in Tschechien) besonders im 14. Jahrhundert – mitunter grenzübergreifend – in bergrechtlichen Belangen gerichtliche und aktiv beratende Funktionen wahr (z.B. in Form von Rechtsweisungen).

4.2 Bergbauwissenschaft

In seiner 1790 veröffentlichten „Anleitung zur Bergbauwissenschaft“ gab Bernhard Sebastian Nau,⁹² Professor für Kameralwissenschaften in Mainz, folgende Begriffsbestimmung: „Die Bergbauwissenschaft lehret uns die vortheilhafte Gewinnung aller derjenigen Fossilien, von welchen wir einigen Vortheil oder Nutzen ziehen können.“⁹³ Er übernahm ein im 18. Jahrhundert weit verbreitetes und geteiltes Verständnis – so hatte bereits einer der führenden, zeitgenössischen Montanwissenschaftler, Friedrich Wilhelm von Oppel,⁹⁴ in dem 1769 posthum erschienenen Lehrbuch „Bericht vom Bergwerk“ die „Bergbaukunst“ nahezu wortgleich definiert.⁹⁵ Unverkennbar tritt uns hier eine Wissenschaft

Abb. 11: In der „Bergbauwissenschaft“ des 18. Jahrhunderts finden formale und interagierende Wissensbestände ihren Platz. (von Nau 1790, Titelblatt)



entgegen, deren Selbstverständnis als „nützliches Wissen“ offenkundig ist. Dies mag oberflächlich auf das aufklärerische Nützlichkeitsversprechen der zeitgenössischen Wissenschaften rückführbar sein, das auch Argument ihrer Selbstlegitimation war.⁹⁶ Doch greift diese eher internalistische Betrachtung zu kurz, da sie die Wissensformen nicht in gesellschaftliche Kontexte einbindet. Die oben skizzierten, von Eric Ash hervorgehobenen Zusammenhänge zwischen technischen Wissensformen und sozialen, vor allem aber administrativen Kontexten, führen hier in einem ersten Schritt weiter. Sie vermögen nicht nur Auskunft darüber geben, warum die „Bergbauwissenschaft“ sich ausgangs des 18. Jahrhunderts als unwidersprochen „nützlich“ darstellen konnte, sondern auch darüber, wie und warum sich spezifische Wissensformalisierungen ausprägten, in diesem spezifischen Fall auch unter Berücksichtigung der Interaktion unterschiedlicher Wissensformen. Diese Zusammenhänge können am Beispiel der 1765 ihren Betrieb aufnehmenden Bergakademie in Freiberg, in der Bergbaugeschichte oft als ein zentraler Referenzpunkt für die Akademisierung des Wissensfeldes, nahezu paradigmatisch verdeutlicht werden.⁹⁷

Nach Ende des Siebenjährigen Krieges (1756-1763) befand sich die sächsische Wirtschaft in einem desolaten Zustand, sodass der Aus- und Aufbau von Bildungseinrichtungen, im konkreten Fall einer Bergakademie, „von Anfang an ein Produkt der finanziellen Engpässe des spätabolutistischen kameralistischen Staates“⁹⁸ war. Dass die Freiburger Bergakademie gar von einigen Historikern als „Realisierung eines kameralistischen Traums“ gedeutet wurde,⁹⁹ darf insofern nicht überraschen, da bereits seit den 1740er Jahren im Umfeld der Kameralistik die Einrichtung einer solchen Wissensinstitution gefordert wurde – doch sollten zwischen diskursivem Traum und institutioneller Realität gravierende Lücken klaffen.¹⁰⁰ Diese Diskrepanz vermag allerdings nicht zu überdecken, dass die Gründung der Bergakademie rückgebunden an staatlich-administrative Kontexte blieb, bildete sie doch einen unverzichtbaren Eckpfeiler des sächsischen Bergstaates.¹⁰¹ Da die (Gründungs-)Geschichte dieser Institution bereits mehrfach dargestellt wurde,¹⁰² beschränken wir uns im Folgenden darauf, wissenschaftsgeschichtlich bedeutsame strukturelle Aspekte zu skizzieren.¹⁰³

Eine zu gründende Bergakademie sei, so die kameralistischen Vorstellungen von Carl Friedrich Zimmermann aus den 1740er Jahren, die institutionelle Voraussetzung für die Ausarbeitung einer fehlenden Bergwerkswissenschaft. Sie sollte eine Verbindung zwischen Gelehrtenakademie und Universität sein, in der staatlich besoldete Naturforscher an den Grundlagen der neuen Wissenschaft arbeiten. In der Realität indes wies die Freiburger Bergakademie eine gänzlich andere Struktur auf, die sie nicht vorrangig als Forschungs-, sondern als Ausbildungseinrichtung kennzeichnete. Sie kann als Hybrid aus frühneuzeitlicher Universität und staatlicher Ausbildungseinrichtung gesehen werden. Zwar wurde eine Bibliothek und eine Mineraliensammlung, wie es sich Zimmermann gewünscht hatte, eingerichtet, der theoretisch orientierte Unterricht entsprach hingegen nicht universitären Gepflogenheiten, da er nicht nur von Professoren, sondern auch von technischen Beamten, Probierern, Markscheidern und Kunstmeistern abgehalten wurde.¹⁰⁴

Doch nicht nur in dieser Hinsicht kann von einer institutionalisierten Interaktion verschiedener Wissensbestände geredet werden, besonders ausgeprägt erscheint diese durch die praktisch orientierte Ausbildung der Eleven auch unter Tage, in den Bergwerken um Freiberg. In dieser Struktur spiegelte sich auch das aufklärerische Postulat der engen Verbindung von „Theorie und

Praxis“ wieder, dem in Hinblick auf kameralistisch inspirierte Verbesserungsmaßnahmen im Bergbau besondere Bedeutung zufiel. Persönliche Mobilität, für die Aneignung bergbaulichen Wissens bis zum Ende des 18. Jahrhunderts *conditio sine qua non*, besaß zwar immer noch einen Stellenwert, so war für angehende hohe Bergbeamte im Rahmen einer auf fünf Jahre angelegten theoretisch-praktischen Ausbildung an der Bergakademie im letzten Jahr eine „Reise in ausländische Bergbaugebiete vorgesehen“,¹⁰⁵ doch traten an ihre Stelle zunehmend neue Wissensformalisierungen, die sich vor allem auch in der Emergenz des Genres der Bergbauwissenschaft manifestierte.

