

Untersuchungen zur Erzgewinnung im Rammelsberg und Auswertung des historischen Tischmodells der Oberharzer Wasserwirtschaft im Rahmen des Vorhabens „Altbergbau 3D. Ein interdisziplinäres Projekt zur Erforschung des montanhistorischen Erbes im Harz“

Einführung

Zwischen 2018 und 2021 forschten die Arbeitsstelle Montanarchäologie des Niedersächsischen Landesamtes für Denk-

malpflege, das Weltkulturerbe Rammelsberg – Museum & Besucherbergwerk sowie die Arbeitsgruppe Markscheiderische Geoinformation des Institute of Geo-Engineering der Technischen Universität Clausthal mit Unterstützung der Stiftung Welt-erbe im Harz und der Bergbau Goslar GmbH zu ausgewählten Bereichen des Rammelsberges sowie zu den historischen Bergbaumodellen, vornehmlich aus der Sammlung des Oberharzer Bergwerksmuseums in Clausthal-Zellerfeld (Abb. 1). Ziel des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung vollgeförderten Projektes war es, aus der Verschnidung verschiedener Disziplinen neue Impulse für die Bergbaugeschichte des Harzes zu erhalten. Der Harz gilt historisch als eines der bedeutendsten Montanreviere Europas. Dazu wurden montanarchäologische Untersuchungen unter Tage im Rammelsberg durchgeführt, ausgewählte Bereiche dreidimensional aufgenommen und modelliert sowie historische Quellen neu bearbeitet, altes und neues Kartenmaterial wurde digitalisiert und georeferenziert und es fanden Begehungen im Gelände statt. Dabei zeigte sich, dass eine Neubetrachtung des allgemein als gut erforscht geltenden Rammelsberges doch einige feststehende Einschätzungen revidieren konnte. Dazu gehört unter anderem die Entdeckung von bisher unbekanntem mittelalterlichen Strecken oder von bis dato nicht bekannten Archivalien, mit deren Hilfe es gelang, Belege für die Nutzung bestimmter Künste im Bergwerk zeitlich vorzulegen. Aber auch die dreidimensionale Aufnahme der historischen Gelände-, Funktions- und Lagerstättenmodelle ermöglichte eine detaillierte Beschäftigung sowohl in der Landschaft, wie aber auch mit den Modellen selbst. So entstand ein Fundus an digitalen Objekten, die miteinander unterschiedlich verschnitten werden können und unter vielen Aspekten eine weiterführende Auswertung erlauben.

Die im Projekt erzielten Ergebnisse werden noch ausführlich vorgelegt.¹ In diesem Beitrag soll der Fokus auf das Thema der Erzgewinnung gelegt werden, nachdem im letzten Artikel bereits verschiedene Aspekte der Wasserhaltung im Rammelsberg² näher behandelt wurden. Weiterhin soll in diesem Artikel die Erzeugung der für die Gewinnung notwendigen Energie im Mittelpunkt stehen. Dies wird anhand des historischen Tischmodells der Oberharzer Wasserwirtschaft näher betrachtet. Dieses Modell wurde 1892 speziell für die ein Jahr später stattfindende Weltausstellung in Chicago (USA) angefertigt. Es

Investigations into ore production in Rammelsberg and evaluation of the historic tabletop model depicting water resource management in the Upper Harz as part of 'Altbergbau 3D: An interdisciplinary project exploring the legacy of mining in the Harz'

The last article dealt with the drainage system in Rammelsberg, and mining models were broadly outlined. Now the focus moves to ore production. The historic tabletop model depicting water resource management in the Upper Harz, which reproduces the complex system for storing necessary energy as of 1892, is also evaluated.

From an archaeological standpoint, the Alter Abbau mining area at the western end of the Altes Lager excavation has been examined in more detail. Within this complex cavity, it was possible to define specific passages of time. Of particular importance was the rediscovery of a prospecting section dating from the 9th/10th century, from which certain prospecting conventions (not generally handed down in writing until the 13th century) can be comprehended.

