

## **Mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Bergbau im Harz und seine Einflüsse auf die Umwelt**

Christoph Bartels

DMT-Forschungsinstitut für Montangeschichte,  
Deutsches Bergbau-Museum,  
D-44791 Bochum

Not only during the industrial age have mining and metallurgy strongly influenced environmental developments. Since the beginning of mining activities and smelting ores, parts of the processed minerals, especially various heavy metals, have been lost during various technical operations and been distributed by water and wind over large areas. A good example for the Middle Ages and thereafter was the silver, lead, and copper mining district of the Harz Mountains in northeastern Germany. Environmental problems caused by the activity in this mining center have been known since the Renaissance. The rivers transported sandlike lead minerals over long distances, which were distributed over large areas by floods, especially in spring when the snows melted. The lead got into the food of various farm animals and poisoned them, as we know from the complaints of inhabitants of the area to the authorities particularly during the 17th–19th centuries. These environmental problems have been the subject of scientific studies as early as the first half of the 19th century.

## **Bremen 1982: Blei im Auenlehm**

Der Bergbau und die Weiterverarbeitung seiner Produkte begannen vor rd. 30000 Jahren mit Rotockergewinnung zu kultischen Zwecken. Von der jüngeren Steinzeit an gewann der Bergbau, zunächst auf Feuerstein, dann auf Buntmetalle und schließlich Eisen, rasch an Bedeutung. Diese Aktivitäten beförderten Mineralkomponenten an die Erdoberfläche, die naturgegeben in die Gesteine des tieferen Untergrundes eingeschlossen sind und durch Erosion nur in geringer Menge in die Gewässer, die Oberflächensedimente und die Lufthülle gelangen. Die Bergbauaktivität reichert sie dagegen rasch im Oberflächenmilieu an. Auch wenn die Montantätigkeit erlischt, wirken ihre Folgen fort, und sie beeinflussen auch Regionen fernab von den montanistischen Produktionszentren. Kulturell wirkte die Montantätigkeit – gerade der frühen Metallzeitalter – zutiefst prägend mit noch heute wahrnehmbaren Spuren im Denken und den Mythologien der unterschiedlichsten Kulturkreise [1, 2].

Eine Überschwemmung des Jahres 1982 legte bei Bremen junge Auenlehm-Schichten frei. Sie wurden von ca. 1350 an sedimentiert und bilden die Folge einer intensiven Rodungstätigkeit im Wassereinzugsbereich des Flußsystems Weser-Aller-Fulda, das die Mittelgebirgsregionen u. a. des westlichen Harzes, Sollings, Teile des Hessischen Berglandes sowie das östliche Sauerland entwässert. Die Geologen fanden in den Lehm-schichten Konzentrationen von Zink, Blei, Kupfer, Arsen, Cadmium, Chrom und Nickel, die die üblichen Background-Werte des Raumes Bremen in den Maxima um das bis zu 250fache überschritten [3].

Die genannten geographischen Regionen wiesen im Mittelalter und in der frühen Neuzeit intensive Montantätigkeit auf. Im Westharz finden wir die Bergbau-reviere des Rammelsberges bei Goslar und des Oberharzes. Der Solling ist ein altes Gebiet der Eisenpro-

duktion. Im Hessischen Bergland wurde um Riechelsdorf und Sontra Kupferschiefer abgebaut und verarbeitet, im westfälisch-waldeckischen Grenzgebiet wurden verschiedene Bunterze genutzt. Hier konzentrierten sich seit dem Frühmittelalter die Besitztümer des Klosters Corvey, die besonders im Hoch- und Spätmittelalter ein Zentrum der Montanaktivität bildeten [4]. Der Harz mit dem Goslarer Rammelsberg, den Oberharzer und den Ostharzer Gangerzvorkommen, ist in der mittelalterlichen schriftlichen Überlieferung um 970 als erstes in Mitteleuropa lokalisierbares Bergbau-revier bezeugt. Archäologische Forschungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Montanaktivitäten bedeutend weiter zurückreichen als die urkundlichen Ersterwähnungen. Eine schon bronzezeitliche Bergbau- und Verhüttungstätigkeit im Harzraum ist nicht unwahrscheinlich [5, 6].

Die Befunde im Auenlehm bei Bremen belegen die nachhaltige und raumausgreifende Umweltbeeinflussung durch das Montanwesen weit über den Rahmen der engeren Produktionsgebiete hinaus schon im Mittelalter. Die erwähnte Rodungstätigkeit steht im Zusammenhang mit dem Bergbau: Die Wälder wurden zur Gewinnung von Holzkohle für die Verhüttung, von Grubenholz für die Bergwerke und aufgrund des häuslichen Bedarfs der Bergleute großflächig abgeholzt. Letzterer verursachte Rodungen im Vorland der Gebirge, denn z.B. im Harz war eine Feldwirtschaft nicht möglich; die Erzeugung von Getreide, Gemüse und Früchten für die Bergbaubevölkerung erforderte Anbauflächen im Umland. Die großflächige Rodungstätigkeit, die sich in der Bildung der Lehmschichten am Unterlauf der Weser manifestiert, war also wesentlich Folge der Montantätigkeit [7].

## **Göttingen 1822: Eine preisgekrönte Umweltstudie**

Im Jahr 1822 erschien eine preisgekrönte Abhandlung des „Königlich Großbritannisch-Hannoverschen Ökonomie Rathe(s) und Physiographen des Königreichs Hannover“, Georg Friedrich Wilhelm Meyer, über „die Verheerungen der Innerste im Fürstenthume Hildesheim“. Eine nicht abreißende Folge von Klagen und Beschwerden von Anrainern der Innerste über eine großflächige Versandung der an den Fluß angrenzenden Wiesen und Äcker nach Überschwemmungen und über die Ablagerung giftiger Minerale, die, mit der Nahrung aufgenommen, Großvieh und Geflügel oder Kaninchen verenden ließen und das Pflanzenwachstum beeinträchtigen, erreichte die Behörden schon seit dem 17. Jahrhundert. Schon um 1750 und erneut um

1775 war man seitens der Obrigkeit bemüht, die exakten Ursachen der beklagten Umstände zu ergründen und Abhilfe zu schaffen [7, 8].