5. Techno-naturales System – Wozu?

Abschließend wollen wir erörtern, warum der Begriff „techno-naturales System“ ein analytischer Ankerpunkt nicht nur einer modernen Bergbaugeschichte sein könnte.

5.1 Techno-naturales System und moderne Bergbaugeschichte

Unverkennbar spielt der Untertitel unseres Beitrages auf die unlängst in dieser Zeitschrift veröffentlichten Überlegungen von Lars Bluma zum Profil einer „modernen Bergbaugeschichte“ an.¹⁰⁶ Gleichwohl einerseits gefragt werden kann, ob es angesichts ausufernder, vor allem universitär betriebener Denominationen immer speziellerer historischer Subdisziplinen nun auch noch einer Bergbaugeschichte bedarf, steht u. E. andererseits fest, dass der spezifische Untersuchungsgegenstand „Bergbau“ einen eigenständigen methodisch-theoretischen Unterbau benötigt. Bluma plädiert für eine inhaltlich und methodisch breit ausgerichtete moderne Bergbaugeschichte,¹⁰⁷ er verweist aber auf einen zentralen Reflexionsrahmen – den Raum. Anknüpfend an den „spatial turn“¹⁰⁸ nutzt Bluma vornehmlich einen relationalen Raumbegriff. Zugleich allerdings verbindet er diesen konstruktivistischen Ansatz ausdrücklich nicht mit einer Absage an konkrete Örtlichkeiten. Vielmehr sieht er die „Lokalität und Regionalität der Produktion“ als markante Unterscheidung der bergbaulichen Urproduktion von der gewerblich-industriellen Produktion.¹⁰⁹

5.2. Techno-naturales System als analytischer Ankerpunkt der modernen Bergbaugeschichte

Die durch die Lagerstätten gegebene Standortgebundenheit ist essentiell für die moderne Bergbaugeschichte. Hier knüpften unsere vorausgegangenen Überlegungen an und berücksichtigten zugleich den auf Karl-Heinz Ludwig zurückgehenden Hinweis einer gewissen Theorieferne.¹¹⁰ Mit dem vorgeschlagenen Begriff des techno-naturalen Systems verbindet sich eine Akzentuierung, die den Unterschied zwischen Bergbau und produzierender Industrie nicht mit ökonomischen Kategorien begründet. Stattdessen kehrt er das für ökonomische Argumentationen charakteristische Blackboxing von Technik und Natur um. Der Begriff des techno-naturalen Systems blendet bewusst ökonomische Kontexte aus und erhebt die Interaktion von Natur und Technik zum zentralen Analysegegenstand. Uns scheint, dass die skizzierten Interaktionen zwischen Technik und Natur,

die die Besonderheit des Bergbaus ausmachen, bisher nicht stark genug berücksichtigt wurden. Ausnahmen bilden beispielsweise die Arbeiten von Christoph Bartels und Dietmar Bleidick.¹¹¹ Darüber hinaus erlaubt die Begrifflichkeit, wie gezeigt, auch den Anschluss an wichtige Debatten in benachbarten historischen Subdisziplinen, wie beispielsweise der Technik- und Umweltgeschichte oder auch der Geschichte des Wissens – ohne allerdings die unterstellte Spezifik des Bergbaus aus dem Blick zu verlieren. Indem der Begriff techno-naturales System die stoffliche Dimension menschlicher Geschichte adressiert, ist er zugleich anschlussfähig an die Stoffgeschichte. Von daher könnte der hier skizzierte Begriff nicht nur ein analytischer Ankerpunkt der modernen Bergbaugeschichte sein, sondern darüber hinaus auch für einen noch zu schreibenden „Versuch über die menschliche Geschichte der Georessourcen“.¹¹²

5.3. Perspektiven des techno-naturalen Systems jenseits der Bergbaugeschichte

Mit der Untersuchung lokaler Wechselwirkungen von Natur und Technik bietet sich die Möglichkeit, eine „menschliche Geschichte der Georessourcen“ mit anderen Themenfeldern und Fachdiskursen, vornehmlich der Technik- und Umweltgeschichte, zu verknüpfen. Die Energiegewinnung verdeutlicht diesen Zusammenhang besonders instruktiv, wie auch Melanie Arndt in ihrer Bestandsaufnahme zur Umweltgeschichte kürzlich konstatierte.¹¹³ Auch Eike-Christian Heine und Christian Zumbrägel betonen, wie sich die Untersuchung des Verhältnisses von Technik und Natur vor allem in Forschungen zu Flüssen und zur Seefahrt als äußerst fruchtbar erwiesen hat.¹¹⁴ Als besonders anschauliches Beispiel dient Richard Whites Untersuchung des Columbia River.¹¹⁵ White zeigt eindrucksvoll wie die menschliche Nutzung des Flusses sowie die Manipulation des Flusslaufes intendierte und nicht intendierte Folgen zeitigten. Hier bietet sich für eine moderne Bergbaugeschichte eine vielversprechende Perspektive, schließlich ist die Transformation naturräumlicher Gegebenheiten bei gleichzeitiger Anpassung an selbige konstitutiv für den Bergbau.