Evaluation of historical sources shows that various techniques were being used in Rammelsberg earlier than generally believed. For example, excavation via horse capstan at the Bleizeche pit in Rammelsberg was documented at the end of the 15th century. According to a recently discovered written source document from the city archives of Lüneburg, it is clear that the use of water wheels began in Rammelsberg shortly after 1450. The document thus constitutes one of the earliest (if not the earliest) references to a water wheel.

Finally, various evaluation possibilities that overlap with other digital representations are highlighted on the basis of the digitised tabletop model depicting water resource management in the Upper Harz from 1892.



Abb. 1: Lagerstättenmodell „Die Grubenbaue des Rammelsberges nebst Tagesanlagen“ von Oskar Langer aus dem Jahr 1932. (© Foto: J. Meyer/TU Clausthal)

greift das auch heute noch bestehende (Vermittlungs-)Problem auf, die Komplexität dieses auf einer großen Fläche von 200 km² verteilten Systems begreifbar zu machen.

Neue Technologien am Rammelsberg im ausgehenden Mittelalter am Beispiel der Erzförderung

Wie bereits in den vorangegangenen Beiträgen beschrieben,³ wurden im Rahmen der Projektarbeit zahlreiche historische Quellen zum Rammelsberg ausgewertet. Dies brachte aufschlussreiche Erkenntnisse zum Einsatz neuer Technik zu Tage. Sowohl für die Wasserhaltung als auch für die Erzförderung kann davon ausgegangen werden, dass verschiedene Techniken am Rammelsberg früher Anwendung fanden, als bisher angenommen.

Die Einführung der Pferdegaipel

Ein Beispiel hierfür ist die Gaipelförderung. Nach nicht belegten Annahmen wurde bisher vermutet, dass diese Technik ab der Mitte des 16. Jahrhunderts in Goslar vermehrt eingesetzt wurde. F.M. Feldhaus verweist in seinem Techniklexikon für die Nutzung von Gaipeln (hier Göpeln) in Deutschland auf Georg

Agricola und gibt dafür die Jahreszahl 1504 an: „1504 fand die Einführung der Pferdegöpel im deutschen Bergbau statt (G. Agricola, De re metallica 1556, Buch 6)“. Bei Agricola im sechsten Buch lassen sich jedoch keine zeitlichen Angaben zum Aufkommen der Gaipel finden.⁴ Dass es sich bei dieser Technik um eine bereits länger bekannte Fördermethode handelt, zeigen dagegen die Quellen zum Rammelsberg. Bereits im Jahr 1487 wurde von einer Gruppe Gesellschafter um Johann Thurzo der Bau eines Richtschachtes in der Grube Bleizeche geplant und auch begonnen. Entsprechend dem urkundlichen Vertrag sollte dieser Richtschacht mit einem Gaipel ausgestattet werden.⁵ Dieser Plan wurde auch umgesetzt und der Richtschacht in der Grube Bleizeche abgeteuft. Es konnte anhand einer Grubenrechnung aus dem Stadtarchiv Goslar, die auf das Jahr 1506 datiert werden konnte, nachgewiesen werden, dass es sich bei diesem neuen Schacht mit großer Wahrscheinlichkeit um den späteren „Deutschen Treibschacht“ handelte und die Rechnung der Grube Bleizeche zuzuordnen ist.⁶ Diese Grubenrechnung bietet sich durch ihren Umfang und ihren Detailreichtum als hervorragende Quelle zur Organisation des spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaus an.⁷ Hier werden nicht nur sämtliche Tätigkeiten und Berufe im Gruben- und Hüttenbetrieb genannt, auch Werkzeuge und Verbrauchsmaterial werden akribisch notiert. Ins Auge fallen dabei die wiederkehrenden Ausgaben für ein „gheybelseyl“⁸, die nicht unerheblich gewesen sein müssen, da die Bezahl-



Abb. 2: Gaipelmodell aus der Sammlung des Oberharzer Bergwerksmuseums in Clausthal-Zellerfeld. (© Foto: Oberharzer Bergwerksmuseum)

lung der Seile teilweise in Raten über mehrere Wochen erfolgte. Sie belegt, dass 1506 in der Grube Bleizeche am Rammelsberg bereits tatsächlich ein Gaipel im Einsatz gewesen ist. Bei einer Teufe des Schachtes, der bis auf die sogenannte Trostesfahrt hinabreichte, von etwa 70 Lachtern, also ca. 135 Metern, kommt für die Förderung hier nur ein Pferdegaipel in Frage (Abb. 2).