Seit dem Ende des 16. Jahrhunderts war im Erzbergbau des Harzraumes das „Naßpochen“ der Roherze gängige Aufbereitungstechnik. Das grob von anhaftendem taubem Material befreite Erz wurde nach dem Ausklauben reiner Erzstücke in wasserradgetriebenen Pochwerken aufbereitet, wobei schon der Pochvorgang im strömenden Wasser erfolgte. Es führte das zerkleinerte Gut mit und leitete es in ein System von Schlammgräben, zwischengeschalteten sogenannten Herden mit Tuchbespannung usw., mit deren Hilfe eine fortschreitende Schwerkraftsortierung von Erzbestandteilen und leichterem taubem Material in verschiedenen Korngrößen erreicht wurde. Die tauben Abgänge an Pochsand entließ man in die Gewässer. Jahr für Jahr wurden z.B. im Oberharz-Revier von etwa 1680 an zwischen 80000 und 120000 t an Roherzen verarbeitet; weit über die Hälfte dieser Materialien gelangten als Pochsand in die Gewässer des Westharzes und damit letztlich in die Innerste [8]. Überschwemmungen verteilten regelmäßig große Mengen dieses Sandes über weite Flächen. Unklarheit herrschte über die vermuteten Vergiftungen durch mitgeführte Mineralien und über die Einwirkungsweise dieser Stoffe auf Pflanzen und Tiere. Besonders bei der sehr feinen Fraktion des Pochgutes gelang die Schwerkrafttrennung von Erz und taubem Material nur ungenügend. Insbesondere Bleiglanz (PbS) gelangte in beträchtlicher Menge in die Gewässer. In den Jahren um 1820 lagen die Verluste noch bei 25% der Roherzmenge. Aufbereitungsfachleute schätzen, daß 100 bis 150 Jahre zuvor bis zu 75% Erzverlust in der naßmechanischen Aufbereitung zu verzeichnen waren [9]. Ein großer Teil der Sande und Erzurückstände lagerte sich im Innerstebett und an den Ufern zunächst ab. Hochwässer mobilisierten große Massen dieser Sedimente, und durch Akkumulation vergrößerte sich das Problem im Lauf der Zeit. Meyer berichtet, daß man 1806 wegen dieser Probleme Vermessungsarbeiten für 8000 Taler durchführen ließ und Wasserbaumaßnahmen für 810000 Reichstaler plante – eine gewaltige Summe. Die politischen Entwicklungen am Ende der napoleonischen Ära verhinderten allerdings eine Umsetzung der Pläne [8].

Meyers Studie belegt nicht nur den Umstand, daß die Umweltbelastung durch gewerbliche Produktionstätigkeit schon zu Anfang der Industrialisierung in betroffenen Regionen ein erstrangiges Politikum bildete. Sie ist in ihrer Faktorenanalyse, umfassenden Problem-sicht und methodischen Flexibilität bis heute lesenswert und lehrreich. Meyer führte 175 Experimente an Tieren und Pflanzen durch, die zu folgenden Ergebnissen führten: Als toxisches Potential wirkte vor allem

das Blei. Es wurde nicht als wäßrige Lösung über weite Flächen bis in mehr als 50 km Entfernung vom Harz verbreitet, sondern in Form winziger Partikel mechanisch im Gewässernetz transportiert. Meyer war zunächst erstaunt, daß frischer Pochsand mit erheblichem Bleiglanzanteil in beachtlichen Mengen Versuchstieren mit der Nahrung verabreicht werden konnte, ohne daß sich erkennbare Folgen einstellten, während sie bei der Aufnahme entsprechender Mengen aus alten Pochhalden nach wenigen Tagen verendeten. Es stellte sich heraus, daß bei längerer Ablagerung die Umwandlung der sulfidischen Bleierzkörner in oxidische und karbonatische Bleiminerale rasch fortschritt. Diese sind im Gegensatz zu den Sulfiden durch die tierischen Verdauungsfermente recht gut löslich und können daher vom Organismus resorbiert werden, was zu Bleivergiftung führt. Damit hatte Meyer zugleich den entscheidenden Schritt im technischen Prozeß aufgedeckt: die feine naßmechanische Zerkleinerung der Erze in den Pochwerken. Zusätzlich erkannte er die Schäden durch den Hüttenrauch in der engeren Region der Erzhütten als Folge des Ausstoßes oxidischer Bleistäube mit den Abgasen [8].

## Das Mittelalter: Kahlschlag der Wälder

Daß die mittelalterliche Montanwirtschaft des Harzraumes nicht, wie etwa der Flottenbau der griechisch-römischen Antike im Mittelmeerraum, zu einer dauerhaften Denudation des Gebirges führte, schreibt Rolf J. Gleitsmann allein klimatischen Faktoren zu [7, 10]. Eine Goslarer Urkunde von 1219 benennt erstmals die „Woldlude“ (Waldleute, *silvani*) des Harzgebirges, Berg- und Hüttenleute, denen bestimmte Privilegien eingeräumt wurden. Ein Vertrag zwischen dem Herzog Albrecht von Braunschweig, Grubenbetreibern im Harzraum und Goslarer Stadtbürgern von 1271 gewährt detaillierteren Einblick in den mittelalterlichen Montanbetrieb [11, 12]: Ein „berchwerk“ bzw. „berch“ soll 13 Gruben umfassen, zwischen denen je ein Sicherheitspfeiler stehenbleiben muß. Ein solcher Berg ist mit einer Holzberechtigung ausgestattet, die sich vom Mundloch des Entwässerungsstollens bis zur Grenze des eigentlichen Grubenfeldes erstreckt. Damit wird schon 1271 der Stollen („aghetucht“ der Urkunde, von mittelhochdeutsch *acha* = Wasserlauf und *tuhan* = ziehen, abziehen, wohl gleiche Wurzeln wie lateinisch *„aquae ductus“* – künstlicher Wasserlauf) als gewöhnlicher Bestandteil eines Bergwerkes im Harz angesehen. Dies belegt die Notwendigkeit zur Wasserhaltung in den Gruben mit Hilfe von Abzugsstollen. Der älteste Stollen des Rammelsberges, der seit dem 15. Jahrhundert „Ratstiefster Stollen“ genannt wird,

ist ebenso in der Urkunde erwähnt wie das „Wasserziehen“ als wichtige bergbauliche Tätigkeit. Zusammengekommen ergibt sich eine erhebliche Ausdehnung der technisch schon aufwendigen Bergwerke nicht nur am Rammelsberg, sondern auch im Waldgebirge des Harzes. Die Grubenbetriebe hatten einen beträchtlichen Holzbedarf, und dieser Rohstoff war knapp [7].

