

Wie fest ist das Gestein?

Extraktion von Arbeiterwissen im Bergbau des 18. Jahrhunderts

Sebastian Felten

Abstract

This article examines a short book about »rock« (Gestein) written by the geologist and government official Abraham Gottlob Werner in 1788. Rock, in this case, was not an epistemic object in the emerging earth sciences, that studied fossils, minerals, and the formation of mountains. Instead, I argue that it was a concern for an early attempt at the scientific management of mines. Early-modern mining was expensive and technically challenging, and it was not always profitable. Therefore, scholar-officials like Werner looked for ways to employ less labour. In their search, they drew on workers' knowledge, especially of the behaviour of underground rock. Thus, scholars transformed workers' knowledge into a »science« (Wissenschaft) of mining work. Current models of early modern knowledge production engaging both scholars and practitioners, such as the trading zone and hybridization, do not adequately explain this transformation. I propose complementing these models with the notion of extraction. Scholar-officials extracted knowledge from workers, amalgamated it with other knowledge (such as mineralogy), and then re-introduced it to the workforce, not in the form of new theories, but as instructions for how to perform labour. Unlike in the trading zone and hybridization models, this process tended to reinforce, rather than weaken, the distinctions between different types of knowledge and different groups of knowers.

Keywords

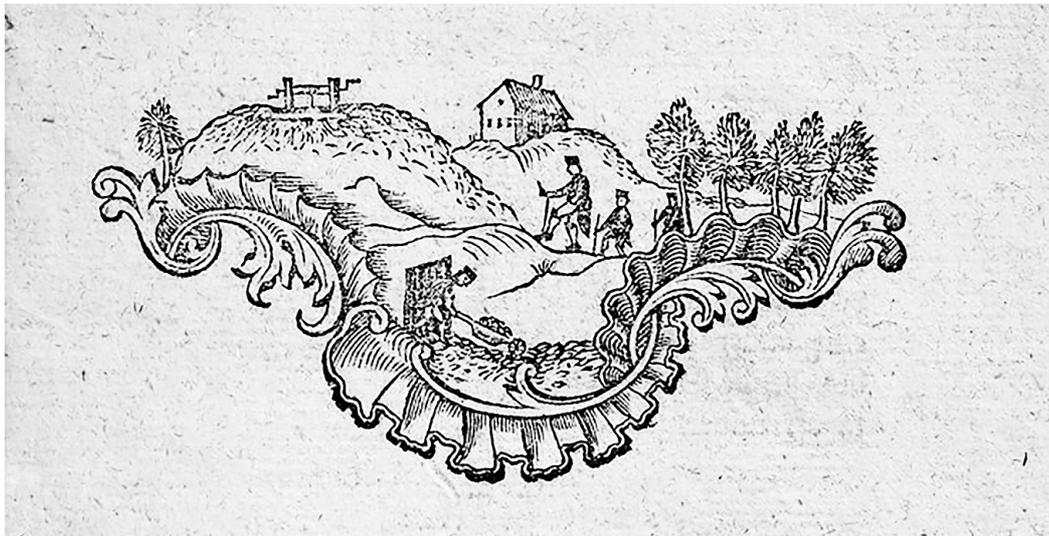
Bureaucratic Knowledge, History of Science, Hybrid Experts, Scientific Management, Trading Zone

Abraham Gottlob Werners BÜchlein über das Gestein, das 1788 in Freiberg erschien, beginnt mit einer hübschen Vignette (Abb. 1).¹ Der Holzschnitt aus unbekannter Hand zeigt die Hügel des Erzgebirges in Bewegung. Links oben versinkt eine Haspel im Schacht, von hinten grüßt ein Huthaus und rechts zerzaust der Wind ein Grüppchen Bäume. Vorne entsteigt ein Bergmann dem Mundloch eines Stollens und von hinten nahen drei Bergbeamte mit hurtigem Schritt. Das eigenwillige Schmuckwerk, das die Vignette von unten begrenzt, nimmt den Schwung der Industrielandschaft auf und verwandelt Akanthusranken in Pilgermuscheln und wieder zurück. Am tiefsten Punkt, gleichsam aufgefangen vom Ornament, sammelt sich das ausgeräumte Ge-

¹ Abraham Gottlob Werner, Von den verschiedenen Graden der Festigkeit des Gesteins als dem Hauptgrunde der Hauptverschiedenheiten der Häuerarbeiten, Freiberg 1788, S. 9.

stein. Zum Material, das der Bergmann in seiner Schubkarre gerade aus der Grube schaffte, hatte Werner viel zu sagen.

Abb. 1: Unbekannter Künstler, Holzschnitt mit Bergwerksmotiven, als Vignette abgedruckt in [Abraham Gottlob] A. G. Werner, *Von den verschiedenen Graden der Festigkeit des Gesteins als dem Hauptgrunde der Hauptverschiedenheiten der Häuerarbeiten*, Freiberg 1788, S. 3. Quelle: Deutsches Museum, 1911 A 94, urn:nbn:de:bvb:210-14-014303626-7.



Gelehrte wie Werner konnten Ende des 18. Jahrhunderts auf mehrere Taxonomien für Steinartiges zurückgreifen. Er selbst entwarf 1774 ein ausgefeiltes Schema, anhand dessen man Mikroobjekte namens »Mineralien« nur nach ihren äußeren, mit den bloßen Sinnen erkennbaren Kennzeichen genau bestimmen konnte.² Werner regte zudem zur Klassifizierung von Makroobjekten an, was er und andere *geographia subterranea* bzw. Geognosie nannten.³ Auch hier legte er ein einflussreiches Schema vor, mit dem sogenannte »Gebirge« ausgehend von sinnlich wahrnehmbaren Merkmalen sowie ihrer Schichtung chronologisch nach der vermutlichen Entstehungszeit sortiert werden konnten.⁴ Werners kleine Schrift zum Mesoobjekt »Gestein« war ebenfalls ein

2 Das Verfahren beruhte auf einer Art Differentialdiagnose, indem man etwa fragte: War das Exemplar indigoblau oder berlinerblau? Eiförmig oder käseförmig? Machte es beim Klopfen einen Klang oder nicht? Und blieb es kleben, wenn man es auf die Zunge legte? Durch solchen gelehrten Körperinsatz ließ sich dann eine reichhaltige mineralische Natur Stück für Stück in Gattungen und Arten auseinanderdividieren. Dies tat man idealerweise in wohlbestückten Mineralienkabinetten, die sich in Privathäusern oder Lehranstalten fanden. Vgl. Abraham Gottlob Werner, *Von den verschiedenenley Mineraliensammlungen, aus denen ein vollständiges Mineralienkabinet bestehen soll*, in: Anon., *Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften*, Bd. 1, Leipzig 1778, S. 387–420; und Jörg Zaun, *Abraham Gottlob Werner als Sammler*, in: Ingrid Kästner (Hg.), *Beschreibung, Vermessung und Visualisierung der Welt: Beiträge der Tagung vom 6. bis 8. Mai 2011 an der Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt*, Aachen 2012, S. 69–80.

3 Zur Unterscheidung von Mikro- bzw. »Miniaturobjekten« und »Makroobjekten« siehe Ursula Klein, *Nützliches Wissen: Die Erfindung der Technikwissenschaften*, Göttingen 2016, S. 25. »Mesoobjekt« ist meine Ergänzung.

4 Abraham Gottlob Werner, *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*, Dresden 1787. Siehe die Erläuterungen in: ders., *Short Classification and Description of the Various*

Versuch der Taxonomie, allerdings richtete sich sein Erkenntnisinteresse nicht auf die mineralische Natur selbst, sondern auf das tägliche Ringen der Häuer (Bergarbeiter) mit dieser Natur. Dieses Interesse lässt sich aus der Situation des erzgebirgischen Bergbaus im 18. Jahrhundert erklären. Die Reviere dieser Region hatten im 16. Jahrhundert eine Blütezeit erlebt. Nachdem aber die besonders reichhaltigen, oberflächennahen Erze entnommen waren, wurde der Abbau zunehmend kapitalintensiv, technisch anspruchsvoll und tendenziell weniger profitabel.⁵ Dies erzeugte Anreize für Gelehrte, das Wissen der Bergarbeiter in eine Wissenschaft von der Bergarbeit zu verwandeln. Gestein, so die erste These dieses Beitrags, war kein Gegenstand der entstehenden Erdwissenschaften, sondern der eines frühen »scientific management«, durch das knapp 150 Jahre vor Frank B. Gilbreth und Frederick W. Taylor möglichst sparsame Arbeitsabläufe gefunden werden sollten.⁶

Der Ort dieser Erkenntnisarbeit war »das Ort«, also jene Stelle im Bergwerk, wo Erze, Salze und fossile Brennstoffe abgebaut wurden und die der Bergmann in der Vignette gerade verlassen hatte. »Vor Ort« ließ sich laut Werner Gestein in fünf Kategorien einteilen, nämlich in rolliges, mildes, gebrechtes, festes, und höchstfestes. Wieso genau diese fünf? Sie entsprachen den fünf Techniken, mit denen die Bergleute Stollen und Schächte vorantrieben: Rolliges Gestein wurde geschaufelt, mildes mit der Keilhau fortgeschafft, gebrechtes mit Schlägel und Eisen bearbeitet und festes mit Bohrer und Schwarzpulver gesprengt, während höchstfestes erst mit Feuer mürbe gemacht wurde, bevor es abgeräumt werden konnte. Wie schon der Chemnitzer Arzt und Humanist Georg Agricola in seiner vielgelesenen Schrift *De re metallica* (1556) stellte Werner einen Bezug zwischen der Festigkeit von Gestein und der Wahl der Werkzeuge her (Abb. 2).⁷ Mehr noch als beim auf Latein schreibenden Agricola ging Werners Be-

Rocks, hg. von Alexander M. Ospovat, New York 1971. Die Orte dieser Klassifizierungsarbeit waren das Feld, wo sich Schichtungen direkt beobachten ließen, das Kabinett, wo Gebirgsproben auf ihre Zusammensetzung untersucht wurden, vor allem aber die Gelehrtenrepublik, wo Beobachtungen aus vielen verschiedenen Weltgegenden zusammengetragen wurden. Vgl. Martin Guntau, Die Genesis der Geologie als Wissenschaft. Studie zu den kognitiven Prozessen und gesellschaftlichen Bedingungen bei der Herausbildung der Geologie als naturwissenschaftliche Disziplin an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert, Berlin 1984; und Rachel Laudan, From Mineralogy to Geology. The Foundations of a Science, 1650–1830, Chicago 1987.