Eine weitere Quelle des Goslarer Stadtarchives weist die Nutzung eines Gaipels am Rammelsberg genau für die Zeit nach, in welcher der Vertrag zur Errichtung des Richtschachtes mit Gaipel abgeschlossen wurde. In einer Streitschrift von ca. 1486/88 wird festgelegt, dass das Erz aus der der Grube Bleizeche benachbarten Grube Redding „uth dem geybelschachte der gemeynen werken“ zu fördern ist.⁹ Diese Technik wurde hier also tatsächlich bereits im ausgehenden 15. Jahrhundert genutzt.

Der erste Einsatz von Kehrrädern

Ebenso verhielt es sich mit einer weiteren Technik, die am Rammelsberg deutlich früher als vermutet zur Anwendung kam. Bekannt ist das Erzbergwerk Rammelsberg heute unter anderem für das durch den Oberbergmeister Christoph Roeder um das Jahr 1800 eingeführte System zur Erzförderung und Wasserhebung mittels untertägiger Kehr- und Kunsträder. Über Tage war bereits ein halbes Jahrhundert zuvor ein Kehr- und Kunstrad in Dienst gestellt worden. Vom Fuß des Herzberger-Teich-Dammes wurde dessen Kraft ab 1752 den Berg hinauf zum Ansatzpunkt eines der Hauptförderschächte übertragen. Nun lässt sich anhand einer bisher unter diesem Aspekt nicht ausgewerteten Quelle allerdings nachweisen, dass diese Technik bereits im ausgehenden Mittelalter zum Einsatz gekommen war (Abb. 3).

Den Beleg dafür liefert die Abschrift eines Briefes, der im Stadtarchiv Lüneburg aufbewahrt wird.¹⁰ Obwohl dieses Schreiben nicht datiert ist, konnte seine Entstehungszeit aufgrund seines Inhaltes auf einen Zeitraum zwischen 1460 und 1478 eingegrenzt werden.¹¹ Der hierin erwähnte „mester laurencin nedderlin“, der offensichtlich mit der Sumpfung des Rammelsberges beauftragt war, erregte das Missfallen des Lüneburger Rates, der Anteile am Rammelsberg besaß. Die von Nedderlin errichtete Kunst hatte