Der Chronist des Bergbaus im Wolfenbütteler Harzanteil während des 16. Jahrhunderts, Hardanus Hake aus Wildemann im Harz, betonte um 1580, daß ausweislich der Spuren in der Landschaft der mittelalterliche Bergbau sehr ausgedehnt war. Im Bereich des Hauptganges zwischen Wildemann und Zellerfeld, im Hüttschentäl und am Wildemanner Hüttenberg, im Spiegeltal und an der Innerste, bei Lautenthal und Hahnenklee sowie auf der Bockswiese habe der mittelalterliche Bergbau einen Schacht neben dem anderen niedergebracht; einige dieser Zeugnisse haben sich bis heute erhalten [13]. Hake unterstrich die Bedeutung der mittelalterlichen Aktivität im Oberharz nachhaltig, und war interessanterweise der Meinung, daß dort bald nach dem Jahr 1000 ein sehr lebhafter Betrieb geherrscht habe. Zu Kaiser Heinrichs Zeiten (gemeint ist Heinrich II, König 1002–1024, Kaiserkrönung 1014, erste Reichsversammlung in Goslar 1009), als Goslar noch ein bloßes „Bergdorff“ gewesen sei, hätten die Montanbetriebe im Oberharz floriert. Hake war der Meinung, daß die zu seiner Zeit noch sichtbaren Zeugnisse des mittelalterlichen Bergbaus im Gelände eine Montanaktivität belegten, die vom Umfang her weit über das hinausgingen, was sich nach einer Periode des Stillstandes zwischen etwa 1360 und 1480 bis zur Zeit der Abfassung der Chronik (vollendet 1583) wieder entwickelt hatte. Es sei eine große Bevölkerung im Oberharz vorhanden gewesen, wie man an allen alten Bergbaurelikten und den verfallenen Hofstätten ablesen könne [13].

In seiner Berichterstattung über das 16. Jahrhundert und die Wiederaufnahme der Oberharzer Bergbauaktivität ist Hake äußerst zuverlässig. Was er an Beobachtungen über die dinglichen Hinterlassenschaften des Mittelalters festhielt, muß folglich ernstgenommen werden. Die mittelalterlichen Hütten des Harzraumes – über 100 urkundlich erwähnte Standorte sind bekannt – sowie der Bergbau entfalteten einen gewaltigen Holzbedarf [14, 15]. Man fand bei der frühneuzeitlichen Wiederaufnahme von Gruben, daß im Mittelalter selbst Haselstämmchen, Weiden und Birken für den Grubenausbau benutzt wurden, was schon Hake als ein Zeichen für schwere Holzknappheit wertete (Fig. 1). Seiner Meinung nach wäre der Montanbetrieb im Oberharz auch ohne eine schwere Pestepidemie um 1350 zum Erliegen gekommen – wegen Holzmangels. Angesichts der Entwicklung in anderen Revieren, wie z. B. dem Oberpfälzer Zentrum der Eisen- und Stahl-



Fig. 1. Auszimmerung einer Strecke im Erzbergbau des 17. Jahrhunderts, die lichte Höhe der Baue beträgt ca. 1,50 m. Die Verwendung ungeschälter Stämme von Pappeln, Birken, Weiden und Kirschbäumen konnte festgestellt werden. Die Verwendung dieser Baumarten zur Grubenzimmerung ist ganz ungebräuchlich und belegt Holzangel. Viele 1000 m<sup>3</sup> Raum unter Tage waren in dieser Weise ausgebaut, der Holzbedarf enorm. Grube „Glückauf“ bei Straßberg/Harz. (Alle Fotos: Deutsches Bergbau-Museum Bochum)

erzeugung des Mittelalters [16], erscheint dies durchaus realistisch.

Der Bergbau litt unter gravierenden Wasserhaltungsproblemen, die mit der Ausdehnung der Grubenbaue bald mehr und mehr den Betrieb behinderten. Gesah es unter solchen Umständen, daß ein exogenes Ereignis wie die Pest oder ein für den Harz auch vermuteter großflächiger Waldbrand eine Zeitlang den Grubenbetrieb stocken und die Baue voll Wasser laufen ließ, so konnte das einer Katastrophe gleichkommen: Wo es gerade noch gelungen war, die stetigen Wasserzuflüsse zu beherrschen, war es ein Ding der Unmöglichkeit, zusätzlich Hohlräume von oft vielen 1000 Kubikmetern Rauminhalt wieder vom Wasser zu befreien. Im Rammelsberg vergingen zwischen der Überflutung der tiefsten Baue rd. 160 m (!) unter der Oberfläche um 1300 und ihrer erneuten Öffnung mehr als 280 Jahre: Erst nach Vollendung des „Tiefen Julius Fortunatus Stollens“ nach 100jähriger Bauzeit im Jahr 1585 wurden sie wieder zugänglich [17].

Die Metallproduktion des Hochmittelalters war in den Zeitverhältnissen sehr umfangreich: 1128 wurden z. B. 700 Zentner Kupfer des Rammelsbergs zur Bedachung des Bamberger Domes geliefert. In Goslar selbst war der 1047 bis 1050 erbaute Dom mit Kupfer gedeckt, wozu man ca. 650 Zentner benötigt haben dürfte. Die-

se Ziffern belegen, daß das Montanwesen im 11. und 12. Jahrhundert eine hohe Leistungsfähigkeit besaß. Goslarer Kupfer gelangte in die Zentren der Messingherstellung in der Wallonie und Nordostfrankreich, nach England und Rußland (z. B. Nowgorod) [11, 17]. Zusammenfassend ist also zu sagen: Schon der mittelalterliche Bergbau belastete die Umwelt erheblich. Mit dem Hüttenwesen zusammen beanspruchte er den Wald über die Grenze der Regenerationsfähigkeit hinaus in ausgedehnten Gebieten. Der Zwang zu Betriebs Einschränkungen in Montanrevieren aus diesem Grund ist nicht nur aus dem Harzraum bekannt. Die Landschaft wurde im unmittelbaren Feld der Bergwerke tiefgehend und auf größeren Flächen durch Schächte, Halden, Tagebaue, Wasserkraftanlagen usw. umgestaltet. Diese Spuren sind noch heute vorhanden, sofern sie nicht von jüngerer Aktivität überprägt wurden. Der Eintrag von Metallverbindungen in die weite Umgebung blieb bis heute meßbar. Das Pflanzenkleid des Harzgebirges veränderte sich in seiner Artenzusammensetzung unter dem Einfluß der Montanwirtschaft dauerhaft [10].