Anmerkungen

- 1 Der Beitrag ging hervor aus der Mitarbeit in dem von der RAG-Stiftung geförderten Forschungsprojekt „Vom Boom zur Krise – Der deutsche Steinkohlenbergbau nach 1945“ (Nikolai Ingenerf, Torsten Meyer).
- 2 Vgl. zusammenfassend Golombek/Meyer 2016; aus geschichtswissenschaftlicher Perspektive zum Konzept vgl. auch Steffen/Crutzen/McNeill 2007, zuletzt lesenswert Chakrabarty 2018. Für den Hinweis auf den aktuellen Artikel von Depish Chakrabarty danken wir Stefan Moitra (Montanhistorisches Dokumentationszentrum (montan.dok) am Deutschen Bergbau-Museum Bochum).
- 3 Vgl. zusammenfassend Golombek/Meyer 2016, S. 198-203; als beispielhafte, kritische Auseinandersetzung mit dem Konzept vgl. LeCain 2015; LeCain 2017, bes. S. 306-340; LeCain 2019.
- 4 „Natursphären und Soziosphären sind zu einem Großsystem verschmolzen.“ Vgl. Jahn/Hummel/Schramm 2015, S. 92.
- 5 Wir folgen hier der „klassischen“ Epochenäsur, die auf Crutzen zurückgeht, der in seinem, schon als Standardzitat zu bezeichnenden, Artikel „Geology of mankind“ konstatierte: „The Anthropocene could be said to have started in the latter part of the eighteenth century, when analyses of air trapped in polar ice showed the beginning of growing global concentrations of carbon dioxide and methane. This date also happens to coincide with James Watt’s design of the steam engine in 1784.“ Crutzen 2002. Dieser Epochenbeginn wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Vgl. Golombek/Meyer 2016, S. 202.

- 6 Vgl. Fettweis 1997, S. 19.
- 7 Pritchard 2014, S. 229. Für die vielschichtige Debatte und den Forschungsstand hinsichtlich einer „Umweltgeschichte der Technik“ und rund um das Schlagwort „envirotech“ (und auch „envirotechnical system“) sei der genannte Handbuchbeitrag empfohlen.
- 8 Vgl. entsprechend ebd., S. 228.
- 9 Im Folgenden inkludiert der Begriff Geologie auch Hydro(geo)logie.
- 10 Vgl. Reith 1993; Reith 1994; Reith 2000; Reith 2010.
- 11 1895-1968, ab 1930 Professor für Bergbaukunde an der RWTH Aachen, vgl. Kroker 2001, S. 526f.
- 12 1866-1950, Professor für Bergbaukunde an der Bergakademie Berlin, ab 1904 Geschäftsführer der Westfälischen Berggewerkschaftskasse und Direktor der Bergschule Bochum, vgl. Winkelmann 1968, S. 453.
- 13 1874-1937, ab 1907 Professor für Bergbau- und Aufbereitungskunde an der RWTH Aachen, ab 1932 u. a. Geschäftsführer der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, vgl. Moitra 2014, S. 123.
- 14 Fritzsche 1962. Das Buch wurde bis 1989 mehrfach neu aufgelegt und überarbeitet. Es kann damit als das Standardwerk der akademischen Ausbildung im deutschen Steinkohlenbergbau der Moderne bezeichnet werden, vgl. Farrenkopf/Ganzelewski 2014, S. 170.
- 15 Ebd., S. 224f. Die Werte beziehen sich auf den Stand der 1960er Jahre. Bis in die 1980er Jahre wuchsen die Streblängen der Bergwerke auf über 400 Meter an.
- 16 Ebd., S. 292f.
- 17 Ebd., S. 311f.
- 18 Ebd., S. 311.
- 19 Ebd., S. 293.
- 20 Dorstewitz 1973.
- 21 Wirtschaftsvereinigung Bergbau 1983, S. 41.
- 22 Sander 1956, S. 217.
- 23 Vgl. Bartels/Klappauf 2012, S. 193.
- 24 Vgl. Hemker/Lentzsch 2012, S. 278-279.
- 25 Allgemein dazu Fessner/Bartels, S. 456-463.
- 26 Das Folgende, sofern nicht anders angemerkt vor allem nach: Reith 1993; Reith 1994; Reith 2010.
- 27 Vgl. hierzu Meyer 1999.
- 28 Vgl. ebd., S. 165-178.
- 29 Zu dieser, in der Technikgeschichte etablierten Systematik vgl. z. B. Paulinyi 1989.
- 30 Vgl. Bartels/Klappauf 2012, S. 195-198; Bartels 1992, S. 95.
- 31 Vgl. Hägermann 1984.
- 32 Vgl. am Beispiel des Freiberger Bergrechts Asrih 2017, S. 56.
- 33 Z. B. der Ratstiefste Stollen am Rammelsberg, siehe Bartels/Klappauf 2012, S. 197-198.
- 34 Vgl. im Zusammenhang mit der Identifikation eines Wasserlösungsstollens im archäologischen Befund den Hinweis auf die Notwendigkeit der Unterhaltung von Gerinnen bei Schröder 2015, S. 43.
- 35 Vgl. Bayerl 2013, S. 143.
- 36 Vgl. Bartels 1992, S. 95-96.
- 37 Zahlreiche Beispiele bei Schröder 2015, z. B. S. 62, 77.
- 38 Vgl. Bartels/Klappauf 2012, S. 197.
- 39 Vgl. eindrucklich das Beispiel des Rammelsbergs im 14./15. Jahrhundert bei Bartels 1997, S. 49-51.
- 40 Bartels 1997, S. 25-26.
- 41 Z. B. Popplow 2010, S. 90.
- 42 Vgl. Kraschewski 2012, S. 260-261; am historischen Beispiel bei Bartels 1997, S. 54.
- 43 Schmidt 1972, S. 609.
- 44 Fritzsche 1931.
- 45 Kroker 1990.
- 46 Fritzsche 1961, S. 233f.
- 47 Spruth 1950, S. 243.
- 48 Der Kennwert der Abbaugeschwindigkeit wurde zu einem Paradigma der Mechanisierung; Fritzsche 1961, S. 352.
- 49 Ritter 1950, S. 951f.; Merhoff/Voss 1976, S. 321.
- 50 Pfläging 1986.
- 51 Ebd., S. 71.
- 52 Ebd., S. 84.
- 53 Zimmermann 1987, S. 33.
- 54 Fritzsche 1961, S. 372-390.
- 55 Die Infrastruktur eines Bergwerks orientierte sich vorrangig an den Bedürfnissen der Förderung, also des Transportes von Kohle an die Tagesoberfläche, vgl. Reinshagen/Voss 1988.
- 56 Reinshagen/Voss 1988; Howe 1987, S. 155; Irresberger 1987.
- 57 Pfläging 1986, S. 79.
- 58 Hueck 1964.
- 59 Pätz u. a. 1986, S. 43f.
- 60 Bramer u. a. 1991, S. 177; Pätz 1986, S. 120.