- 5 Michael Fessner/Christoph Bartels, Von der Krise am Ende des 16. Jahrhunderts zum deutschen Bergbau im Zeitalter des Merkantilismus, in: Christoph Bartels/Rainer Slotta (Hg.), Geschichte des deutschen Bergbaus, Bd. 1: Der Alteuropäische Bergbau: Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts, Münster 2012, S. 453–590; Christoph Bartels, Der Betriebsmittelverbrauch Oberharzer Zechen im 16., 17. und 18. Jahrhundert, in: Ekkehard Westermann (Hg.), Bergbaureviere als Verbrauchszentren im vorindustriellen Europa. Fallstudien zu Beschaffung und Verbrauch von Lebensmitteln sowie Roh- und Hilfsstoffen (13.–18. Jahrhundert), Stuttgart 1997, S. 145–173.
- 6 Frank B. Gilbreth, Motion Study. A Method for Increasing the Efficiency of the Workman, New York 1911; Frederick Winslow Taylor, The Principles of Scientific Management, New York 1911. Die deutsche Arbeitswissenschaft dieser Zeit war neben Effizienzsteigerung vor allem an der Hebung der »Arbeitsfreude« interessiert und wahrte durch bewusst akademische Rhetorik eine Distanz zur industriellen Managementpraxis. Siehe Fritz Giese, Arbeitswissenschaft, in: Fritz Giese (Hg.), Handwörterbuch der Arbeitswissenschaft, Bd. 1: A-Kartelle, Halle 1930, S. 418–423; und Joan Campbell, Joy in Work, German Work. The National Debate, 1800–1945, Princeton 1989, S. 73f.
- 7 Agricola beschrieb, dass mürbe (puter) Felsen und Erzadern mit Keilhauen bearbeitet wurden, harte (durus) mit dem Bergeisen, härtere (durior) mit dem Fimmel und härteste (durissimus) mit Feuerset-

griffsbildung auf Bergarbeiter zurück. »Fast alle diese Ausdrücke, besonders die dreierollig, gebrech und feste, sind schon längst von den praktischen Bergleuten in diesem Verstande gebraucht worden; und ich habe hier bloß gesucht ihre Begriffe der Natur der Sache gemäs etwas genauer zu bestimmen.«⁸

Werners wissenschaftliches Traktat über das Gestein griff also auf das Wissen der Häuer zurück. Auch in Mineralogie und Geognosie diente die praktische Erfahrung von Bergleuten und Montanexperten als wichtige Grundlage für wissenschaftliche Erkenntnis. Deren Beobachtungstechniken, Experimente und Begriffe wurden oft übernommen und weiterentwickelt, um Mineralien und Gebirge besser zu erkennen.⁹ Der intensive Kontakt zwischen Gelehrten und Praktikern im frühneuzeitlichen Bergbau hat in jüngster Zeit wieder die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gezogen. Pamela Long argumentiert, ähnlich wie schon Edgar Zilsel Anfang des 20. Jahrhunderts, dass die Genese der modernen Wissenschaft in Zusammenarbeit von Handwerkern und Gelehrten stattfand, die in selten vorkommenden »Handelszonen« wie etwa dem Bergbau des 16. Jahrhunderts ihr Wissen austauschten.¹⁰ Ursula Klein beschreibt den Bergbau des 18. Jahrhunderts als einen Ursprungsort der modernen Technikwissenschaften, an dem sich »hybride Experten« sowohl gelehrte als auch handwerklich-technische Wissensbestände aneigneten, sie miteinander verknüpften und so als Brücke zwischen verschiedenen Wissensarten und -trägern dienten.¹¹ Beide Modelle – Handel und Hybridisierung – scheinen die in diesem Beitrag vorgestellte Dynamik jedoch nicht im Kern zu treffen. Im Folgenden möchte ich herausarbeiten, wieso dies der Fall ist, und damit helfen, Longs und Kleins sinnvolle Begriffe klarer zu umreißen. Wissensgenese in den Arbeitskunden im frühneuzeitlichen Bergbau, so die zweite These dieses Beitrags, fand im Modus der Extraktion statt: Höher gestellte Personen extrahierten Wissen von unterstellten Personen, verknüpften dieses mit anderen Wissensbeständen und gaben es als Anweisungen, nicht als Erkenntnisse, wieder an ihre Untergebenen zurück. Unterschiede zwischen verschiedenen Wissensträgern und Wissensarten wurden in diesem Prozess eher betont. Dieser Beitrag will also zeigen, wie und wozu das Wissen der Häuer über ihre Arbeit von Akademikern extrahiert und aufbereitet wurde. Dazu werde ich zunächst den Entstehungszusammenhang von Werners kleiner Schrift schildern und dann das weitere epistemisch-regulatorische Projekt einer gelehrten Gesteinskunde charakterisieren.

zen. Georgius Agricola, *De re metallica Libri XII*, Basel 1556, S. 78–80. Siehe auch die Beschreibungen der Werkzeuge und weitere Aufgliederung der Arbeitsweisen auf S. 107–110. In der deutschen Übersetzung, die sicherlich die zeitgenössische Fachsprache abbildete, heißen die vier Stufen »schnettig« bzw. »lind«, »vest«, »vester« und »aller vest«. Georg Agricola, *Vom Bergkwerck XII Bücher*, übers. von Philipp Bech, Basel 1557, S. 82–84 und S. 111–114. Siehe auch Helmut Wilsdorf, *Arbeit und Arbeitsgerät im sächsischen Erzbergbau des 16. Jahrhunderts*, in: *Deutsches Jahrbuch für Volkskunde* 5 (1959), S. 255–300.

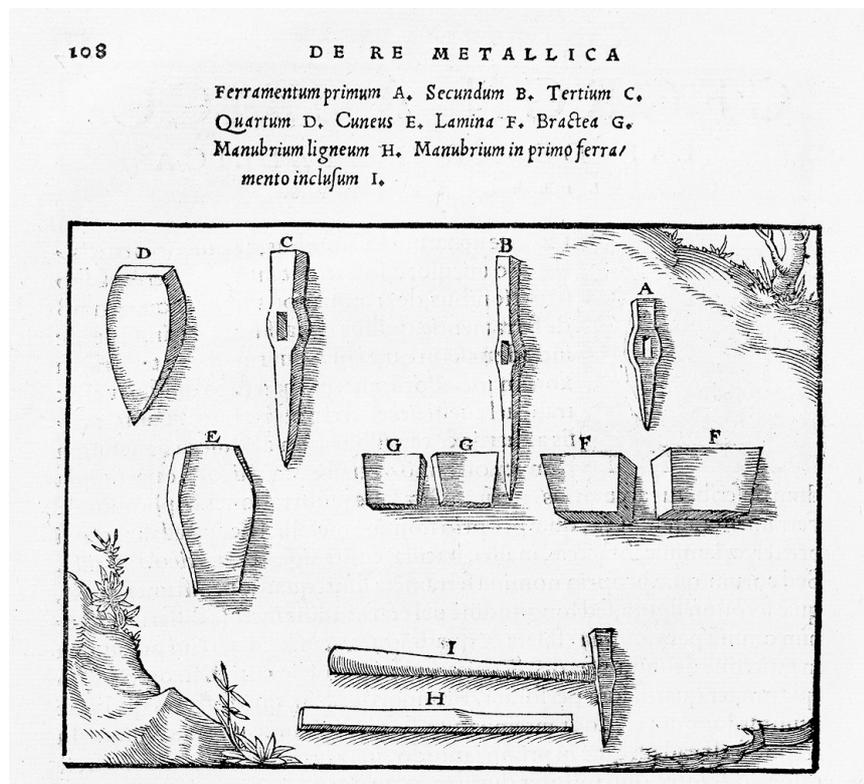
8 Werner, *Festigkeit*, S. 9.

9 Zum Verhältnis von Markscheiden und Geognosie vgl. etwa Klein, *Nützliches Wissen*, S. 24–29. Zum Verhältnis von Probierkunst und gelehrter Mineralogie siehe etwa Theodore M. Porter, *The Promotion of Mining and the Advancement of Science. The Chemical Revolution of Mineralogy*, in: *Annals of Science* 38 (1981) 5, S. 543–570.

10 Pamela O. Long, *Trading Zones in Early Modern Europe*, in: *Isis* 106 (2015) 4, S. 840–847; dies., *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400–1600*, Corvallis 2011.

11 Klein, *Nützliches Wissen*, S. 97–104.

Abb. 2: Nachfolger von Hans Rudolf Manuel Deutsch, Holzschnitt mit Bergwerkzeugen zur Arbeit auf »vestem«, »vesterem« und »aller vestem« Gestein (A. Bergeisen, B. Ritzeisen, C. Sumpfeisen, D. Fimmel, E. Keil, F. Plötz, G. Feder, H. Holzstiel, I. Holzstiel im Bergeisen), abgedruckt in Georgius Agricola, *De re metallica Libri XII*, Basel 1556, S. 108.¹² Quelle: Universitätsbibliothek Basel, hv I 22, <https://doi.org/10.3931/e-rara-52830> (Public Domain Mark).



Wissenschaft am Berg

Im Freiburger Revier am Fuß des sächsischen Erzgebirges wurde mindestens seit dem 12. Jahrhundert Bergbau praktiziert, gelehrt und gelernt. Die Bergwerke und Hütten boten eine in der vormodernen Wirtschaft eher seltene Nische für große Arbeitsteilung, was eine Spezialisierung von Wissen und Fertigkeiten nach sich zog.¹³ Es gab viel Arbeit für Häuer und Bedienstete in den Hütten und Hammerwerken, das heißt für einfache, nur kurz formal ausgebildete Arbeiter, aber auch für Handwerker wie Zimmerleute und Schmelzer. Daneben wurden Markscheider (Grubenvermesser), Probierer (chemische Analytiker) und andere Ausübende von Spezialberufen beschäftigt. Das Zusammenspiel dieser Wissensträger wurde in Sachsen von einer Bergverwaltung orchestriert, die ihren Anfang im 15. Jahrhundert in fürstlich subventionierten Bergwerken nahm und im Laufe der Zeit die technische und betriebswirtschaftliche Lei-

¹² Zuordnung des Künstlers nach Elisabeth Kessler-Slotta, Die Illustrationen in Agricolas »De re metallica«. Eine Wertung aus kunsthistorischer Sicht, in: Der Anschnitt 46 (1994) 2/3, S. 55–67, hier S. 60. Übersetzung nach Georg Agricola, Vom Bergkwerck XII Bücher, übers. von Philipp Bech, Basel 1557, S. 112.