## An der Zeitwende: Mord an der Mutter Erde?

Ein Bericht L. Erckers (1528/30–1594, zuletzt Oberst-münzmeister des Königreichs Böhmen) von 1565 über den Rammelsberg zeigt, daß sich mit diesen Eingriffen des Mittelalters schon ein Phänomen herausgebildet hatte, das bis heute ein zentrales Umweltproblem des Erzbergbaus darstellt: Die Bildung saurer Wasser, die das Gewässernetz auf oft weite Strecken schwer beeinträchtigen können. Das Wasser, das sich in den über Jahrhunderte hinweg entstandenen Grubenbauen des Rammelsbergs sammelte und über den Abzugsstollen der Gose und Oker zugeführt wurde, sei so aggressiv, daß es Löcher in die Kleidung fresse. Das aus dem Berg austretende Wasser vergiftete die Oker, wo zwei Meilen flußabwärts vom Punkt der Einleitung keine Fische mehr leben konnten [18].

Wie das erste Kapitel in Georgius Agricolas 1556 publiziertem Hauptwerk „de re metallica libri XII“ [19] verdeutlicht, debattierte man seinerzeit generell über Nutzen und Schaden des Bergbaus für die europäische Gesellschaft der Zeit. Gut ein halbes Jahrhundert zuvor, um 1485, hatte Paulus Nivis aus Schneeberg im Erzgebirge in Gestalt seiner Allegorie „Iudicium Iovis“ – Gericht der (antiken) Götter über den (Renaissance)-Bergbau – die erste gedruckte Auseinandersetzung mit dem Montanwesen in Deutschland veröffentlicht. Dort werden die Menschen angeklagt, ihr Berg-

bau sei eine schleichende Form des Mordes an der Mutter Erde, indem es heißt: „Die Erde trägt ja Jahr für Jahr Früchte . . . allein um des Menschen willen bringt sie das alles hervor. Aber mit dieser Güte nicht zufrieden dringt der Mensch in die Eingeweide seiner Mutter ein, er durchwühlt ihren Leib, verletzt und beleidigt alle inneren Teile. So zerfleischt er schließlich den ganzen Körper und lähmt dessen Kräfte völlig“. Es war das seit etwa 1470 in einem goldrauschartigen Boom neuerdings sich entfaltende Montanwesen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges, das hier als Mord an der Mutter Erde angeklagt wurde [20].

## Beginnende Neuzeit: technische Netzwerke überwachen die Landschaft

Die Bergbauaktivität der frühen Neuzeit schrieben sich insbesondere durch die Nutzung der Wasserkraft in die Landschaft ein. Schon im Mittelalter bemühte man sich vielerorts darum, mit Hilfe von Wasserhebe-maschinen der Probleme mit dem Grubenwasser Herr zu werden. Erfolge stellten sich vom ausgehenden 15. Jahrhundert an ein [23]. Die Konstruktion von Gestängepumpen mit Wasserradantrieb um 1540 legte den Grundstein für eine tiefgehende Veränderung im Bereich der Wasserhaltung, die fortan bis in erhebliche Tiefen – bis etwa 250 m unterhalb der Ebene des Ab-

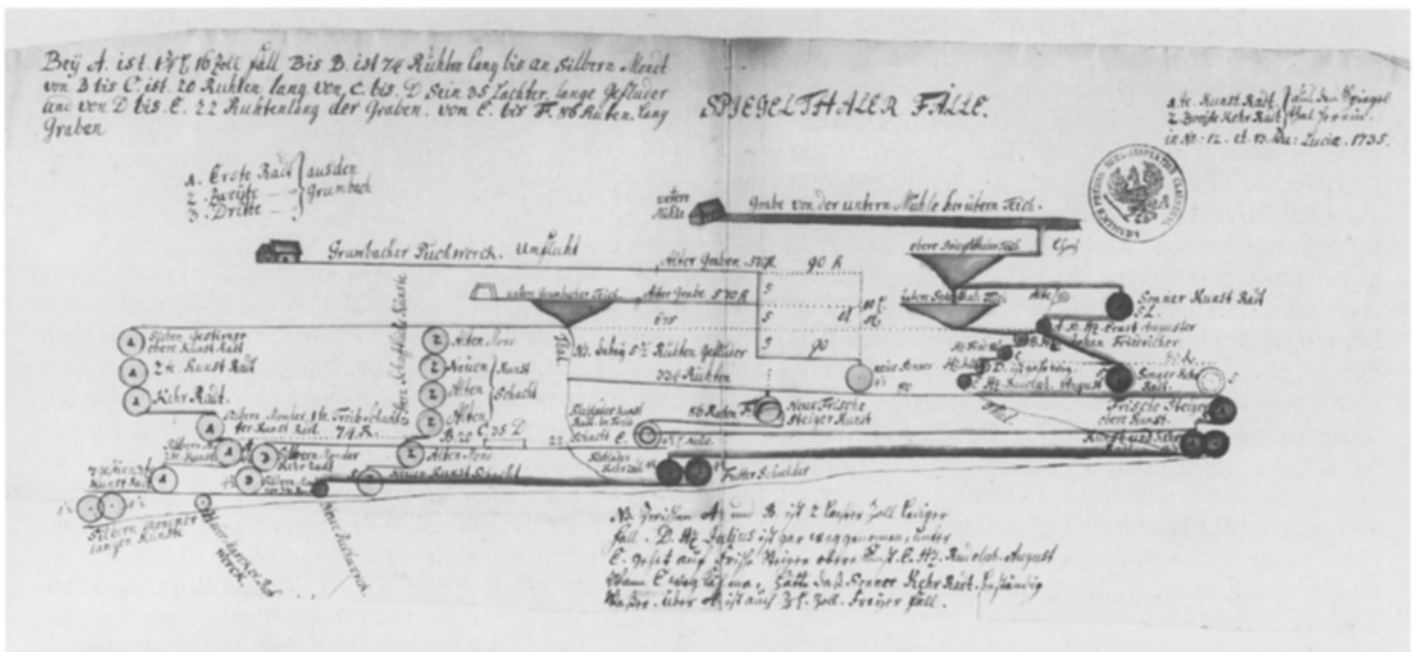


Fig. 2. Systematik der Wasserkraftanlagen im Spiegeltal bei Wildemann/Oberharz 1735. Die großen Wasserräder für den Betrieb der „Künste“ (Pumpenanlagen) haben rd. 12 m Durchmesser und leisten jeweils um 7,5 PS, die kleineren Räder dienen dem Antrieb der Pochwerke (Original: Oberbergamt Clausthal)