- 61 Pätz u.a. 1986, S. 119.
62 Bramer u. a. 1991, S. 177. Paralisches leitet sich aus dem Griechischen ab: para = bei; hals = Meer. Pätz u. a. 1986, S. 41.
63 Bramer u. a. 1991, S. 177.
64 Walther 2002, S. 10.
65 Vgl. Nowel u. a. 1994, S. 55ff.; Keilhack 1938, S. 73ff.
66 Elbert 1955, S. 104.
67 Garbotz 1937, S. 552.
68 Ebd., S. 555.
69 Das Folgende, sofern nicht anders angegeben, nach: Baxmann 2004, S. 75ff.; Bayerl u. a. 2004, S. 173ff.
70 Jurasky 1936, S. 134.
71 Baxmann 2004, S. 75,
72 Das Folgenden, sofern nicht anders angegeben, nach: Garbotz 1937, S. 557f.
73 Vgl. hierzu Fleischer 1954.
74 Für einen konzisen und knappen Überblick vgl. Popplow 2015.
75 Z. B. Klein 2005; vgl. auch Klein 2016, S. 138ff.
76 Popplow 2014, S. 7.
77 Z. B. Mokyr 2005; Klein 2015 und 2016.
78 Popplow 2015, S. 853.
79 Vgl. Ash 2010.
80 Popplow 2015, S. 852.
81 Das Folgende, sofern nicht anders angegeben, nach: Popplow 2015, S. 853-856.
82 Ebd., S. 854.
83 Ebd., S. 855.
84 Sofern nicht anders angegeben siehe allgemein zum Folgenden Asrih 2017.
85 Vgl. Asrih 2017, S. 32 zur Schwerpunktsetzung von Bergrechtsuntersuchungen.
86 Akteure am Beispiel des Freiburger Bergrechts bei Asrih 2017, S. 37-43, und Inhalte mittelalterlicher Bergrechte bei Bartels/Klappauf 2012, S. 189-191.
87 Trienter Bergrecht, Urkunde VII (Latein und Deutsch bei Hägermann/Ludwig 1986).
88 Zu diesen Bergrechtsinhalten Asrih 2017, S. 72-79.
89 Umfahen: Trienter Bergrecht, Urkunde III (Latein und Deutsch bei Hägermann/ Ludwig 1986); Feuersetzen: Freiburger Bergrecht A § 21, Freiburger Bergrecht B § 28 (Mittelhochdeutsch bei Ermisch 1886, Deutsch bei Asrih 2017).
90 Zur Vorreiterrolle der Annaberger Bergordnung siehe z. B. Lück 2015, S. 125.
91 Das Zitat steht bei Bartels/Klappauf, S. 191, im Kontext der Verbindungen des mittelalterlichen zum römischen Bergbau.
92 Zur Biografie vgl. knapp: Inama von Sternegg 1886.
93 Nau 1790, S. 1.
94 Zur Biografie vgl. knapp: Matzerath 1999.
95 Kern/Oppel 1772, Vorbericht, s. p. Bei diesem Lehrbuch handelt es sich um einen ursprünglich von Johann Gottlieb Kern geschriebenen, von Oppel überarbeiteten Leitfaden.
96 Vgl. Meyer 1999, S. 72-82.
97 Die deutschen Staaten galten bereits vor dem 18. Jahrhundert als führend im Montansektor und festigten diese Position durch die akademisch institutionalisierte Ausbildung (allen voran Sachsen). Insbesondere die Freiburger Einrichtung wurde zu einem zentralen Referenzpunkt. Vgl. z. B. Brianta 2000.
98 Vogel 2013, S. 15.
99 Klein 2016, S. 16.
100 Vgl. ebd., S. 17.
101 Vgl. z. B. Sennewald 1994.
102 Vgl. z. B. Sennewald 1994; Schleiff 2013; Wagenbreth 1994.
103 Das Folgende, sofern nicht anders angegeben, nach: Klein 2016, S. 14ff., S. 142ff.
104 Ebd., S. 18.
105 Ebd., S. 20.
106 Bluma 2017.
107 Ebd., bes. S. 148f.
108 Vgl. z. B. Döring/Thielmann 2008; Dünne/Günzel 2006. Thematisch verweist Bluma hier explizit auf die Arbeiten von Angelika Westermann. Vgl. Westermann 2008; Westermann 2012.
109 Bluma 2017, S. 145.
110 Ebd., S. 148.
111 Betonung der Affordanz von Lagerstätten z. B. bei Bartels 1992 und Bartels 1997; des Weiteren Bleidick 2013.
112 Entlehnt: Moscovici 1990.
113 Arndt 2015.
114 Heine/Zumbrägel 2018.
115 White 1995.