¹³ Ursula Klein, Hybrid Experts, in: Matteo Valleriani (Hg.), The Structures of Practical Knowledge, Cham 2017, S. 287–306.

tung fast aller Gruben im Kurfürstentum übernahm.¹⁴ Seit dem 17. Jahrhundert fand die damit verbundene Entscheidungsfindung auf vier recht deutlich voneinander getrennten Ebenen statt.¹⁵ Steiger (Vorarbeiter) und Schichtmeister (Grubenverwalter) beobachteten und organisierten die tägliche Arbeit der Häuer und fertigten wöchentliche Abrechnungen an. Die Gruben waren zu Revieren zusammengefasst und wurden regelmäßig von einem Bergamt in einer der Bergstädte inspiziert. Darüber stand das Oberbergamt in Freiberg, in dem Informationen aus den verschiedenen Revieren zusammenliefen: Angaben über die Ausbeuten, Haushalte der Bergämter, Lohnverzeichnisse, Rechnungen über Zubußen¹⁶ sowie der sogenannte Conspectus, in dem ein Bergamt einmal im Jahr über das gesamte Revier Rechenschaft ablegte. Im Oberbergamt wurden diese Informationen zur Kenntnis genommen, in Berichten an die Dresdner Regierung zusammengefasst und dann archiviert.¹⁷

Wie der sächsische Bergstaat Informationen vor Ort generierte, wird anhand einer Beschreibung um 1800 beispielhaft deutlich. Es handelt sich hierbei um eine Generalbefahrung (Inspektion) der Stollen im Freiburger Revier, die jeden Sommer vom dortigen Bergamt veranstaltet wurde. Eine Generalbefahrung war besonders aufwändig und zeigt das Verfahren der Inspektion im sächsischen Bergstaat somit gewissermaßen in seiner voll ausgebildeten Form.¹⁸ Für diese Gelegenheit kamen alle Mitglieder des Bergamts zusammen: der Bergmeister, die Geschworenen, die Markscheider, die Schichtmeister aller Gruben des Reviers sowie die Steiger der Gruben, die mit dem Stollen verbunden waren. Zu Lehrzwecken schlossen sich Studenten der Akademie und Bergschüler an, wie auch interessierte ausländische Besucher. Man versammelte sich um 5 Uhr morgens, nachdem die Arbeiter schon eingefahren waren. Während die Teilnehmer langsam eintrafen, wurde ihnen ein kleines Frühstück gereicht. Der Bergmeister teilte dann die Anwesenden in Gruppen ein, wobei er darauf achtete, dass jenen Beamten, die bereits im Vorfeld über den ihnen unterstehenden Stollenabschnitt schriftlich hatten berichten müssen, eine andere Person zugesellt war. Nach einer Betstunde, deren Gesänge von Pauken und Trompeten begleitet wurden, fuhr man ein und inspizierte gruppenweise den zugeteilten Abschnitt. Anschließend fertigte der Führer jeder Gruppe einen Bericht an, der von allen Mitgliedern unterschrieben wurde. Die Berichte wurden im Bergamt zusammengeheftet und boten durch kontinuierliche Lektüre und Vergleich ein Gesamtbild über den Zustand des Stollens. Auf dieser Datengrundlage wurden dann die nächsten Arbeitsschritte beschlossen. Für die Wissensproduktion im sächsischen Bergstaat war also kennzeichnend, dass Beobachtungen kollektiv gemacht, aber Verantwortlichen zugeschrieben wurden. Der reformorientierte Bergmeister von Marienberg und

14 Reinhard Jeromin, Förderung und Finanzierung des sächsischen Erzbergbaus vom Zeitpunkt der ersten Krise bis zur Beendigung des Direktionsprinzips unter besonderer Berücksichtigung des sächsischen Kommunbergbaus (1291 bis 1868), Freiberg 2011.

15 Ines Lorenz, Die Bergverwaltung Kursachsens von 1589 bis 1694, unveröffentlichte Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin 1989.

16 Zubußen waren die Beiträge, die die Gewerken (Bergwerksbesitzer) regelmäßig zahlen mussten, um bei der quartalsmäßigen Verteilung der Ausbeuten berücksichtigt zu werden.

17 O. F. C. Wähler, Über die Chursächsische Bergwerksverfassung: Ein Beitrag zur Statistik von Sachsen, Leipzig 1787, S. 1–9.

18 Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra, Merkwürdigkeiten der tiefen Hauptstölln des Bergamtsreviers Freyberg, Dresden 1804, S. 54–56.

Autor der obigen Beschreibung Heinrich von Trebra (1740–1819) schloss die Urteile einfacher Häuer ausdrücklich in seine Begriffsbildung und Entscheidungsfindung mit ein.¹⁹

Arbeiterwissen hatte jedoch nicht denselben Stellenwert wie das der akademisch gebildeten Beamten. Innerhalb und außerhalb der Beamtenschaft hatte sich im Laufe des 18. Jahrhunderts der Begriff von Wissenschaft präzisiert, womit eine deutlichere Unterscheidung zwischen Praxiswissen und gelehrtem Wissen möglich wurde. Ein Dekret des sächsischen Kurfürsten schuf 1702 ein Stipendium von jährlich 300 Gulden und übergab damit dem Oberbergamt in Freiberg die Verantwortung für die Ausbildung seiner technischen Beamten, die mit diesem Geld für einige Jahre die »Bergwercks-Wissenschaften, Schmelz- und Marckscheider-Kunst und dergleichen« erlernen sollten.²⁰ Traditionellerweise hatten sich Markscheider und andere technische Bergbeamte ihre Kenntnisse und Fertigkeiten in einer Art Lehre angeeignet.²¹ Auch wenn zunehmend Schriften für diese Ausbildung genutzt wurden, meinte »Wissenschaft« in erster Linie handwerkliches Erfahrungswissen, das vom Meister an den Lehrling weitergegeben wurde. In einer Schrift von 1717 konnte es daher noch heißen, dass es »bey denen Berg-Leuten eine allgemeine Wissenschaft«²² sei, wie man die Grubengeschäfte führte, weshalb man davon nicht weiter berichten müsse.

Dieses ältere Verständnis von Bergwerkswissenschaft geriet in den folgenden Jahrzehnten zunehmend in den Hintergrund. Stattdessen fanden sich nun Bestrebungen, das praktische Wissen der Bergleute in ein System zu bringen und als Buchwissen zu formulieren. So forderte etwa 1746 der Jurist Karl Friedrich Zimmermann die Gründung einer »Ober-Sächsische[n] Berg-Academie in welcher die Bergwercks-Wissenschaften nach ihren Grundwahrheiten untersucht, und nach ihrem Zusammenhange entworffen werden«.²³ Die Wissenschaft der Bergleute (heute: ihr Praxiswissen) sollte in eine akademische Wissenschaft (heute: Wissenschaft) verwandelt werden.

19 »[...] soll mich irre, soll ich meinen Schlägelsgesellen den Berg unverständlich machen, die mich doch zuerst hinführten, und mir zeigten, das ist das Wesen welches wir Gang, das welches wir Flötz, das welches wir Stockwerk nennen.« Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra, Erfahrungen vom Innern der Gebirge, Dessau 1785, S. 50; »Ey! wohl zog ich andere mit herbey, wenn mir erst roh ein Gedanke über den großen Gegenstand aufstieg; vernahm alles um mich her. Groß und Klein, Alt und Jung, Freund und Feind (denn der Letztere ist oft brauchbarer), Vornehm und Gering (denn nackte Wahrheit, woran es doch eigentlich nur liegt, ist allemal leichter dem Letztern auszupressen).« Ders., Bergmeister-Leben und Wirken in Marienberg, Freiberg 1818, S. 51.

20 Resolutiones wegen Abstell und Remedirung derer in Bergwercks-Sachen vorgekommenen und angemerckten Mängel und Gebrechen, sonderlich die Freibergische Revier betreffende dd. Leipzig, den 7. Januar 1709, in: Friedrich Freiesleben, Handbuch der Berggesetzgebung des Königreichs Sachsen, Leipzig 1852, S. 63. Eine entsprechende Resolution vom 26. August 1702 wird dort erwähnt und erneuert.

21 Hans Baumgärtel, Vom Bergbüchlein zur Bergakademie. Zur Entstehung der Bergbauwissenschaften zwischen 1500 und 1765/1770, Leipzig 1965.

22 Johann Ludwig Glaser, Kurtzer Unterricht Vom Berg-Werck, Ulm 1717, S. 41. Das Werk war eine Neuauflage von Johann Ludwig Glaser, Bergmännisches Monat-Blümlein, oder Eine/auß viel-jähriger Practic, mit Bergwercks-Verständigen gepflogener Communication, und würcklich gut-befundener Observation gezogene Information, Was bey Führung der Berg-Wercke von Monath zu Monathen zu beobachten seyn möchte, Ulm 1692. Zum Autor siehe Gustav Albiez, Das Bergbüchlein des markgräfllich badischen Bergrats Glaser, in: Das Markgräflerland (1981), S. 275–285.

23 Karl Friedrich Zimmermann, Ober-Sächsische Berg-Academie in welcher die Bergwercks-Wissenschaften nach ihren Grundwahrheiten untersucht, und nach ihrem Zusammenhange entworffen

Bei seiner *tour d'horizon* der hierfür benötigten Wissensbestände wird deutlich, wie Zimmermann Wissenschaft von Praxiswissen abgrenzte. Während Physik und Statik kürzlich systematisch ausgearbeitet worden seien (hier bezog er sich vermutlich auf Newtons *Principia*), fehle der Chemie noch ein Lehrgebäude. Außerdem fehlten zum Teil noch ganze Disziplinen, die den Bedürfnissen des Bergbaus entsprächen. Die Mineralogie, entstanden aus der Liebhaberei, müsse noch auf einen strengeren chemischen Fuß gestellt werden. Die Metallurgie sei noch dominiert von dunklen Schriften, welche mineralische Körper zu geistigen Wesen machten.²⁴ *Geographia subterranea*, also das Wissen, mit dem man Erzadern erkennt, sei überhaupt noch nicht »in Form einer Wissenschaft« verfasst worden. Die Markscheidkunst sei noch nicht nach den Grundsätzen der Trigonometrie geordnet, bei der Probierkunst möchte man »fast unter der Last der vielen Probir-Bücher seuffzen, die Menge der Geheimnüs-vollen Kunst-Stückgen«. Die Manufakturwissenschaften als Stoffkunde des Bergbaus seien noch völlig unsystematisch, ebenso das Rechnungswesen, die Buchhaltung und das Bergrecht (welches Zimmermanns eigentliches Tätigkeitsfeld war). Ähnlich trüb sehe es bei der Bergbaukunst aus, also dem Wissen, mit dem man Erze abbaut. Hier gebe es zwar genug Bücher, aber diese gingen nur »mechanisch-historisch« vor, weshalb man sich vereinzelt Wahrheiten mühsam aus ihnen herausklauben müsse. Zimmermann machte also deutliche Unterschiede zwischen unsystematischem Arbeiter- und Expertenwissen und systematischer Wissenschaft, auch wenn die Inhalte beider Wissensformen dieselben waren.