flusses mit natürlichem Gefälle – maschinell bewältigt werden konnte. Das ebenfalls zunächst zur Wasserhaltung eingesetzte Kehr- oder Doppelrad – mit doppeltem Schaukelkranz für wahlweise Rechts- oder Linksdrehung durch Aufgabe des Wassers auf den entsprechenden Kranz – wurde von etwa 1620 an zunehmend auch zur Erzförderung in den Schächten eingesetzt. Im Oberharz deutet diese Mechanisierung auch der Schachtförderung vor allem auf einen Übergang von der Gewinnung geringer Quantitäten von Erzen mit relativ hohem Edelmetallgehalt zu dem massenhaft vorhandenen, vergleichsweise silberarmen Bleiglanz (0,03–0,07% Ag im aufbereiteten Erz) hin. Dieser Übergang wurde wirtschaftlich möglich durch ein neues, arbeitssparendes Verfahren im Erzabbau: das Pulversprengen. Es erlaubte eine erhebliche Beschleunigung und Vereinfachung der eigentlichen Erzgewinnung, besonders bei festem Gesteinsverband [7].

Dies hatte unter anderem zur Konsequenz, daß die Tiefe und Gesamtausdehnung der Bergwerke exponentiell anwuchs, was wiederum die Massen zu hebenden Wassers mindestens ebenso rasch anschwellen ließ wie die Mengen zu Tage zu fördernden Erzes und tauben Gesteins. Die Technik der maschinellen Wasserhebung wurde nun systematisch kombiniert mit der schon im Mittelalter praktizierten Entwässerung auch recht großer Bergwerksareale durch Stollen, auf deren Sohlen das Wasser aus tieferen Bauen mit den Maschinen hochgepumpt wurde. Für den Rammelsberg ist vom 14. Jahrhundert an die immer wiederholte Bemühung urkundlich gut belegt, das Bergwerk wieder zum Aufschwung zu bringen, indem man mit einer Maschine (anstatt durch Wasserknechte mit Schöpfgefäßen, die in einer Kette weitergereicht wurden) die Wasser zu heben versuchte. Am Anfang dieser Entwicklung stehen höchstwahrscheinlich mit Tret- oder Wasserrädern betriebene Eimerketten-Werke, die den Schöpfvorgang zu mechanisieren trachteten. Am Rammelsberg mislangen die Versuche immer wieder, erst im 15. Jh. erzielte man Teilerfolge, 1565 stellte sich durch den Einsatz der Gestängepumpen der endgültige Erfolg ein. Diese Entwicklung machte es auch wirtschaftlich wieder möglich, die Gruben weiter zu erschließen. Man vermochte nun, aus den wieder fließenden ökonomischen Gewinnen des Montanwesens den Bau neuer, tiefer angesetzter Entwässerungsstollen zu finanzieren. Die Installation von Wasserhebemaschinen oberhalb von deren Sohle ermöglichte es dann, erheblich unter diese neuen tiefen Stollensohlen vorzustößen und Erzreserven in größerer Tiefe großräumig aufzuschließen [24].

Das Antriebswasser für diese Maschinen konnte von der Tagesoberfläche in die Grubenbaue eingeleitet werden. Da die Räder vom höchsten Punkt, zu dem man Antriebswasser zu leiten vermochte, bis zum tiefsten

Niveau des Wasserabflusses über einen Stollen kaskadenförmig gestaffelt werden konnten, vermehrte eine Zunahme der verfügbaren gesamten Fallhöhe durch Anlage neuer tiefer Stollen auch die Zahl der einsetzbaren Wasserräder. Durch in mehreren Sohlen übereinander gestaffelte Stollen und Streckensysteme mit zahlreichen Verbindungsschächten wurde es möglich, das in den oberen Sohlen zudringende Grundwasser mit auf die Wasserräder zu leiten und so technisch nutzbar zu machen (Fig. 3). Die Notwendigkeit, die Wasser in möglichst tiefem Niveau abfließen zu lassen, führte zur Anlage von Stollen, die bis zu 30 km lang wurden und die Bergwerke eines immer größeren geographischen Bereichs miteinander verbanden. Sie versorgten sie mit Antriebsenergie für die Maschinen, führten das Grubenwasser ab und konnten bei geschickter Anlage für den Transport von Erz und Gestein mit Kähnen genutzt werden, wenn man das Gefälle entsprechend gestaltete und das Wasser zu einer gewissen Höhe aufstaute. Diese Entwicklung zwang die Bergwerke, technisch und wirtschaftlich immer enger zu kooperieren, und ließ sie schließlich zu einheitlichen Großunternehmen zusammenwachsen.

Die Wasserkraftnutzung beschränkte sich nicht auf die Gruben. Im Übergang zur Verarbeitung der erwähnten Massenerze wurde auch die Erzaufbereitung auf den Einsatz wasserkraftbetriebener Pochwerke umgestellt, wobei die Verarbeitung großer Bleiglanzmengen vor allem ab etwa 1630 den Aufwand in der Aufbereitungstechnologie stark anwachsen ließ – es entstand das Problem der anfangs besprochenen bleihaltigen Pochsande. In der Verhüttung blieb es beim Einsatz mit Wasserkraft betriebener Blasebälge.

## **Die frühe Neuzeit: Großtechnologie auf der Basis von Wasser und Holz**

Schon am Beginn des 17. Jahrhunderts wurde die Bergbaulandschaft durch die Wasserkraftmaschinen geprägt. Besonders charakteristisch waren die langen Pendelgestänge zur Kraftübertragung, die mittels Kurbelwellen in Translationsbewegung versetzt wurden und es erlaubten, die Räder in bis zu 1000 m Entfernung vom Verbrauchspunkt (zumeist einem Schacht) und auch in anderen Höhenniveaus zu installieren. Um die nötigen Antriebs-Wassermengen zu mobilisieren, wurden großflächige Wasserbaumaßnahmen erforderlich: Die Anlage von Wassersammelgräben, Stauteichen, Zufuhr- und Ableitungsgräben für die Wasserräder. All das mußte sich dem Diktat des Gefälles und damit den Gegebenheiten des geographischen Reliefs unterordnen. Durch Tunnel- und Aquäduktbau überlistete man die Tücken des Geländes. Um 1760