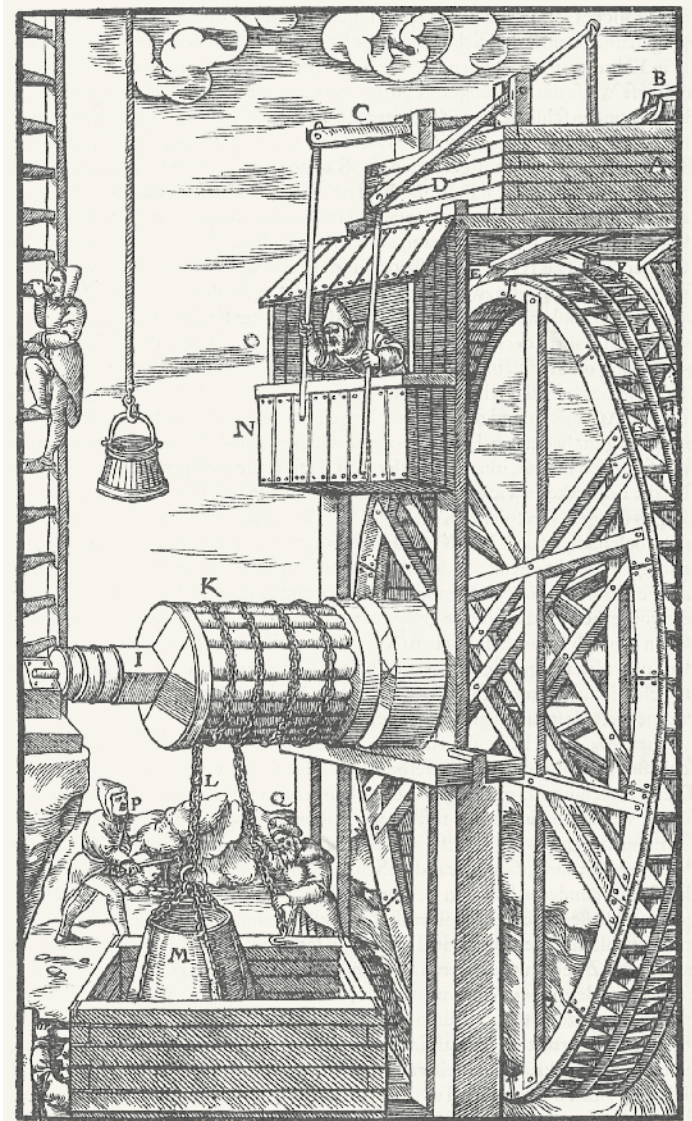


Abb. 3: Kehr- und Kunstrad mit Bulgen, aus Georgius Agricola, *De re metallica libri XII*, 6. Buch, 1556.

offensichtlich nicht zum gewünschten Erfolg geführt und wird vom Rat in einem Brief an Goslar kritisiert. Auch die Art der Kunst wird dabei erwähnt: „desolve mester laurens bewijset sek an neynen merkliken kunsten he hefft gemaket eyn kerradt mit bulgen desgelik is ehr in dem berge in vor jaren gewesen unde mester Claves van gota kunste de beter sin na unsem gud“.¹²

Nedderlin hatte also versucht, den Berg mit Hilfe eines Kehr- und Kunstrades mit Bulgen zu sumpfen. Bemerkenswert ist hier allerdings der Hinweis „desgelik is ehr in dem berge in vor jaren gewesen“, was heißt, dass eine derartige Kunst im Berg bereits in früheren Jahren im Berg installiert war. Demzufolge ist davon auszugehen, dass diese Kunst schon vor der Tätigkeit des Nedderlin am Rammelsberg betrieben wurde. Ob es sich bei den erwähnten Künsten von Claus von Gotha, die in diesem Brief als Vergleich herangezogen werden, ebenfalls um ein Kehr- und Kunstrad mit Bulgen handelte, geht aus dem Text nicht eindeutig hervor, ist jedoch zu vermuten. Claus von Gotha war zwischen 1453 und 1456 als Sumpfungsexperte am Rammelsberg. Es wäre also möglich, dass schon kurz nach 1450, spätestens jedoch in dem Zeitraum zwischen 1460 und 1478 hier Kehr- und Kunsträder mit Bulgen zur Wasserhebung