Zimmermann rechtfertigte sein sehr aufwändiges Projekt zur Aufbereitung von Praxiswissen mit historisch gewachsenen Bedürfnissen im mitteldeutschen Bergbau. Ursprünglich sei der Bergbau bequem, billig und einträglich betrieben worden und daher auch intellektuell wenig anspruchsvoll gewesen. Jene Zeiten seien jedoch vorbei und die reichen Anbrüche unter dem Rasen weggehauen; »man braucht also Arbeit, man braucht Kosten, man braucht auch Verstand, wenn man beider ersparen will«.²⁵ Weder die zünftischen noch die nicht-zünftischen Handwerke seien dieser Aufgabe gewachsen. Stattdessen müssten sich »gelehrte Naturforscher« der Sache widmen.²⁶ Eine Akademie nach dem Modell der Royal Society in London und der Académie des Sciences in Paris, jedoch mit Engführung auf Bergbauthemen, könne Abhilfe schaffen. Hier sollten begabte Männer typische Probleme des Bergbaus nach den Grundsätzen der Physik, Mathematik und Chemie theoretisch und experimentell erforschen. Insbesondere von der Mechanik versprach sich Zimmermann, dass sie die »Kunstgriffe« des Vortriebs und Abbaus verbessern könnte.²⁷ Zimmermann fantasierte über unentdeckte Rohstoffe in Sachsen und verwies auf England und Frankreich, wo der

werden. Alles aus historischen Nachrichten, gründlichen Untersuchungen, natürlichen Beobachtungen, chymischen und mechanischen Versuchen, und darbey vorgefallnen Anmerckungen erläutert, und in abgesonderten Abhandlungen ausgefertiget, Dresden/Leipzig 1746.

24 Diese und die folgenden Zitate stammen aus Zimmermanns unpaginiertem Vorwort zu Johann Friedrich Henkel, *Kleine Minerologische und Chymische Schrifften. Auf Gutbefinden des Herrn Autoris, nebst einer Vorrede von den Bergwercks-Wißenschafften zu Vermehrung der Cammeral-Nutzungen, und mit Anmerckungen herausgegeben*, Dresden/Leipzig 1744.

25 Ebd., S. 42.

26 Ebd., S. 23.

27 Ebd., S. 25f.

Bergbau zwar stümperhaft betrieben werde, sich die Akademien aber zumindest um eine diesbezügliche Forschung bemühten. In Schweden forcire ein eigenes Bergbau-Department die Aufbereitung von traditionalem Wissen. Wenn man den Bergbau auf eine wissenschaftliche Basis setze, so Zimmermanns wichtigstes Argument, könne man der sächsischen Wirtschaft Millionen Tonnen an Gold zuführen. Gleichzeitig setzte er sich aber vom bekannten Goldmacher Johann Joachim Becher (1635–1682) ab, der als Ökonom und Gesandter im Dienst verschiedener deutscher Fürsten gestanden und für sie oft zweifelhafte Projekte vorangetrieben hatte.²⁸ Obwohl das Akademie-Projekt seiner Ansicht nach vernünftig durchdacht war, war er nicht zuversichtlich, dass es bald umgesetzt würde. Offenbar ließen sich Regierung und Beamtenschaft nicht für sein Vorhaben gewinnen.²⁹

Nach dem Siebenjährigen Krieg (1756–1763) herrschten im Kurfürstentum neue politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, die das Akademie-Projekt begünstigten. Sachsen war schwer verschuldet, die Städte waren in Mitleidenschaft gezogen, und der Bergbau war beeinträchtigt. Die reformorientierten Politiker, die in Dresden nun an die Macht kamen, nahmen die Idee einer technisch-akademischen Ausbildungsstätte für leitendes Personal wieder auf. Im Jahr 1765 wurde schließlich auf Geheiß des Generalbergkommissar Anton von Heynitz (1725–1802) in Freiberg eine Bergakademie ins Leben gerufen, wenn auch zunächst mit sehr bescheidener Ausstattung.³⁰ Anders als von Zimmermann angedacht, handelte es sich aber in erster Linie um eine Lehranstalt, in der Forschung nur eine Nebenrolle spielte. Der Praxisbezug der Ausbildung war unter anderem durch Angliederung an das Oberbergamt gewährleistet. Teil des zu lehrenden Fächerreigens war von Anfang auch die »Berg-Bau-Kunst«, welche unter anderem die »Gewinnung des Gesteins und Erzes« zum Gegenstand hatte.³¹

Gottlob Abraham Werner gehörte zu den ersten Jahrgängen, die an der Akademie studierten. Seine Familie besaß in der Nähe von Görlitz Eisenhütten und Hammerwerke, in denen sich Werner bereits vor seinem Studium als Hüttenschreiber nützlich gemacht hatte. Diese Tätigkeit verlangte Fertigkeiten beim Probieren und in der Buch-

28 »Gott bewahre mich vor dergleichen Schwachheiten, ich verlange nicht einem Proiectmacher nur ähnlich zu sehen, und deswegen schreibe nicht einmal alles, was ich doch mit Raison schreiben könnte.« Zimmermann, *Berg-Academie*, S. 53. Für Bechers Werdegang siehe Pamela H. Smith, *The Business of Alchemy Science and Culture in the Holy Roman Empire*, Princeton 1994.

29 So schreibt er: »Mein Einfall und Vorschlag von [der] Errichtung einer Berg-Academie kömmt mir daher als ein Embryo vor, und ehe ich ihn verderben lasse, will ich ihn liber durch Drucker-Farbe und Pappier conserviren, so wie man sonst dergleichen natürliche Sachen in starcken Spiritibus aufbehält.« Zimmermann, *Berg-Academie*, S. 4. Ob und in welcher Form er sächsischen Regierungsbehörden seinen Vorschlag vor der Veröffentlichung dieser Schrift unterbreitet hat, ist mir nicht bekannt. Zur weiteren Charakterisierung von Zimmermanns Vorschlägen siehe Klein, *Nützlichtes Wissen*, S. 16–18.

30 Siehe Hans Baumgärtel, *Bergbau und Absolutismus. Der sächsische Bergbau in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und Maßnahmen zu seiner Verbesserung nach dem Siebenjährigen Krieg*, Leipzig 1963, insbesondere S. 65f. und Horst Schlechte, *Staatsreform in Kursachsen 1762–1763. Quellen zum kursächsischen Rétablissement nach dem siebenjährigen Kriege*, Berlin 1958. Zum System Heynitz/Heinitz siehe Ursula Klein, *Humboldts Preußen. Wissenschaft und Technik im Aufbruch*, Darmstadt 2015.

31 Avertissement der Akademie vom 27. April 1767, ohne Paginierung abgedruckt in [Johann Gottlieb Kern], *Bericht vom Bergbau*, hg. von Friedrich Wilhelm von Oppel, Leipzig 1772.

haltung gleichermaßen. Knapp zwanzigjährig ging er nach Freiberg und erinnerte sich später insbesondere an die Vermittlung der Bergbaukunde:

»Als ich 1769 auf hiesiger Bergakademie studierte, wurde dieses Bergbaukollegium Sonnabends Vormittags (also wöchentlich 1 Stunde) über den damals im Druck herausgekommenen *Bericht vom Bergbau*, welche in diesem Kollegium von § zu § erklärt [...] wurde, gelesen und jährlich geendet.«³²

Daneben habe er alle sächsischen Bergwerke bereist und zu Ausbildungszwecken bei den Arbeiten des Bergmanns selbst mit Hand angelegt.³³ Der *Bericht vom Bergbau* hatte damals bereits seit 30 Jahren in Manuskriptform vorgelegen. Sein Autor Johann Gottlieb Kern war Bergmeister und Edelsteininspektor und, wie sein eigener Lehrer Johann Friedrich Henckel, in die Ausbildung von Bergbaustudenten eingebunden.³⁴ Für den *Bericht* griff Kern auf ältere, noch immer beliebte Werke wie Agricolas *De re metallica* und Balthasar Röslers *Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel* (ca. 1650) zurück, ergänzte und rearrangierte den Stoff aber erheblich.³⁵ Als ab 1765 ein Lehrbuch für die neue Akademie gebraucht wurde, gab deren erster Leiter Friedrich Wilhelm von Oppel (1720–1769) den *Bericht* kurzerhand mit leichten Änderungen in Druck.³⁶

Nach einem zweijährigen Studium in Freiberg ging Werner nach Leipzig, wo er sich mit Recht, Philosophie, neueren Sprachen und vor allem Mineralogie beschäftigte. Mit seiner 1774 erschienenen Schrift zur Mineralbestimmung zog er die Aufmerksamkeit Friedrich von Oppels auf sich, der ihm kurz darauf die Stelle eines Inspektors (Verwalter) der Akademie und Lehrer der Mineralogie und Bergbaukunst anbot.³⁷ In dieser Funktion ersetzte Werner die gemeinsame Interpretation des *Berichts*, die er als Student noch selbst erlebt hatte und die an die Lehrpraxis in den Bergschulen erinnerte, mit universitätsmäßigen Vorlesungen, die das Wesentliche in knapper Systematik vorstellten. Seine Vorlesungen begleitete er mit praktischen Übungen, Exkursionen ins Gelände und sogenannten Elaboratorien, also selbstständigen wissenschaftlichen Darstellungen durch die Studenten.³⁸ Themen für solche Elaboratorien waren laut seinen eigenen Angaben die adäquate Beschreibung und Kartierung von Erzadern, Gruben und ganzen Revieren, die Beschreibung von Maschinen sowie betriebswirtschaftliche Rechnungen.³⁹ Der jun-

32 Zitiert nach Martin Guntau, Abraham Gottlob Werner, Leipzig 1984, S. 13.

33 Ebd., S. 14.

34 Vgl. Evelyn Kroker, Art. Kern, Johann Gottlieb, in: Neue Deutsche Biographie 11 (1977), S. 521f.; Baumgärtel, Bergbüchlein; und Walter Herrmann, Bergrat Henckel. Ein Wegbereiter der Bergakademie, Berlin 1962.

35 Agricola, *De re metallica*; Balthasar Rösler, *Speculum Metallurgiae Politissimum*. Oder: *Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel*, hg. von Johann Christoph Goldberg, Dresden 1700.

36 Kern, *Bericht vom Bergbau*. Das umfangreiche Kapitel »Von der Arbeit auf dem Gesteine« mit seinen 27 Paragraphen wird Stoff für zwei bis drei Samstagvormittagskollegien gegeben haben. Das Lehrbuch umfasste 658 Paragraphen, die in einem Jahr abgehandelt wurden.

37 Abraham Gottlob Werner, *Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien*, Leipzig 1774. Vgl. Guntau, Werner, S. 20.