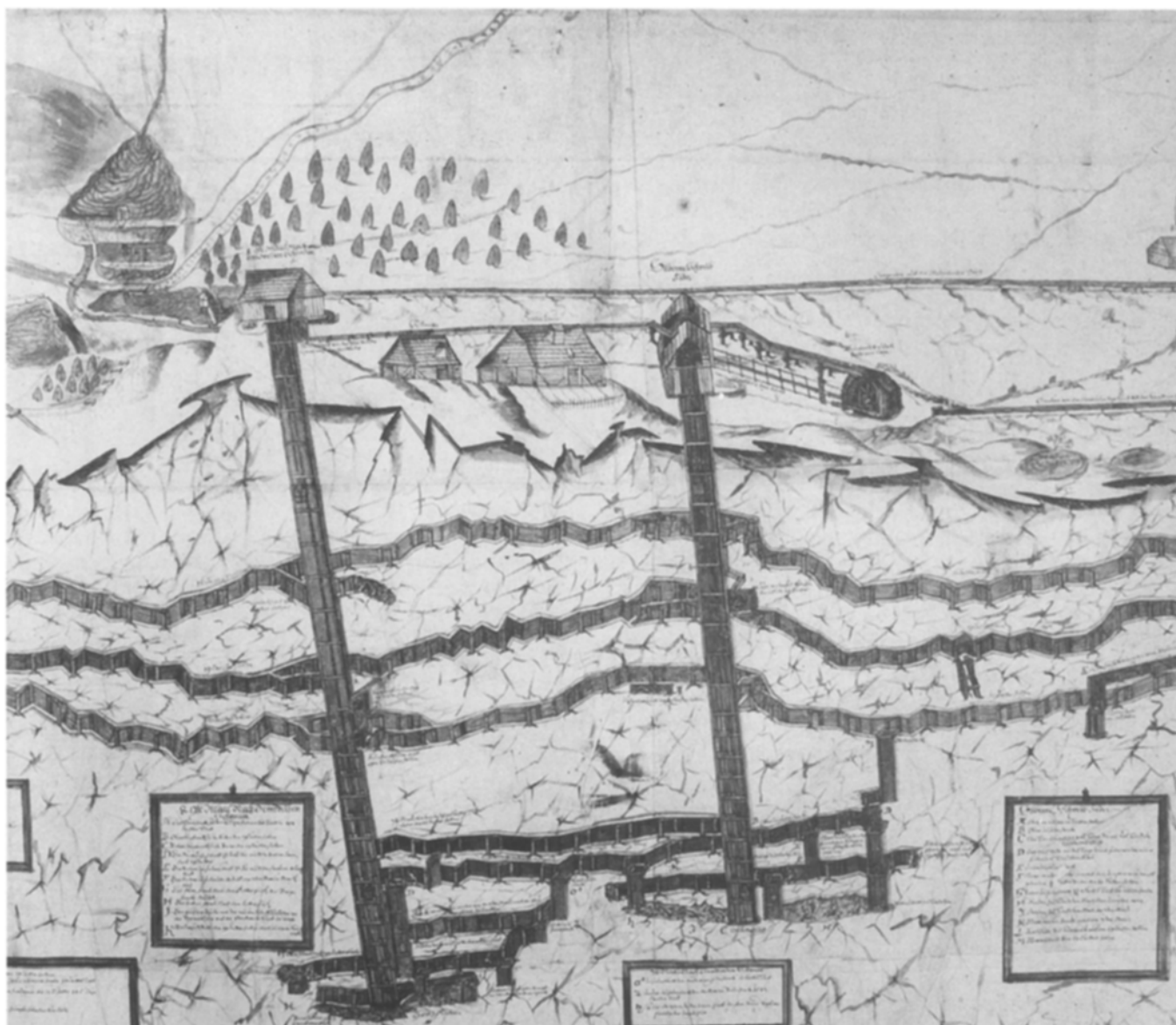


Fig. 3. Blockbildartiger Schnitt durch die Erzgruben „Silberne Schreibfelder“ sowie „8./9. Maaß nach dem Weißen Schwan“ bei Zellerfeld/Harz, 1661. Der Schacht links ist rd. 300 m (156 Lachter) tief. Die Oberfläche ist entwaldet, links bei den Stauteichen beginnt eine Wiederaufforstung (Markscheider Daniel Flach, 1661, Orig.: Preussag AG, Hannover)

war ein Stand erreicht, bei dem alle mobilisierbaren Wasserreserven angezapft und so weit wie möglich zum Bergbauggebiet umgeleitet waren. Insbesondere zwischen 1640 und 1740 glich der Oberharzer Raum einer gigantischen Baustelle, in der auf rd. 100 km<sup>2</sup> rd. 50 Teiche und kleine Stauseen angelegt und Verbindungsgräben durch die Landschaft gezogen wurden. Im Jahr 1600 gab es im Oberharz Wasserspeicher mit zusammen rd. 0,65 Mio m<sup>3</sup> Kapazität, 1640 waren es 1,15 Mio m<sup>3</sup>, dann trat Stagnation durch den Dreißigjährigen Krieg ein.

1632/33 fanden die ersten Pulversprengungen im Harz statt, und dies leitete eine explosive Entwicklung des Wasserbaus ein, da der Bedarf an Wasserrädern für die Pumpen und Fördermaschinen nun exponentiell anwuchs: Bis 1680 entstanden nicht weniger als 28 Teiche mit rd. 4 Mio m<sup>3</sup> Speicherkapazität neu. Im Kern des Grubenreviers im Oberharz waren 1680 36 erzfördernde Gruben in Betrieb, die mit rd. 1500 Beschäftigten jährlich um 80000 t Roherz förderten. Drei Stollenniveaus in rd. 70, 115 und 140 m Tiefe verbanden die Grubenbaue untereinander, die sich auf der Gangzone

über rd. 5,5 km erstreckten. 25 Stauteiche versorgten rd. 70 Wasserräder des Bergwerksbetriebs, die Weiterverarbeitung und Zulieferbetriebe waren mit gut der gleichen Zahl, allerdings meist kleinerer Räder, ins System eingebunden.