Bibliografie

- ARNDT, Melanie:
2015 Umweltgeschichte, Version: 3.0, URL: http://docupedia.de/zg/arndt_umweltgeschichte_v3_de_2015 (letzter Zugriff: 13. Februar 2019)
- ASH, Eric:
2010 Introduction: Expertise and the Early Modern State, in: OSIRIS 25 (2010), S. 1-24
- ASRIH, Lena:
2017 „Das synt gemeyne bergrecht...“. Inhalte und Anwendung des Freiburger Bergrechts im Mittelalter (Der Anschnitt, Beihefte Bd. 36 = RiTaK 4 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbaumuseum Bochum, Nr. 221), Bochum/Rahden 2017
- BARTELS, Christoph:
1992 Vom frühneuzeitlichen Montanergewerbe zur Bergbauindustrie. Erzbergbau im Oberharz 1635-1866 (Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 54), Bochum 1992
1997 Strukturwandel in Montanbetrieben des Mittelalters und der frühen Neuzeit in Abhängigkeit von Lagerstättenstrukturen und Technologie, in: Gebhard, Hans-Jürgen (Hg.): Struktur und Dimension. Festschrift für Karl Heinrich Kaufhold zum 65. Geburtstag, Bd. 1: Mittelalter und Frühe Neuzeit, Stuttgart 1997 (Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beihefte, Bd. 133), S. 25-70
- BARTELS, Christoph/KLAPPAUF, Lothar:
2012 Das Mittelalter. Der Aufschwung des Bergbaus unter den karolingischen und ottonischen Herrschern, in: Bartels, Christoph/Slotta, Rainer (Hg.): Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts (Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 1), Münster 2012, S. 111-248
- BAXMANN, Matthias:
2004 Vom „Pfüztenland“ zum Energiebezirk. Die Geschichte der Industrialisierung in der Lausitz (Zeitmaschine Lausitz), Dresden 2004
- BAYERL, Günter u. a.:
2004 Historisch-geographische Analyse der Kulturlandschaft Niederlausitz, Manuskriptdruck Berlin und Cottbus 2004
- BAYERL, Günter:
2013 Technik im Mittelalter und Früher Neuzeit, Stuttgart 2013
- BLEIDICK, Dietmar:
2013 Bergtechnik im 20. Jahrhundert: Mechanisierung in Abbau und Förderung, in: Ziegler, Dieter (Hg.): Rohstoffgewinnung im Strukturwandel. Der deutsche Bergbau im 20. Jahrhundert (Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 4), Münster 2013, S. 355-411
- BLUMA, Lars:
2017 Moderne Bergbaugeschichte, in: DER ANSCHNITT 69 (2017), S. 128-151
- BRAMER, Horst u.a.:
1991 Physische Geographie. Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Gotha 1991
- BRIANTA, Donata:
2000 Education and Training in the Mining Industry, 1750-1860: European Models and the Italian Case, in: Annals of Science 57 (2000), S. 267-300
- CHAKRABARTY, Dipesh:
2018 Anthropocene Time, in: History and Theory 57 (2018), H. 1, S. 5-32
- CRUTZEN, Paul J.:
2002 Geology of mankind, in: Nature 415 (2002), S. 23
- DÖRING, Jörg/THIELMANN, Tristan (Hg.):
2008 Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften, Bielefeld 2008
- DORSTEWITZ, Günter:
1973 Welche Einflüsse bestimmen heute die Wahl von Abbaufahren?, in: Glückauf 109 (1973), S. 467-474
- DORSTEWITZ, Günter u. a.:
1959 Zur Einteilung und Bezeichnung der Abbaufahren, in: Glückauf 95 (1959), S. 1245-1251
- DÜNNE, Jörg/GÜNZEL, Stephan (Hg.):
2006 Raumtheorie. Grundlagentexte aus Philosophie und Kulturwissenschaften, Frankfurt/Main 2006
- ELBERT, Werner:
1955 Tagebautechnik im Braunkohlenbergbau, Leipzig 1955
- ERMISCH, Hubert (Hg.):
1886 Urkundenbuch der Stadt Freiberg in Sachsen, II. Band: Bergbau, Bergrecht, Münze (Codex diplomaticus Saxoniae regiae, II 13), Leipzig 1886
- FARENKOPF, Michael/GANZELEWSKI, Michael:
2014 Das Wissensrevier. 150 Jahre Westfälische Berggewerkschaftskasse/DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung. Katalog zur Son-