38 Guntau, Werner, S. 24.

39 Zitiert nach ebd., S. 27. Werner ermutigte seine Studenten, in den Vorlesungen mitzuschreiben, und ging ihre Mitschriften danach mit ihnen durch. Quasi autorisierte Mitschriften dienten dann auch

ge Alexander von Humboldt, der wohl berühmteste Student der Akademie, beschrieb diesen Lernalltag im Sommer 1791 folgendermaßen:

»Um 6 Uhr fahre ich an, regelmäßig, alle Tage. [...] Ich habe die gemeinen Arbeiten auf dem Gestein alle selbst gelernt, wie wir es nennen, meine Lehrhäuerschicht aufgefahren, und noch heute Morgen war ich mit Bohren und Schießen beschäftigt. Um 11 oder 12 Uhr komme ich aus der Grube und nun sind fast alle Stunden des Nachmittags mit Kollegien besetzt – Oryktognosie [Mineralbestimmung] und Geognosie bei Werner, Markscheiden, Probieren auf Silber, Risse und Maschinen-Zeichen.«

Er mache das jetzt schon seit drei Wochen so »und blute wenigstens nicht mehr.«⁴⁰ Werners Überlegungen zur Festigkeit des Gesteins hatten somit ihren Platz in einem Curriculum, das Akademiestudenten die Praxis des Bergbaus ihren »Grundsätzen« nach beibringen wollte. Seine Studenten lernten Schulter an Schulter mit den Häuern, allerdings nicht nur deren Handwerk, sondern auch ihre eigene Tätigkeit als beamtete Vorgesetzte. Aber was leistete Werners Klassifizierungsversuch in diesem epistemisch-regulatorischen Projekt im Einzelnen?

Festigkeit des Gesteins

Werner schied zunächst den Begriff von Festigkeit im Bergbau von dem der Mineralogie und Physik, wo dieser einfach das Gegenteil von flüssig bezeichne.⁴¹ Ein solcher Begriff gebe keine Handhabe, um Arbeitsprozesse im Bergbau zu unterscheiden, was laut Titel der Schrift (»Hauptverschiedenheiten der Häuerarbeiten«) jedoch das Ziel war. Deshalb griff Werner auf das weit schärfere kognitive Werkzeug der Häuer zurück. Gestein galt den Häuern als Oberbegriff für das, was ihnen an mineralischer Natur im Bergwerk gegenüberstand. Für sie verhielten sich wertvolle Erze, Salze und Kohlen genauso wie das wertlose Gebirge, das diese umgab. Gestein verwischte also den Gegensatz zwischen Abraum und Ressource. Zugleich erlaubt der Begriff feine Unterschiede, um das Verhalten der Wand bei der Arbeit zu beschreiben. Gestein wurde in aktivischer Sprache beschrieben. Es hatte eine »Kraft«, mit der es sich dem Eindringen der Werkzeuge und der Losreißung von Material widersetzte. Diese Kraft bezeichnete der Bergmann als Festigkeit. Sie sei aber wiederum aus drei anderen einfachen und zusammenwirkenden Kräften zusammengesetzt, nämlich der »Härte, dem Zusammenhalte der Theile und der Elastizität«. Der Bergmann nenne ein elastisches Gestein »pelzig« und ein sehr zusammenhaltendes »zähe«.⁴² Für die Häuer waren Unterscheidungen wichtig, um durch Wechseln des Werkzeugs auf Änderungen im Verhalten

der weiteren Verbreitung seiner Lehrgebäude. Werners Bergbaukunde, in der die Überlegungen zur Festigkeit des Gesteins sich im Abschnitt über die »Gewinnerkunst« als Unterteil der »Bergtechnik, oder Bergarbeitslehre« einfügen, liegt in ihrer Gänze auch nur in einer solchen überarbeiteten Mitschrift vor: Friedrich Jakob Richter, Die Bergbaukunst nach Abraham Gottlob Werners Vorlesungen und nach eigenen Erfahrungen, Dresden 1823.

40 Zitiert nach Klein, Nützliches Wissen, S. 15f.

41 Werner, Festigkeit, S. 8.

42 Ebd., S. 7.

der Wand zu reagieren. Einige Gesteine waren noch »gebrech« (unfest) genug, um mit Hauen bearbeitet zu werden, andere waren schon zu fest dafür und mussten daher mit dem Eisen gelöst werden. Die Eisen konnten länger oder kürzer, die Bohrer dicker oder dünner sein. Einige Gesteine verlangten »einmänniges«, andere »zwei-« oder gar »dreimänniges« Bohren. Auch beim Sprengen war die Urteilskraft der Häuer gefragt. Manchmal musste ein Gestein mit dem Eisen behauen werden, obwohl es eigentlich fest genug zum Sprengen war. So schalteten die Häuer dynamisch zwischen verschiedenen Techniken hin und her, um ihre Arbeit voranzutreiben. Hinter dem Wort »fest« verbarg sich somit ein begrifflicher Werkzeugkasten, mit dem Häuer die sich ständig ändernde Beschaffenheit des Gesteins erfassen konnten.

Dieses differenzierte Vokabular eigneten sich Bergbaukundler wie Werner an, um die Vielgestaltigkeit des Gesteins epistemisch zu bewältigen. Andere Erkenntnismittel, die sich in der Mineralogie und der Geognosie bewährt hatten, halfen hier nur bedingt weiter. Die Beschaffenheit des Mesoobjekts Gestein setzte sich gleichsam emergent aus dem Zusammenspiel mineralischer Mikroobjekte zusammen. Es ließ sich nur schwer bzw. gar nicht in Sammlungen und Laboratorien bringen, da die Eigenschaften einer Gesteinsprobe nur bedingt Rückschlüsse auf das Verhalten einer Wand »vor Ort« zuließen. Die Feldforschung der Geognosie wiederum zielte auf zu große Objekte, als dass sich die widerständige Kraft der Wand auf dieser Grundlage verlässlich hätte voraussagen lassen.

Gegenüber dem Arbeitsalltag der Häuer stellte Werners Fünfer-Schema (rollig, milde, gebrech, fest, höchstfest) eine starke Abstraktion dar. Das weist auf den Punkt hin, an dem sich das Erkenntnisinteresse der Häuer und das der Beamten voneinander unterschieden. Zimmermann bemühte einen Vergleich mit der Armee, um das Verhältnis der bergmännischen Beamten zu ihrem Dienstbereich zu klären. So wie sich das »Augenmerck eines Generals (frantz. le coup d'oeil militaire)« dadurch auszeichne, dass er das Land genau kenne, in dem er Krieg führen möchte, »so muß auch ein Bergmann die gantze Gegend seines Bergbaues vollkommen inne haben, und im voraus wahrscheinlich vermuthen, wo er einen guten Bau anlegen könne.«⁴³ Auch der Göttinger Ökonom Johann Beckmann (dessen *Anleitung zur Technologie Handwerke* analysierte, um sie »veranstalten, anlegen, anordnen, beurtheilen, regieren, erhalten, verbessern und nutzen« zu können) schrieb: »Kennen muß der Feldherr die Arbeiten der Artilleristen, aber es ist ihm keine Schande, wenn diese das Geschütz genauer und schneller zu richten verstehn.«⁴⁴ Bei Werner schließlich machten sich Beamte mit der Handarbeit vertraut, weil sie den Arbeitern misstrauten:

»Hat man von allen den Wirkungen [der Werkzeuge] selbst genaue Kenntniß; so kann man einen Arbeiter erst völlig beurtheilen. Man würde manche Arbeit um 1/4tel 1/3 oder wohl gar die Hälfte wohlfeiler bekommen, wenn man nur im Stande wäre, die Arbeit selbst genau zu beurtheilen.«⁴⁵

43 Zimmermann, Vorwort.

44 Johann Beckmann, *Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehn: Nebst Beyträgen zur Kunstgeschichte*, Göttingen 1777, unpaginierte Vorrede.

45 Richter, *Bergbaukunst*, S. 25f.

Auch seine Schrift über Gestein endet mit dem Aufruf, ein guter Haushalter zu sein, das heißt, die »Kosten von Zeit zu Zeit genau [zu] kalkulieren«. ⁴⁶

Dementsprechend war Festigkeit für die Beamten nicht die dem Körper widerstehende Kraft des Gesteins, sondern vielmehr ein Buchhaltungsproblem. Häuerarbeit fand in Sachsen meist in Schichten von acht Stunden statt, wobei vorab verabredet wurde, wie viel Vortrieb pro Schicht erreicht werden sollte bzw. wie viele Bohrlöcher zum Sprengen gebohrt werden sollten. Bei dieser Kalkulation waren die Zahl der Stunden, die Zahl der Arbeiter und deren Lohn bekannt, während die Beschaffenheit des Gesteins eine ausschlaggebende, aber oft schwer zu fassende Größe darstellte. Laut dem Lehrbuch der jungen Akademie, dem *Bericht vom Bergbau*, hatte jede der verschiedenen Arbeitstechniken ihre eigene Einteilung der Tagewerke, also der Arbeitsmenge, die innerhalb einer Schicht geleistet werden konnte. Je fester das Gestein, desto kleinteiliger wurden die Tagewerke bemessen (Abb. 3). ⁴⁷ Der *Bericht* erläutert das Vorgehen mit einem Rechenbeispiel: Wenn ein Häuer auf der ganzen Breite eines Tunnels pro Tag 10 Zoll tief \times 13 Zoll hoch vorankomme, und der Tunnel 100 Zoll hoch sei, brauche er siebeneinhalb Tage und, zuzüglich des »Neinbrechens« (das Heraushauen eines ersten keilförmigen Hohlraums), achteinhalb Tagewerk bzw. 20 Zoll Vortrieb in 17 Tagen. Diesen Wert konnte man dann auf den Normalbetrieb von fünf Schichten pro Woche umlegen und im Umkehrschluss berechnen, wie viel Arbeit der einzelne Häuer einem monatlich schuldig blieb (Abb. 4). Die Beamten beobachteten also punktuell, wie viel Vortrieb die Häuer an konkreten Orten im Berg leisteten. Daraus berechneten sie ein Soll für den ganzen Monat, an dem sie die Häuer anschließend wiederum maßen und gegebenenfalls zur Rechenschaft zogen. Da solche Berechnungen mit dem Dreisatz mühevoll waren, enthielt der *Bericht* eine entsprechende Tabelle. Diese war den Zins- und Wechselkurstabellen nicht unähnlich, mit denen Kaufleute bestimmten, was sie einander schuldig waren (Abb. 5).

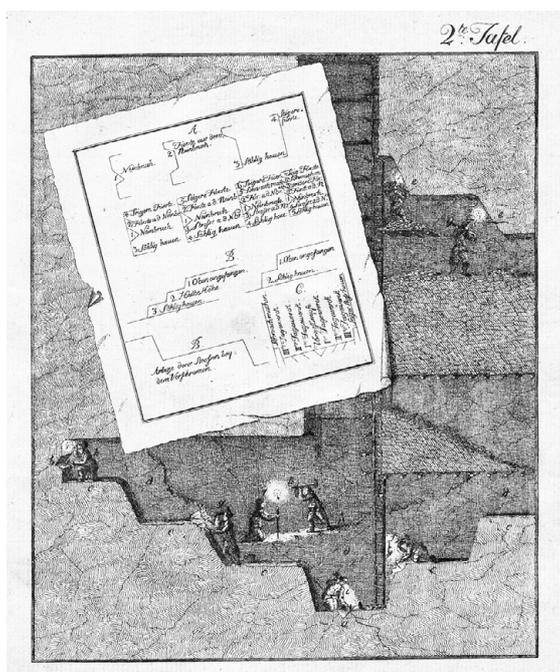


Abb. 3: Unbekannter Künstler, Radierung zur Einteilung und Ausführung von Tagewerken bei verschiedenen Graden der Gesteinsfestigkeit, abgedruckt als Tafel 2 in: Johann Gottlieb Kern, *Bericht vom Bergbau*, hg. von Friedrich Wilhelm von Oppel, Leipzig 1772. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Rar 4653, <https://doi.org/10.3931/e-rara-20136> (Public Domain Mark).