Die enorme Erhöhung des Wasserverbrauchs findet beim Holzverbrauch ihre Entsprechung. Holz und Holzkohle mußten bald aus weit entfernten Gebieten angeliefert werden. Der Bergbau- und der Hüttenbetrieb zusammen beanspruchten um 1750 Lieferungen bis zum Gebiet des Solling – womit er in Konkurrenz zum dortigen Eisenhüttenbetrieb trat [25]. Soweit es in den Möglichkeiten der Bergbautreibenden lag, wurde die gesamte Landschaft in ihrer forstlichen Nutzung und hinsichtlich ihrer Gewässergestalt systematisch umgebaut und auf die Funktion für den Bergbau hin organisiert (Fig. 4). Dieser Eingriff in die Naturhaushalte bezog sich auf erneuerbare Ressourcen. Es war nicht möglich, sich den Rhythmen der natürlichen Gegebenheiten zu entziehen. Die Menge der Niederschläge, die jahreszeitlichen Schwankungen, die Umtriebszeiten der Wälder – das waren unausweichlich zu beachtende Faktoren. Daher ist auf allen Ebenen die Überzeugung festzustellen, daß es wohl erlaubt sei, die Natur kunstvoll zu benutzen, aber unbedingt die Regenerationsfähigkeit des Gesamtsystems gewährleistet werden müsse. Die Verfügbarkeit der Energie definierte daher die Grenzen der Nutzung der Umwelt.

Doch zu Idealisierungen besteht kein Anlaß. Denn irreversibel waren die Folgen der Erzgewinnung und -verarbeitung selbst. Noch um 1820 gingen, daran sei hier erinnert, rd. 25% des Bleiglanzes in der Aufbereitung verloren. Das entspricht etwa dem Metallinhalt von 20000 t Roherz. Das Erzbergwerk Grund bei Bad Grund im Harz, das seit 1930 allein die Oberharzer Gangerzlagertstätten noch abbaute, erreichte in seiner letzten Betriebsphase nach dem Zweiten Weltkrieg in den Jahren zwischen 1975 und 1985 den Höhepunkt der Roherzförderung mit um 430000 t pro Jahr. Die Metallverluste aus dem Fördererz lagen um 3%, d.h. bei den Metallgehalten von etwa 13000 t Roherz. Die Umweltbelastung fiel damit deutlich geringer aus als in früheren Jahrhunderten, wurde im übrigen durch Klärbecken und andere gezielte Rückhaltmaßnahmen von Oberflächen-Fließgewässern gezielt reduziert [9].

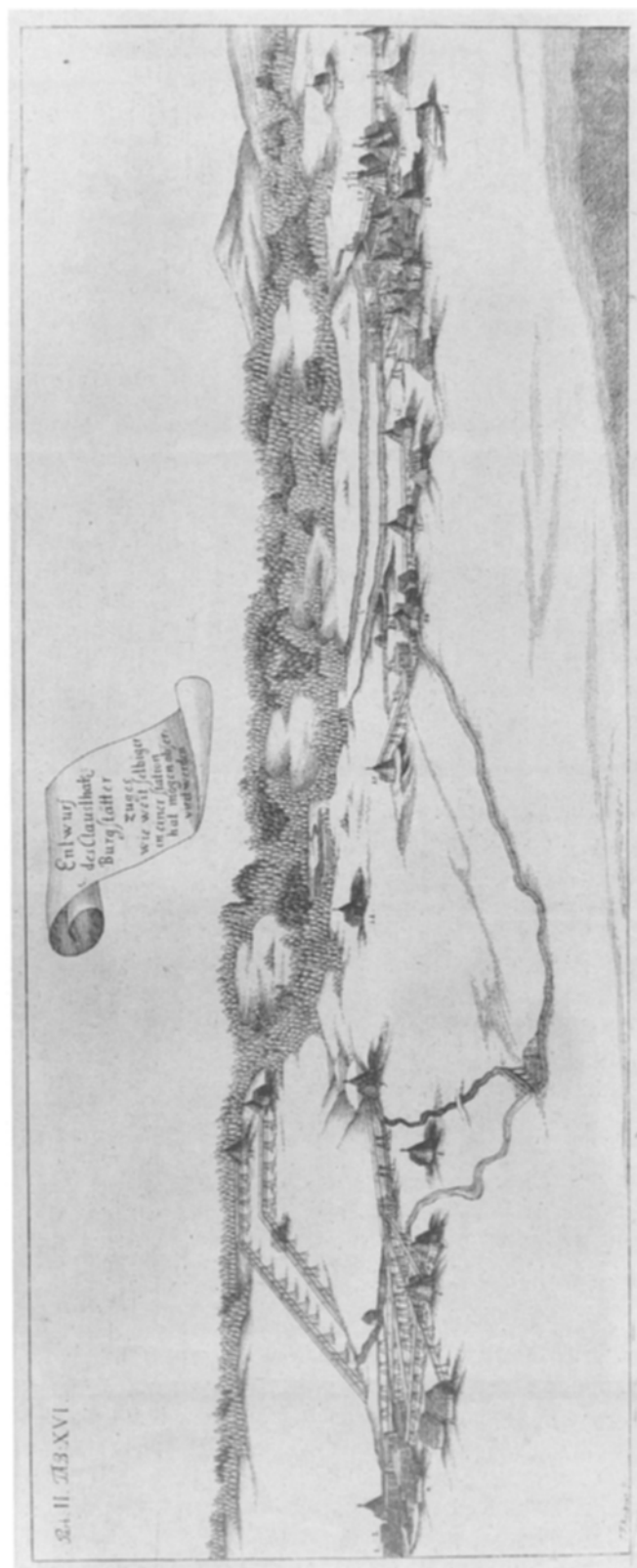


Fig. 4. Bergbaulandschaft in der 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts bei Clausthal/Harz (Burgstätt Gangzug) mit den Betriebsgebäuden und zahlreichen Pendelgestängen mit Wasserradantrieb, die die Pumpen der Bergwerke betrieben. Die kegelförmigen Gebäude der Pferde-Fördergöpel bezeichnen die Lage der Schächte. Länge des Geländeausschnitts ca. 3 km (aus: F.E. Brückmann, *Magnalia dei in locis subterraneis oder Unterirdische Schatz-Cammer. . .*, Braunschweig 1727, 2. Teil, Taf. 16; Orig.: Deutsches Bergbau-Museum Bochum)



Durchaus bekannt waren früh auch die Probleme der Luftverschmutzung durch die Hüttenabgase. Eine der frühesten Studien zur Luftverschmutzung mit ungewöhnlich präzisen Analysen der Wirkung von Hüttenrauch auf die Vegetation und der Schädigungsmechanismen im Detail, die in vielen Aspekten höchst moderne Fragestellungen aufwarf und methodisch in manchen Bereichen noch heute als wegweisend gelten kann, entstand schon im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts im Harzer Montanrevier [26].