- derausstellung (Das Wissensrevier. 150 Jahre Westfälische Berggewerkschaftskasse/DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung, Bd. 2 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 198 = Schriften des Bergbau-Archivs, Nr. 29), Bochum 2014
- FESSNER, Michael/BARTELS, Christoph:
2012 Von der Krise am Ende des 16. Jahrhunderts zum deutschen Bergbau im Zeitalter des Merkantilismus, in: Bartels, Christoph/Slotta, Rainer (Hg.): Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts (Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 1), Münster 2012, S. 453-590
- FETTWEIS, Günter B. L.:
1997 II. Lagerstätten – Bergbau – Forschung, in: Weber, Leopold (Hg.): Handbuch der Lagerstätten, der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Archiv für Lagerstättenforschung, Bd. 19), Wien 1997, S. 19-48
- FLEISCHER, R.:
1954 Entwicklung einer Einheitsförderbrücke für Niederlausitzer Tagebaue unter maßgebenden bergmännischen Gesichtspunkten, in: Bergbautechnik 4 (1954), S. 321-334
- FRITZSCHE, Carl Hellmut:
1931 Der Bergeversatz, in: Herbig, Ernst/Jüngst, Ernst (Hg.): Bergwirtschaftliches Handbuch, Berlin 1931, S. 286-297
- 1961 Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus, Bd. 1, 10. Aufl., Berlin 1961
- 1962 Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus, Bd. 2, 10. Aufl., Berlin 1962
- GARBOTZ, Georg (Hg.):
1937 Handbuch des Maschinenwesens beim Baubetrieb, Bd. 3, Teil 1, Berlin 1937
- GOLOMBEK, Jana/MEYER, Torsten:
2016 Das (post-)industrielle Erbe des Anthropozän – Überlegungen zu einer Weitung des Blickfeldes, in: DER ANSCHNITT 68 (2016), S. 198-215
- HÄGERMANN, Dieter:
1984 Deutsches Königtum und Bergregal im Spiegel der Urkunden. Eine Dokumentation bis zum Jahre 1272, in: Kroker, Werner/Westernmann, Ekkehard (Bearb.): Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert (Der Anschnitt, Beiheft 2 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 30), Bochum 1984, S. 13-23
- HÄGERMANN, Dieter/LUDWIG, Karl-Heinz:
1986 Europäisches Montanwesen im Hochmittelalter. Das Trienter Bergrecht 1185-1214 (Böhlau-Studien-Bücher: Quellen, Dokumente, Materialien), Köln/Wien 1986
- HEINE, Eike-Christian Heine / ZUMBRÄGEL, Christian:
2018 Technikgeschichte, Version: 1.0, URL: http://docupedia.de/zg/Heine_zumbraegel_technikgeschichte_v1_de_2018 (letzter Zugriff: 13. Februar 2019)
- HEMKER, Christiane/LENTZSCH, Susann:
2012 „Holz ist ein Bedürfnis im Bergbau ...“. Holzverwendung in den hochmittelalterlichen Silberbergwerken von Dippoldiswalde/Sachsen, in: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit, 24 (2012), S. 273-282
- HOWE, Herbert:
1987 Betriebserfahrungen mit einem neuartigen Schildausbau mit hängender Versatzwand auf dem Bergwerk Consolidation, in: Knissel, Walter (Hg.): Versatztechnik im Steinkohlenbergbau. Vorträge anlässlich des Fachkolloquiums der Arbeitsgemeinschaft Planung und Betriebsüberwachung im Bergbau und des Fachausschusses ‚Versatz‘ des Steinkohlenbergbauvereins am 9. und 10. Oktober an der Technischen Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 1987, S. 142-157
- HUECK, Eduard:
1964 Betriebserfahrungen mit schreitendem hydraulischem Strebaubau in Blasversatzbetrieben, in: Glückauf 100 (1964), S. 9-18
- INAMA VON STERNEGG, Theodor:
1886 Art. Nau, Bernhard Sebastian von, in: Allgemeine Deutsche Biographie 23 (1886), S. 294-295
- IRRESBERGER, Hermann:
1987 Ausbaukonzeption für Blasversatz, in: Knissel, Walter (Hg.), Versatztechnik im Steinkohlenbergbau. Vorträge anlässlich des Fachkolloquiums der Arbeitsgemeinschaft Planung und Betriebsüberwachung im Bergbau und des Fachausschusses ‚Versatz‘ des Steinkohlenbergbauvereins am 9. und 10. Oktober an der Technischen Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 1987, S. 230-244
- JAHN, Thomas/HUMMEL, Diana/SCHRAMM, Engelbert:
2015 Nachhaltige Wissenschaft im Anthropozän, in: GAIA 24 (2015), H. 2, S. 92-95