46 Werner, *Festigkeit*, S. 20.

47 Kern/Oppel, *Bericht*, S. 42.

Abb. 4: Beispielrechnung aus Johann Gottlieb Kern, Bericht vom Bergbau, hg. von Friedrich Wilhelm von Oppel, Leipzig 1772, S. 49. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Rar 4653, <https://doi.org/10.3931/e-rara-20136> (Public Domain Mark).

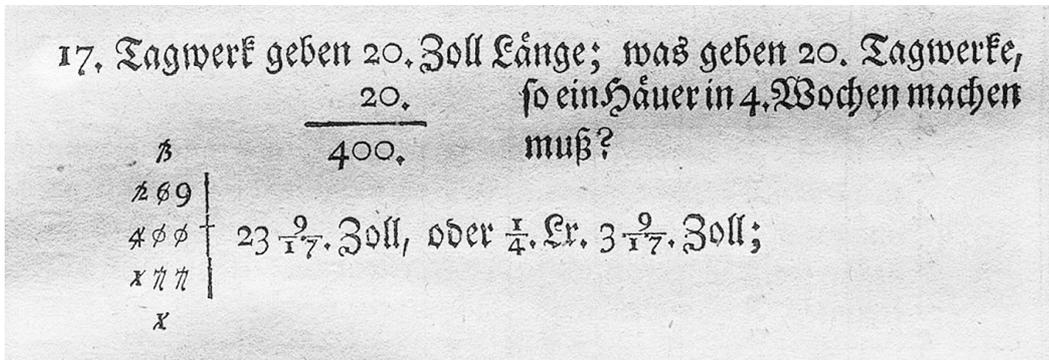


Abb. 5: Tabelle, die Tiefe des Vortriebs, Tagewerke, Anzahl der Häuer sowie Lohn miteinander verschränkt, abgedruckt in Johann Gottlieb Kern, Bericht vom Bergbau, hg. von Friedrich Wilhelm von Oppel, Leipzig 1772, S. 50. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Rar 4653, <https://doi.org/10.3931/e-rara-20136> (Public Domain Mark).

Wenn das Ort bey einem Einbruche, von, so viel Zollen;	In so viel Tagwerken heraus geschlagen wird;	müssen 3. Häuer in 4. Wochen auf-fahren;		müssen 4. Häuer in 4. Wochen auf-fahren;		Und kostet das lachter.		das Viertel lachter.		
		lr. Zoll.	Er. Zoll.	lr. Zoll.	Er. Zoll.	thlr. gr. pf.	thlr. gr. pf.	thlr. gr. pf.	thlr. gr. pf.	
2	10	1 $\frac{1}{8}$	2	1 $\frac{1}{8}$	6	90	—	22	12	—
2	9	1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{1}{3}$	1 $\frac{1}{8}$	7 $\frac{7}{9}$	84	—	21	—	—
2	8	1 $\frac{1}{8}$	5	1 $\frac{1}{8}$	—	72	—	18	—	—
2	7	1 $\frac{1}{8}$	7 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{2}{3}$	63	—	15	18	—
3	9	1 $\frac{1}{4}$	—	1 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{6}{9}$	54	—	13	12	—
3	8	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	—	48	—	12	—	—
3	7	1 $\frac{1}{4}$	5 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{2}{7}$	42	—	10	12	—
3	6	1 $\frac{1}{4}$	—	1 $\frac{1}{4}$	—	36	—	9	—	—
3	5	1 $\frac{1}{4}$	6	1 $\frac{1}{4}$	8	30	—	7	12	—
4	9	1 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{2}{3}$	1 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{5}{9}$	40	—	10	—	—
4	8	1 $\frac{1}{2}$	—	1 $\frac{1}{2}$	—	36	—	9	—	—
4	7	1 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{2}{7}$	1 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{5}{7}$	32	—	8	—	—
4	6	1 $\frac{1}{2}$	—	1 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{3}$	27	—	6	18	—
4	5	1 $\frac{1}{2}$	8	1 $\frac{1}{2}$	4	22	12	5	15	—
5	7	1 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{5}{7}$	1 $\frac{5}{8}$	7 $\frac{7}{7}$	25	12	6	9	—
5	6	1 $\frac{5}{8}$	—	1 $\frac{5}{8}$	6 $\frac{2}{3}$	21	21	5	11	3
5	5	1 $\frac{5}{8}$	—	1	—	18	—	4	12	—
5	4	1 $\frac{1}{4}$	5	1 $\frac{1}{4}$	—	14	9	3	14	5
6	6	1	—	1	—	18	—	4	12	—
6	5	1 $\frac{1}{8}$	2	1 $\frac{1}{8}$	6	15	—	3	18	—
6	4	1	—	1 $\frac{1}{2}$	—	12	—	3	—	—
7	6	1 $\frac{1}{8}$	—	1 $\frac{1}{8}$	3 $\frac{2}{3}$	15	10	3	20	6
7	5	1	4	1 $\frac{1}{8}$	2	12	21	3	5	3
7	4	1 $\frac{1}{4}$	5	1 $\frac{1}{4}$	—	10	3	2	12	9
8	5	1 $\frac{1}{8}$	6	1 $\frac{1}{2}$	8	11	6	2	19	6
8	4	1 $\frac{1}{2}$	—	2	—	9	—	2	6	—
9	5	1 $\frac{1}{4}$	8	1 $\frac{3}{4}$	4	10	—	2	12	—
9	4	1 $\frac{1}{8}$	5	2 $\frac{1}{4}$	—	8	—	2	—	—
9	3	2 $\frac{1}{4}$	—	3	—	6	—	1	12	—
10	5	1 $\frac{1}{2}$	—	2	—	9	—	2	6	—
10	4	1 $\frac{1}{2}$	—	2 $\frac{1}{2}$	—	7	4	1	19	2 $\frac{1}{6}$
10	3	2	—	3 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{2}{3}$	5	10	1	8	6

An der parallel gegründeten Bergakademie im habsburgischen Schemnitz wurde Studenten ein ähnlicher Zugang zur Arbeit der Häuer nahegelegt. Laut dem dortigen Lehrbuch *Anleitung zu der Bergbaukunst* von 1773 wurde Gestein, das »milde«, »faul, weich, und erdhaft« war, mit Keilhauen bearbeitet, während »festes« gesprengt wurde; überhaupt werde fast nur noch gesprengt. Allerdings fügte der Autor Christoph Traugott Delius hinzu, dass die Festigkeit von so verschiedener Beschaffenheit sei, dass sie sich nicht recht in ordentliche Klassen bringen ließe.⁴⁸ Wie in Freiberg führte das zu Planungsproblemen. Für jede Schicht gab man den Häuern eine Anzahl von Bohrlöchern vor. Da aber das Gestein fast täglich seine Festigkeit ändere, sei es erforderlich, dass die Anzahl der Bohrlöcher täglich vorgegeben werde.⁴⁹ Die Festlegung des Preises konnte somit erst nach Prüfung des Gesteins erfolgen. Bevor man den Häuern einen Abbauort verdingte (also mit ihnen einen Akkordlohn für eine auszu-hauende Strecke ausmachte),

»so beklopft und beurtheilet man zuvörderst das Gestein, ob es fest oder mild, ob es mit Krampen, Keilhauen, Schlägel und Eisen, oder mit der Sprengarbeit zu gewinnen ist; ob es grob- oder kurzblättricht, ob es sich leicht oder schwer bohren läßt; ob die Lagen des Gesteins Beschwerlichkeit in der Arbeit machen; ob es gut oder übel bricht, ob Ablösungen oder Klüfte dabey sind, die der Arbeit zu Hilfe kommen, oder ob es ganz ist?«⁵⁰

Die Kalibrierung von Arbeitszeit, Lohn und Gesteinsfestigkeit wurde in den Rhythmus der Rechnungslegung eingebunden, wodurch mindestens alle 14 Tage die Gesteinsfestigkeit überprüft werden sollte.⁵¹

Was an Vortrieb möglich bzw. was ein guter Preis für ein Geding (Akkordarbeit) war, hing direkt von der Festigkeit des Gesteins ab, wobei weder Kern und Oppels *Bericht* noch Delius' *Anleitung* klare Angaben dazu machten, wie man diese einschätzen sollte. Delius schien hier eine Art Lehrzeit für Beamte vorzuschweben, in der sie ihr Aufsichtshandwerk von der Pike auf lernten: »Die Kenntniß des Gesteins bey dem Verdingen, und die Beurtheilung, wie viel ein Häuer in einer gesetzten Zeit ausschlagen, und wie viel man ihm folglich dafür verdingen könne, muß durch die Erfahrung und fleißige Uebung gelernet werden.«⁵² Notfalls könne man aber auch von beobachteter Leistung rechnerisch extrapolieren (wenn vier Häuer in vier Wochen so und so viel Kubik-Schuh Gestein aushauen, wie viel schlagen dann sechs in derselben Zeit aus?). Allerdings machte man sich damit wiederum von den Häuern abhängig.⁵³

Genau hier war die Lücke, die Werner mit seiner kleinen Schrift vom Gestein schließen wollte. Zunächst reduzierte er die Komplexität des Gesteins auf fünf mehr oder weniger deutliche Stufen. Dann systematisierte er die drei Aspekte von Festigkeit, nämlich Härte, Zusammenhalt (Zähigkeit) und Elastizität (Pelzigkeit). Auf dieses abstrakte Schema konnte er nun in einem weiteren Schritt ihm bekannte Mineralien

48 Christoph Traugott Delius, *Anleitung zu der Bergbaukunst nach ihrer Theorie und Ausübung, nebst einer Abhandlung von den Grundsätzen der Berg-Kammeralwissenschaft*, Wien 1773, S. 115.

49 Ebd., S. 130.

50 Ebd., S. 131.

51 Ebd., S. 132.

52 Ebd.

53 Ebd.

einordnen. Körniger Quarz zum Beispiel sei »minder fest als ein weit weiches aber sehr zusammenhaltendes und wenig elastisches hornblendiges Gestein; ein dichter Gipsstein, ist oft fester, als der härtere aber elastischere und minder zusammenhaltende schalige Schwerspath.«⁵⁴ Einem in der Oryktognosie (Mineralerkennung) geschulten Beamten sollte selbst bei der schlechten Beleuchtung unterm Tage niemand gebrechtes Gestein für zum Beispiel den ganz besonders festen Puddingstein vormachen können, selbst wenn diese Information allein noch keine zwingenden Schlüsse über das Verhalten einer konkreten Wand erlaubten (Abb. 6).