## Ausblick

Bergbau bedeutet vom Anfang seiner Geschichte an massive und irreversible Eingriffe in die Naturhaushalte. Diese Eingriffe wurden früh schon als gravierendes Problem angesehen und immer wieder in der Gesellschaft debattiert. So im zitierten „Iudicium Iovis“ des Paulus Niavis am Ende des 15. Jahrhunderts. In seiner glänzenden Analyse des „Symbolfeldes des Bergbaus zwischen Sozialgeschichte und Psychohistorie“ resümiert H. Böhme die Bergbau-kritischen Argumente: „Die Erde, die den Menschen geboren habe, und in deren Schoß er zurückkehre, werde langsam durch ihn umgebracht, womit er folglich die Grundlagen seines eigenen Lebens zerstöre. Damit nimmt Niavis eines der ältesten und ehrwürdigsten Denkmuster der Menschheit auf, das bis zur wissenschaftlichen Revolution den Bergbau bestimmte und begrenzte: nämlich das Wissen um die Heiligkeit der Erde, den leiblichen lebendigen Charakter des Erdinneren und die Embryologie der Metalle in der Matrix (Gebärmutter) der Erde“ [22]. Niavis leugnete diese Sichtweise keineswegs. Das Urteil über den angeklagten bergbautreibenden Menschen, das die antiken Götter schließlich finden, ist nicht sonderlich optimistisch: Es sei seine naturgemäße Bestimmung, Bergbau zu treiben und der Mutter Erde diese Verwundungen zuzufügen und sich selbst damit allmählich die Lebensgrundlagen zu entziehen. Und es sei das menschliche Los, unwissend dessen zu bleiben, was letztlich sein, des Menschen, Bestes ist, verkündet die von Jupiter mit der Urteilsfindung beauftragte Fortuna am Schluß von Niavis' Dichtung, der damit eins gewiß nicht anhaftet: naiver Fortschrittsglaube.

1. Bartels, Ch., in: Meisterwerke bergbaulicher Kunst vom 13. bis 19. Jahrhundert, S. 14 (R. Slotta, Ch. Bartels). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum 1990

2. Fol, A., Lichardus, J.: Macht, Herrschaft und Gold. Das Gräberfeld von Varna (Bulgarien) und die Anfänge einer neuen europäischen Zivilisation. Saarbrücken: Saarland-Museum 1988
3. Ortlam, D., in: Neues Jb. Geol. Paläont. Monatsh., S. 489. Stuttgart: Schweizerbarth 1989
4. Bartels, Ch., in: Geologie und Bergbau im rheinisch-westfälischen Raum, S. 35 (Ch. Bartels, R. Feldmann, K. Oekentorp). Münster: Universitäts- u. Landesbibliothek 1994
5. Möller, H.H. (Hrsg.): Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, 9. Jg., 1989, H. 2, passim.
6. Segers-Glocke, C. (Hrsg.): Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, 12. Jg., 1992, H. 4, passim.
7. Bartels, Ch.: Vom frühneuzeitlichen Montangewerbe zur Bergbauindustrie. Erzbergbau im Oberharz 1635–1866. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum 1992
8. Meyer, G.F.W.: Die Verheerungen der Innerste im Fürstenthume Hildesheim nach ihrer Beschaffenheit, ihren Wirkungen und ihren Ursachen betrachtet, nebst Vorschlägen zu ihrer Verminderung und zur Wiederherstellung des versandeten Terrains, Teile 1, 2. Göttingen: C. Herbst 1822
9. Bartels, Ch.: Das Erzbergwerk Grund. Goslar: Preussag AG Metall 1992
10. Gleitsmann, R. J., in: Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert. Stand, Wege und Aufgaben der Forschung (Der Anschnitt, Beiheft 2), S. 24 (W. Kroker, E. Westermann (Bearb.)). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum 1984
11. Rosenhainer, F.: Geschichte des Unterharzer Hüttenwesens von seinen Anfängen bis zur Gründung der Kommunionverwaltung 1635 (Beiträge zur Geschichte der Stadt Goslar 24), Goslar 1968
12. Frölich, K.: Goslarer Bergrechtsquellen des früheren Mittelalters, insbesondere das Bergrecht des Rammelsberges aus der Mitte des 14. Jahrhunderts, Gießen 1953
13. Denker, H. (Hrsg.): Die Bergchronik des Hardanus Hake, Pastor zu Wildemann, Wernigerode 1911 (Quellenedition und Kommentar)
14. Klappauf, L., in: Siedlungen und Landesausbau zur Salierzeit, Teil 1, S. 211 (H. W. Böhme, Hrsg.). Sigmaringen: Thorbecke 1991
15. Bode, A., in: Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Hannover, S. 367 (K. Brüning, Hrsg.). Hannover 1928
16. Bergbau- und Industriemuseum Ostbayern (Hrsg.): Die Oberpfalz – ein europäisches Eisenzentrum. 600 Jahre große Hammereinnung. Amberg 1987
17. Bornhardt, W.: Geschichte des Rammelsberger Bergbaues von seiner Aufnahme bis zur Gegenwart (Archiv für Lagerstättenforschung 52), Berlin 1931
18. Ercker, L., in: Historische Nachricht von der . . . Unter und gesamten Ober Harzischen . . . Bergwerke . . . Aufkunft usw. S. 195 (H. Calvör). Braunschweig: Fürstl. Waisenhaus Buchhandlg. 1765
19. Agricola, G.: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, vollständige Ausgabe nach dem lateinischen Original von 1556. München: Deutscher Taschenbuch Verlag 1977
20. Krekel, P. (Hrsg.) in: Freiburger Forschungshefte. Berlin: Kultur und Technik 1953
21. Bredekamp, H.: Der Mensch als Mörder der Natur. Das Iudicium Iovis von Paulus Niavis und die Leibmetaphorik, in: All Geschöpf ist Zung und Mund. Beiträge aus dem Grenzbereich von Naturkunde und Theologie, S. 261 (H. Reinitzer, Hrsg.). Jb. d. dt. Bibel-Archivs Hamburg, Bd. 6, Hamburg 1984
22. Böhme, H.: Natur und Subjekt. Frankfurt: Suhrkamp 1988
23. Stromer, Wv., in: W. Kroker, E. Westermann, ibid., S. 50
24. Bartels, Ch., in: Technikgeschichte 56, S. 177, 1988
25. Gerhard, H. J., in: Niedersächsisches Jahrbuch für Landesgeschichte 66, S. 47, Hannover 1994
26. Schroeder, Jv., Reuss, J.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin 1883