- JURASKY, Karl A.:
1936 Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung (Deutscher Boden, Bd. 2), Berlin 1936
- KEILHACK, Konrad:
1938 Die geologischen Verhältnisse der Niederlausitz mit besonderer Berücksichtigung der alten und neuen Tagebaue der Ilse Bergbau-Aktiengesellschaft, o. O. 1938
- KERN, Johann Gottlieb/OPPEL, Friedrich Wilhelm von:
1772 Bericht vom Bergbau, Mainz 1772 (zuerst: Freiberg 1769)
- KLEIN, Ursula:
2005 Technoscience avant la lettre, in: Perspective on Science 13 (2005), S. 227-266
- 2015 Humboldts Preußen: Wissenschaft und Technik im Aufbruch, Darmstadt 2015
- 2016 Nützliches Wissen. Die Erfindung der Technikwissenschaften, Göttingen 2016
- KUNDEL, Heinz:
1985 Die Strebtechnik im deutschen Steinkohlenbergbau im Jahre 1984, in: Glückauf 121 (1985), S. 660-676
- KRASCHIEWSKI, Hans-Joachim:
2012 Das Spätmittelalter. Die Zeit des Umbruchs und des Aufbruchs, in: Bartels, Christoph/Slotta, Rainer (Hg.): Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts (Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 1), Münster 2012, S. 249-316
- KROKER, Evelyn:
1990 Bruchbau kontra Vollversatz. Mechanisierung, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit im Bergbau zwischen 1930 und 1950, in: DER ANSCHNITT 42 (1990), S. 191-203
- 2001 Das Bergbau-Archiv und seine Bestände (Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 94 = Schriften des Bergbau-Archivs, Nr. 10), Bochum 2001
- LECAIN, Timothy James:
2015 Against the Anthropocene. A Neo-Materialist Perspective, in: International Journal for History, Culture and Modernity 3 (2015), S. 1-28
- 2017 The Matter of History. How Things Create the Past (Studies in Environment and History), Cambridge u. a. 2017
- 2019 Mining the Anthropocene: How Coal Created the Supposed ‘Age of Humans’, in: Bluma, Lars/Czierpka, Juliane/Farrenkopf, Michael/Meyer, Torsten (Hg.): Boom – Crisis – Heritage. King Coal and the energy revolutions after 1945, Berlin u. a. 2019 (im Druck)
- LUDWIG, Karl-Heinz:
2012 Ansichten zur Herausbildung der Montangeschichte als Wissenschaft. Zugleich Ermittlung des Ist-Zustandes anhand des von Wolfgang Ingenhaeff und Johann Bair herausgegebenen Tagungsbandes des 5. Internationalen Montanhistorischen Kongresses „Bergbau und Recht“ in Schwaz 2006, in: res montanarum 50 (2012), S. 7-26
- LÜCK, Heiner:
2015 Die Entwicklung des deutschen Bergrechts und der Bergbaudirektion bis zum Allgemeinen (preußischen) Berggesetz 1865, in: Weber, Wolfhard (Hg.): Salze, Erze und Kohlen. Der Aufbruch in die Moderne im 18. und frühen 19. Jahrhundert (Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 2), Münster 2015, S. 111-216
- MATZERETH, Josef:
1999 Art. Oppel, Friedrich Wilhelm von, in: Neue Deutsche Biographie 19 (1999), S. 557-558
- MERHOFF, Siegfried/VOSS, Kurt Heinz:
1976 Die zukünftige Bedeutung des Vollversatzes für den bundesdeutschen Steinkohlenbergbau, in: Glückauf 112 (1976), S. 317-322
- MEYER, Torsten:
1999 Natur, Technik und Wirtschaftswachstum im 18. Jahrhundert. Risikoperzeptionen und Sicherheitsversprechen (Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt, Bd. 12), Münster u. a. 1999
- MOITRA, Stefan:
2014 Das Wissensrevier. 150 Jahre Bergbauforschung und Ausbildung bei der Westfälischen Berggewerkschaftskasse/DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung. Die Geschichte einer Institution (Das Wissensrevier. 150 Jahre Westfälische Berggewerkschaftskasse/DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung, Bd. 1) (Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 197 = Schriften des Bergbau-Archivs, Nr. 27), Bochum 2014
- MOKYR, Joel:
2005 The Intellectual Origins of Modern Economic Growth, in: Journal of Economic History 65 (2005), S. 286-351
- MOSCOVICI, Serge:
1990 Versuch über die menschliche Geschichte der Natur, Frankfurt/Main 1990