Abb. 6: Puddingstein aus England, 4,2 × 2,8 × 2,5 cm, 26,4 g. Quelle: Äußere Kennzeichen-Sammlung der TU Bergakademie Freiberg, Inv. Nr. 108245. Foto: Beate Heide.



Werners Schrift verband also gelehrtes und praktisches, experimentelles und Erfahrungswissen. Der Zweck dieser Verbindung war es, mit dem Einsatz von Geld und Arbeitskraft größeren Nutzen zu erzielen. Zimmermann, der 20 Jahre vor Werners Antritt in Freiberg von neuen Wissenschaften träumte, beschwor bereits das Ideal von verketteten Arbeitsvorgängen (*concatenati labores*).⁵⁵ Wieviel Schichtarbeit werde vertan, weil Arbeitsvorgänge nicht so angelegt würden, dass sie zeitlich ineinandergriffen? Um hier Abhilfe zu schaffen, imaginierte Zimmermann eine Buchhaltung, die »wirklich eine Wissenschaft« sei. Konkret wünschte er sich ein vollkommenes, hierarchisch gegliedertes Kontrollsystem, in dem der Fürst in eigener Person Tabellen studierte, mit denen er gleichsam in Echtzeit die Ausführung von Plänen verfolgen und jegliche Verschwendung entdecken könnte. Ähnliche Tabellenwerke hatten bereits der Buchhalter-Ingenieur Simon Stevin für den Oranierprinz Maurits, Jean-Baptiste Colbert für Ludwig XIV. und Wilhelm von Schröder für Leopold I. entworfen.⁵⁶

54 Ebd., S. 8.

55 Zimmermann, *Berg-Academie*, S. 147.

56 Simon Stevin, *Wisconstige gedachtenissen: inhoudende t'ghene daer hem in gheoeffent heeft den doorluchtichsten hoochgeboren vorst ende heere, Maurits prince van Oraengien*, Leiden 1605, darin: Tweede deel der ghemengde stoffen vande vorstelicke bouckhouding in domeine en finance extraordinaire. Modellrechnungen sind erhalten in Nationaal Archief Den Haag, 1.08.11, Nr. 1439 und 1440. Siehe auch Jacob Soll, *Accounting for Government: Holland and the Rise of Political Economy*

Tatsächlich verweist Zimmermann mehrfach auf Frankreich als Vorbild für die enge Verquickung von Staat und praktischen Wissenschaften.⁵⁷ Die Umsetzung von Buchhaltung auf wissenschaftlicher Basis sei aber bisher an den gängigen Wissenshierarchien gescheitert.⁵⁸

Werners Vorlesung bot keine systematische Einführung in die Buchhaltung, womöglich weil diese durch Übung gelernt wurde. Dazu würde seine Aussage passen, dass sächsische Beamte in leitender Position nicht »unerfahren« darin sein dürften, wie man durch Kalkulation von Einnahmen und Ausgaben den Zustand eines Grubengebäudes ermittelt und die Arbeiten optimal einrichtet.⁵⁹ Ähnlich ermahnte Delius die Schemnitzer Studenten, mit kleinen Wissenswerkzeugen das große Ganze zu betrachten: Der Werksvorsteher müsse stets das ganze Vermögen und den Ertrag seines Bergwerks »mit einem Blicke« übersehen können und alle sechs Monate Bilanz ziehen.⁶⁰ Insbesondere der wichtigste Kostenpunkt Lohn müsse im Auge behalten werden, sodass man niemals mehr Arbeiter einstellt, als man nötig habe.⁶¹ Mit kaufmännischen Methoden sollten also die verschiedenen Arbeiten eines Bergwerks als Ganzes erfasst werden, um Verschwendung an jeder Stelle des Buchhaltungssystems sichtbar zu machen.

Gleichzeitig deutete sich in Werners Gesteinsschrift an, dass die Beamten auch die Mikroebene der Werkzeuge und Körperbewegungen in den Blick bekamen. Ein kleines Eisen auf sehr gebrechtem Gestein, so Werner, würde wenig »Wirkung« tun. Ein großes Eisen auf festem Gesteine hingegen würde der Häuer nicht gerade halten können, weshalb man wieder an Wirkung verliere.⁶² Gedanken zur Wechselwirkung von Werkzeug und menschlicher Anatomie, die so wichtig für die Ergonomie des 20. Jahrhunderts werden würden, finden sich in einer seiner Fußnoten:

»Gerade bei diesen spitzigkeilförmig gestalteten [Keilhauen], und nach der Führung des Hiebs, oder vielmehr nach den mit ihm im Hiebe zu beschreibenden Bogen gekrümmten Gezähe, welches der Arbeiter mit beyden Händen anfaßt und regiert, kann der Arbeiter die größte und zwar seine volle Kraft anwenden. Denn fast alle Hauptmuskeln des Körpers treten bey der Bewegung des Arbeiters zum Hauen mit der Keilhau in Aktion.«⁶³

In den bergbaukundlichen Schriften des 18. Jahrhunderts wurde die Aufmerksamkeit also sowohl auf kleinste Elemente der Arbeitsabläufe als auch auf den gesamten Be-

in Seventeenth-Century Europe, in: *Journal of Interdisciplinary History* 40 (2009) 2, S. 215–238; ders., *The Information Master. Jean-Baptiste Colbert's Secret State Intelligence System*, Ann Arbor 2009; und Wilhelm von Schröder, *Fürstliche Schatz- und Rent-Cammer*, Leipzig 1686, Kap. 16.

57 Zimmermann, Vorwort.

58 »Allein aus dem alten Vorurteil, daß man die Buchhalterey und die Handlungs-Wissenschaft nicht vor gelehrte Dinge ansehen wollen, und selbige nicht unter die Schul-Griffen zu mengen gewesen sind, hat man sie lieber gar ausgestossen«. Ebd.

59 Richter, *Bergbaukunde*, S. 17.

60 Delius, *Anleitung*, S. 500.

61 Ebd., S. 502.

62 Werner, *Gestein*, S. 13.

63 Ebd., S. 11.

triebszusammenhang gerichtet; beide Ebenen wurden mit Buchhaltungstechniken eng miteinander verschränkt. Die Festigkeit des Gesteins war wichtig sowohl beim Regeln von Arbeit vor Ort als auch bei der Budgetierung ganzer Gruben und Reviere. Als Phänomen war sie aber weder mit den Mitteln der Mineralogie noch der Geognosie zu fassen. Aus diesem Grund widmete Werner dem Gestein eine Schrift, indem er sich des Wissens der Häuer bediente und es durch Verknüpfung mit gelehrtem Wissen aufbereitete. Die Häuer wurden somit zu Informanten einer neuen Wissenschaft, waren aber auch deren erstes Objekt.

Widerstand der Häuer

Ziel der Bergbaukunde war es, den Beamten eine bessere Lenkung der Arbeiter zu ermöglichen. Dieser Lenkung stand im Weg, dass sich Bergleute als freie Männer verstanden, auf deren Arbeitskraft nur unter klaren bergrechtlichen Bedingungen zugegriffen werden konnte.⁶⁴ Wenn sie glaubten, dass ihre Rechte beschnitten wurden, dann nutzten sie Formen des tumulthaften Protests. Dies wird deutlich an einem Ereignis, das sich als »Streittag« in das kulturelle Gedächtnis des Freiburger Reviers eingegraben hat. Als das Oberbergamt im Juli 1739 versuchte, zwei Feiertage zusammenzulegen, kam es zu Unruhen unter den Freiburger Bergleuten. Laut einem Bericht des Superintendenten Dr. Christian Friedrich Wilisch verstanden sich die Häuer »als ein freyes Volck«. Sie nahmen daher den Verlust eines Feiertags nicht ohne Protest hin, nicht zuletzt, weil sie ihre Stunden an der Erdoberfläche gerne für Nebengeschäfte nutzten.⁶⁵ Die Bergleute bestanden also mit Hinweis auf ihre »Bergfreyheit« auf ein Arbeitszeitregime, das nicht von den Bedürfnissen der Grube ausging, sondern von den Bedürfnissen ihrer eigenen Haushaltung.⁶⁶ Wie andere »Plebejer«, die mit auf-

64 Fürst, Beamte, Gewerke und Arbeiter konnten sich auf gewohnheitsmäßiges, gesetztes und durch Richterspruch entstandenes Recht beziehen. Zeitgenössische Kompendien boten hierbei Orientierung. Siehe z.B. Sebastian Span, *Sechshundert Berg-Urthel Schied und Weisunge*, Zwickau 1636, und *Freiesleben, Handbuch der Berggesetzgebung*. Frauen hatten weniger Zugang zur sogenannten Bergfreiheit der Arbeiter, weil sie von der sozial höher bewerteten Verhüttung und vor allem der Gewinnung der Erze ausgeschlossen wurden. Sie leisteten schwere körperliche Arbeit in der Aufbereitung, indem sie ausgeschaffte Erze trugen, sortierten, zertrümmerten, rösteten und wuschen. »Die Trennung zwischen reiner Männerarbeit unter Tage und gemischtgeschlechtlicher Arbeitsteilung über Tage – wobei auch hier nach Geschlechtern getrennte Arbeitseinheiten gebildet werden konnten – scheint für die vorindustrielle Phase des großbetrieblichen Bergbaus geradezu typisch.« Christina Vanja, *Bergarbeiterinnen. Zur Geschichte der Frauenarbeit im Bergbau, Hütten- und Salinenwesen seit dem späten Mittelalter. Teil I: Spätes Mittelalter und Frühe Neuzeit*, in: *Der Anschnitt* 39 (1987) 1, S. 2–15, hier S. 11. Selbst in kleinen Gruben, die im Familienverband betrieben wurden, scheinen Frauen nur Hilfs- und Transportarbeiten ausgeführt zu haben, wobei anzumerken ist, dass diese Arbeitswelt schwerer zu fassen ist, weil sie von den Bergverwaltungen weniger gut dokumentiert wurde.

65 Zitiert nach August Friedrich Wappler, *Über den Streittag (22. Juli) der Bergleute*, in: *Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins* 38 (1902), S. 1–55. Wilischs Bericht findet sich auf S. 29–38 und das Zitat auf S. 35.

66 Die Neigung zum Nebengeschäft war so ausgeprägt, dass sogar während des Tumults einige Bergleute ihre Wiesen mähen wollten. Diesen hätten laut Wilisch allerdings andere Bergleute die Sensen zerbrochen und sie gezwungen, mit ihnen zu gehen. Ebd., S. 33, Zitat auf S. 35. Für die Lebensbedin-

geklärten Kalkülen konfrontiert waren, nutzten die Häuer Formen des lautstarken Protests, um der Ökonomie ihrer Aufseher eine eigene entgegenzusetzen.⁶⁷ Wie das Gestein dem Eisen, setzten die Häuer den Beamten mitunter eine Kraft entgegen.

Es gab aber auch weniger heroische Strategien als im Tumult auf überlieferte Rechte zu pochen. So nutzten manche Häuer stillschweigend die blinden Flecken der Aufseher und Planer aus. Es war gerade die Schichtarbeit, welche den Bergleuten eine gewisse Autonomie gab, denn einerseits erlaubte die klar umrissene Arbeitszeit im Bergwerk noch Nebenbeschäftigungen, andererseits konnten Häuer während ihrer Acht-Stunden-Schichten nicht ununterbrochen beaufsichtigt werden.⁶⁸ Ein Bergwerk war schließlich keine Manufaktur, wo man von einer Balustrade aus alle Handgriffe im Blick hatte. Zimmermann berichtet dementsprechend, dass die Bergarbeiter manchmal in eine Art Leerlauf übergingen, wenn die Pläne der Beamten nicht funktionierten. Wenn zum Beispiel das Senken eines Belüftungsschachts länger dauerte als geplant, dann brachten die Häuer, die unterm Tage auf dessen Fertigstellung warteten, die Stunden mit dem Anschein von Arbeit herum.⁶⁹ Für Delius war Schichtarbeit generell nicht zu empfehlen, denn die Häuer regulierten dann ihre Arbeitsintensität selbst und strengten sich aus seiner Sicht nicht genug an. Sie müssten dann aufwendig beaufsichtigt und angetrieben werden, was nicht kosteneffektiv sei. Dementsprechend setzte man in den habsburgischen Revieren auf Akkordarbeit. Hierdurch wurde den Bergleuten die Aufsicht über die eigene Arbeit selbst überlassen, wobei sie durch die Hoffnung auf Gewinn oder auch durch die Furcht vor Hunger angetrieben wurden. Für den Fall, dass den Bergbeamten die Männer trotz Akkordarbeit nicht motiviert genug erschienen, empfahl Delius das Geding an einen Trupp von vier bis 16 Mann zu vergeben, bei dem »ein Kamerad den andern zum Fleiße antreibt, und keine Faulheit geduldet« werde.⁷⁰

Ob die Schonung ihrer Kräfte für Nebenbeschäftigungen Grund für die »Faulheit« der Häuer war oder andere Gründe dafür bestanden, blieb aus der Perspektive der Beamten wenig ersichtlich. Auf jeden Fall eröffnete die Akkordarbeit wiederum andere Strategien, die an den blinden Flecken und Wissenslücken der Beamten ansetzten. Vor einer dieser Strategien warnte Delius die Beamten:

gungen sächsischer Bergleute siehe Susan C. Karant-Nunn, *Saxon Silver Miners as Early Proletariat*, in Thomas Max Safley/Leonard N. Rosenband (Hg.), *The Workplace before the Factory: Artisans and Proletarians, 1500–1800*, Ithaca 1993, S. 73–99; Johannes Langer, *Die Freiburger Bergknappschaft*, in: *Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins* 61 (1931), S. 18–92; und Wolfgang Jobst/Walter Schellhas, *Abraham von Schönberg, Leben und Werk. Die Wiederbelebung des erzgebirgischen Bergbaus nach dem Dreißigjährigen Krieg durch Oberberghauptmann Abraham von Schönberg*, Leipzig 1994, S. 14–29.

67 Edward Palmer Thompson, *Customs in Common*, London 1991.

68 Superintendent Wilisch, zugegebenermaßen kein unparteiischer Beobachter, kommentierte 1739: »Dahingegentheils ein armer Hand-Werck- oder Bauers-Mann alle Sechs Tage in der Wochen und eben auch von frühe Morgens an, aber nicht 6, 8 Stunden, sondern bis in den sinkende Nacht arbeiten muß und gleichwohl nach Abzug seiner Steuern und Gaben bey seiner auch Blutsauern Mühe und Arbeit nicht soviel erwirbet oder erübriget, was offtmahls der geringste Bergmann doch erwerben und vor sich entübrigen könnte.« Zitiert nach Wappler, *Streitag*, S. 35f.

69 Zimmermann, *Berg-Academie*, S. 148.

70 Delius, *Anleitung*, S. 131.

»Da es Häuer giebt, die auf den Betrug sehr abgerichtet sind, so geschieht es zuweilen, daß sie in einem Monate wenig ausschlagen, ungeachtet sie hierdurch an ihrem Verdienste verlieren; nur um es dahin zu bringen, daß man ihr Gestein für fest ansehen, und ihnen künftig ein höheres Verdinge machen soll, damit sie als denn nach ihrer Gelegenheit dabey faulenzten, und doch auf einen guten Lohn kommen können.«⁷¹

Einige Häuer hatten offenbar Stellschrauben des Rechensystems erkannt und nutzten ihr überlegenes Wissen vor Ort zum eigenen Vorteil. Für die Beamten ergab sich damit ein epistemisches Wettrüsten, denn »[w]enn man sich also nicht will betrügen lassen, so muß man ein guter Kenner des Gesteins seyn, um zu wissen, was sie bey gehörigem Fleiße hätten ausschlagen können.«⁷² Delius empfahl als Gegenmittel gegen den mangelnden Fleiß der Arbeiter fleißige Übung seitens der Beamten; Werner entwickelte sein Fünf-Stufen-Schema, um diesen Lernprozess abzukürzen.

Wissensgenese im Modus der Extraktion

Der frühneuzeitliche Bergbau brachte eine gelehrte Beschäftigung mit Handarbeit hervor. Speziell im 18. Jahrhundert verbanden sich hier heterogene Wissensbestände wie das Erfahrungswissen »vor Ort«, mineralogische Erkenntnisse, mechanische Theorien und geognostische Betrachtungen. Diese akademische Suchbewegung trug noch verschiedene Namen, darunter »Bergbaukunde«, »Gewinnkunst« oder auch »Beschreibung derer Handarbeiten«. Der intensive Kontakt zwischen Gelehrten und Praktikern war hierfür wichtig, was sowohl zum Handel von Wissen und zur Hybridisierung von Wissensträgern führte. Diese Modelle, von Pamela Long und Ursula Klein in die Wissenschafts- und Technikgeschichte des vorindustriellen Bergbaus eingeführt, können zum Beispiel die Interaktion zwischen akademisch ausgebildeten Beamten und Kunstmeistern (Bergbaumechanikern) präzise fassen.⁷³ Bei der Umwandlung speziell von Arbeiterwissen in Arbeitswissenschaft scheinen beide Modelle hingegen weniger gut zu passen. Wie andere kameralistisch geprägte Denker versuchte Werner dem Staat damit zu dienen, dass er das Wissen von Praktikern neu ordnete. Wenn man die Griffe, Kniffe und Stoffe der Handarbeiter untersuche und systematisiere, so die Grundannahme auch beim Technologen Beckmann, könnte man deren Arbeit nützlicher organisieren.⁷⁴ Longs These zielt auf eine bestimmte, nicht-zünftisch verfasste Gruppe von Technikern ab (»engineer/architects, not shoemakers«, »surveyors not farmers«)⁷⁵, da nur diese ein genuines Interesse am Austausch mit Gelehrten hatten. Bei Werners Aneignung und Aufbereitung von Häuerwissen scheint ein solcher Austausch auf Augenhöhe schwer vorstellbar, weil der Vorgang gerade dazu

71 Ebd., S. 133.

72 Ebd.

73 Siehe etwa [August Friedrich] Wappler, Oberberghauptmann von Trebra und die drei ersten sächsischen Kunstmeister Mende, Baldauf und Brendel, Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins 41 (1905), S. 69–178.

74 Johann Beckmann, Anleitung zur Technologie, Vorrede.

75 Long, Trading Zone, S. 842.

dienen sollte, die Hierarchie zwischen Kopf und Hand zu bestärken. Arbeiter waren manchmal Gesprächspartner, vor allem aber Objekt der neuen Wissenschaft.

Dieser Umstand lässt auch die von Klein beobachtete Hybridisierung präziser fassen. Beamte und Gelehrte hybridisierten Wissen weniger, um mechanische und chemische Arbeiten selbst auszuführen, sondern um Untergebene bei deren Ausführung genauer zu kontrollieren.⁷⁶ Das intellektuelle Meistern von Prozessen ging Hand in Hand mit der Lenkung von Arbeitskraft. Zwar bot der vormoderne Bergbau den Häu-ern anders als die Fabrik des 19. Jahrhunderts noch Freiräume, ihre Arbeitsintensität und Bezahlung selbst zu regulieren – nicht zuletzt weil »Gestein« so schwer zu fassen war.⁷⁷ Jedoch lief das epistemische Projekt der Bergbaukunde (und darin enthalten Werners Gesteinskunde) letztlich auf eine Beschneidung ihrer Handlungsfreiheit hinaus. Das Projekt entspricht damit Vorgängen in der sächsischen Bergverwaltung, wo Wissen ebenfalls in einer deutlich ausgeprägten sozialen und funktionalen Hierarchie generiert wurde.⁷⁸ Die Beobachtungen selbst von einfachen Arbeitern wurden von Beamten bei Inspektionen extrahiert, über Berichte in den Schriftverkehr eingespeist, zentral aufbereitet und kehrten schließlich in Form von Plänen und Anweisungen an die Arbeiter zurück. Auf der anfangs besprochenen Vignette (Abb. 1) bahnt sich ein solcher Zirkelschluss gerade an: Drei Beamte nähern sich dem Bergmann, um dessen Bericht zu hören und ihm Anweisungen zu geben.

Sebastian Felten ist Historiker mit Schwerpunkt auf Finanz, Wissenschaft und Bürokratie im neuzeitlichen Europa. Er ist Universitätsassistent an der Universität Wien und war Fellow am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin. Gegenwärtig arbeitet er zu Geld als sozialer Technologie und zu Wissensarbeit im mitteldeutschen Bergbau.

E-Mail: sebastian.felten@univie.ac.at

76 Klein weist ausdrücklich auf die hohe Arbeitsteilung im Bergbau hin, die auch eine Differenzierung von Wissensarten mit sich brachte. Klein, *Hybrid Experts*, S. 286.

77 Zumindest wenn man dem eifrigen Superintendenten Wilisch Glauben schenken will, zog der Bergmannsberuf daher Männer aus anderen Beschäftigungen an: »Daher es denn auch kommt, daß wenn ein BauersKnecht oder Handwercks-Geselle nicht den gantzen Tag arbeiten oder sonst nicht gut thun, auch nicht ein Soldate werden wil, er sich auf das Bergwerck gleichsam als auf ein faul Handwerck legt und darbey ein beßer Leben zu haben vermeynet.« Zitiert nach Wappler, *Streittag*, S. 35–36.

78 Siehe die Beschreibung der Generalbefahrung oben und ausführlicher Sebastian Felten, *The History of Science and the History of Bureaucratic Knowledge: Saxon Mining, circa 1770*, in: *History of Science* 56 (2018) 4, S. 403–431.