- NAU, Bernhard Sebastian von:
1790 Anleitung zur Bergbauwissenschaft, Mainz 1790
NN
- 1935 Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins e. V. Halle (Saale), 1885-1935, Halle (Saale) 1935
- NOWEL, Werner u. a.:
1994 Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. Gewidmet dem 500. Geburtstag von Georgius Agricola, Senftenberg 1994
- PÄTZ, Herbert u. a.:
1986 Kohle – ein Kapitel aus dem Tagebuch der Erde, Leipzig 1986
- PAULINYI, Akos:
1989 Industrielle Revolution. Vom Ursprung der modernen Technik, Reinbek bei Hamburg 1989
- PFLÄGING, Kurt:
1986 Einfluß des Vollversatzes auf innere und äußere Bergschäden beim Mehrflözbergbau, in: Knissel, Walter (Hg.): Versatztechnik im Steinkohlenbergbau. Vorträge anlässlich des Fachkolloquiums der Arbeitsgemeinschaft Planung und Betriebsüberwachung im Bergbau und des Fachausschusses ‚Versatz‘ des Steinkohlenbergbauvereins am 9. und 10. Oktober an der Technischen Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 1986, S. 71-91
- POPFLOW, Marcus:
2010 Technik im Mittelalter (Beck Wissen, 2482), München 2010
2014 Vom Nutzen der Wissensgeschichte für die Technikgeschichte, in: FERRUM – Nachrichten aus der Eisenbibliothek 86 (2014), S. 6-14
2015 Formalization and Interaction: Toward a Comprehensive History of Technology-Related Knowledge in Early Modern Europe, in: ISIS 106 (2015), S. 848-856
- PRITCHARD, Sara B.:
2014 Toward an environmental history of technology, in: Isenberg, Andrew C. (Hg.): The Oxford Handbook of Environmental History, Oxford 2014, S. 227-258
- REINSHAGEN, Karl:
1986 Entwicklungsmöglichkeiten beim Versatzbau, in: Glückauf 122 (1986), S. 213-218
- REINSHAGEN, Karl/VOSS Kurt-Heinz:
1988 Errichtung und Betrieb von Blasversatzanlagen, Essen 1988
- REITH, Reinhold:
1993 Vom Umgang mit Rohstoffen in historischer Perspektive. Rohstoffe und ihre Kosten als ökonomische und ökologische Determinanten der Technikentwicklung, in: Johann Beckmann-Journal. Mitteilungen der Johann Beckmann-Gesellschaft 7 (1993), H. 1/2, S. 87-99
1994 Vom Umgang mit Rohstoffen in historischer Perspektive. Rohstoffe und ihre Kosten als ökonomische und ökologische Determinanten der Technikentwicklung, in: König, Wolfgang (Hg.): Umorientierungen. Wissenschaft, Technik und Gesellschaft im Wandel, Frankfurt/Main 1994, S. 47-69
2000 Technische Innovationen im Handwerk der frühen Neuzeit? Traditionen, Probleme und Perspektiven der Forschung, in: Kaufhold, Karl Heinrich/Reininghaus, Wilfried (Hg.): Stadt und Handwerk in Mittelalter und früher Neuzeit, Köln u. a. 2000, S. 21-60
2010 Art. „Ressourcennutzung“, in: Enzyklopädie der Neuzeit, Bd. 11, Stuttgart und Weimar 2010, Sp. 122-134
- RITTER, Hans Ulrich:
1976 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Bruchbau, in: Glückauf 86 (1950), S. 950-962
- SANDER, Hans-Rolf:
1956 Abschließender Rückblick auf die Fachtagungen des vorjährigen Bergbaukongresses in St. Etienne und Paris, in: Glückauf 92 (1956), S. 212-219
- SCHLEIFF, Hartmut:
2013 Aufstieg und Ausbildung im sächsischen Bergstaat zwischen 1765 und 1868, in: Schleiff, Hartmut; Konecny, Peter (Hg.): Staat, Bergbau und Bergakademie. Montanexperten im 18. und frühen 19. Jahrhundert (Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beihefte, Bd. 223), Stuttgart 2013, S. 125-159
- SCHMIDT, W.:
1972 Art. Versatz, in: Grothe, Hans (Hg.): Bergbau (rororo Techniklexikon, Bd. 46), Hamburg 1972, S. 609
- SCHRÖDER, Frank:
2015 Die montanarchäologischen Ausgrabungen in Niederpöbel (2011-2013). Befunde und Ergebnisse, in: Smolnik, Regina (Hg.): Archaeo-Montan 2015. Montanarchäologie im Osterzgebirge, Dresden 2015, S. 23-150
- SENNEWALD, Rainer:
1994 Das Lehrsystem in Freiberg, die Bildungsvorstellungen von Fr. A. von Heinitz in Preußen und Alexander von Humboldt, in: Leitner, Ulrike u. a. (Red.): Studia Fribergensia. Vorträge des Alexander-von-Humboldt-Kolloquiums in Freiberg vom 8. bis 10. November 1991 aus Anlaß des 20. Jahrestages von A. v. Humboldts Studienbeginn an der Bergakademie Freiberg (Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, Bd. 18), Berlin 1994, S. 289-301
- SPERLING, Dieter/SCHOSSIG, Wolfgang:
2017 Bergbau in der Lausitz – ein Überblick (Beiträge zur Geschichte des Bergbaus in der Niederlausitz, Bd. 1), 4. Vollständig überarb. und erw. Aufl., Cottbus 2017
- SPRUTH, Fritz:
1950 Vollversatz oder Bergehalde?, in: Glückauf 86 (1950), S. 237-243
- STEFFEN, Will/CRUTZEN, Paul J./MCNEILL, John R.:
2007 The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?, in: AMBIO. A Journal of Human Environment 36 (2007), S. 614-621
- VOGEL, Jakob:
2013 Aufklärung untertage: Wissenswelten des europäischen Bergbaus im ausgehenden 18. und frühen 19. Jahrhundert, in: Schleiff, Hartmut/Konecny, Peter (Hg.): Staat, Bergbau und Bergakademie. Montanexperten im 18. und frühen 19. Jahrhundert (Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beihefte, Bd. 223), Stuttgart 2013, S. 13-31
- WAGENBRETH, Otfried:
1994 Die Technische Universität Bergakademie Freiberg und ihre Geschichte dargestellt in Tabellen und Bildern, Leipzig und Stuttgart 1994
- WALTHER, Anke:
2002 Die Braunkohlenlagerstätten Deutschlands: Genese, Stratigraphie und wichtige Rohstoffeigenschaften, Manuskript Freiberg 2002 [Online-Version]; URL: http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os02_03/Bk_Lagerstl.pdf
- WESTERMANN, Angelika:
2008 Von der Montanregion zur Sozialregion. Zur gesellschaftlichen Dimension von „Region“ in der Montanwirtschaft in der Frühen Neuzeit, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 95 (2008), S. 175-184
2012 (Hg.) Montanregion als Sozialregion. Zur gesellschaftlichen Dimension von „Region“ in der Montanwirtschaft, Husum 2012
- WHITE, Richard:
1995 The Organic Machine. The Remaking of the Columbia River, New York 1995
- WINKELMANN, Heinrich:
1968 Art. Heise, Fritz Hermann, in: Neue Deutsche Biographie 8 (1968), S. 453
- WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG BERGBAU (Hg.):
1983 Das Bergbauhandbuch, Essen 1983
- ZIMMERMANN, Dietrich:
1987 Verringerung des Bergeanfalls im Grubenbetrieb unter Tage, in: Knissel, Walter (Hg.): Versatztechnik im Steinkohlenbergbau. Vorträge anlässlich des Fachkolloquiums der Arbeitsgemeinschaft Planung und Betriebsüberwachung im Bergbau und des Fachausschusses ‚Versatz‘ des Steinkohlenbergbauvereins am 9. und 10. Oktober an der Technischen Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld 1987, S. 33-50

Anschrift der Verfasser

Dr. Lena Asrih
Nikolai Ingenerf M.A.
Dr. Torsten Meyer
Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Am Bergbaumuseum 28
44791 Bochum