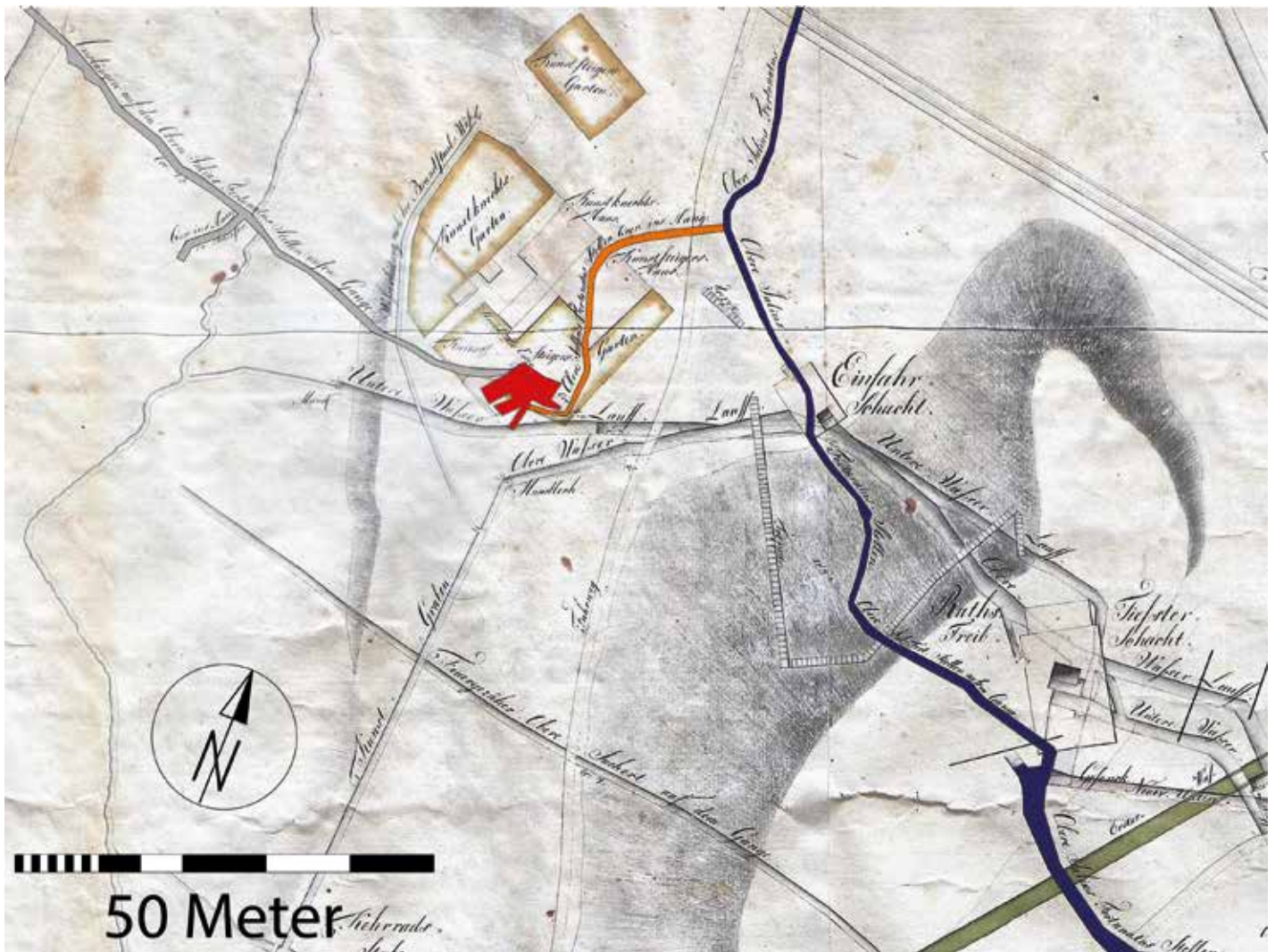


Abb. 4: Überblick der Lage des Alten Abbau (rot), erreichbar über dem Querschlag (orange) vom Rathstiefsten Stollen (blau). (Riss: F. H. Spörer 1791/92, BGG Archiv Nr. 1, © Bearbeitung G. Drechsler/NLD)

bung genutzt wurden. Dies ist umso bemerkenswerter, da die bisher frühesten bekannten Erwähnungen zu Kehrrädern von 1475 aus ungarischen Bergbauregionen stammen.¹³ Somit hätte man es hier mit einer der frühesten, wenn nicht sogar der frühesten Erwähnung eines Kehrrades zu tun.

Man kann festhalten, dass die gleiche Technik relativ zeitgleich in verschiedenen Bergbaurevieren zum Einsatz gekommen zu sein scheint, was wiederum die Frage aufwirft, in welcher Weise der technische Austausch hier vonstatten gegangen ist. Dass auswärtige Experten an den Rammelsberg gerufen wurden, um mit ihren Kenntnissen bei der Sumpfung zu helfen, zieht sich durch die gesamte spätmittelalterliche Zeit. Es bleibt aber noch zu rekonstruieren, welche Technik wann genutzt wurde und wer sie an welchem Ort einsetzte.

Montanarchäologische Untersuchungen einer alten Abbauweite

Die einzige heute noch frei zugängliche Stelle, an der Erz gewonnen wurde, stellt eine alte Abbauweite dar. Sie befindet sich am westlichen Ausläufer des Alten Lagers. Sie kann durch einen Querschlag vom Rathstiefsten Stollen her erreicht werden (Abb. 4).

Von ihr gehen unter anderem mehrere Suchörter, Hochbrüche und ein Schacht ab. Aus montanarchäologischer Sicht ist sie ein äußerst komplexer, weil befundreicher Ort. Nachdem zu Beginn des Projektes nur der untere Teil der Abbauweite bis auf Höhe einer Stempelgruppe bekannt war, erfolgte im weiteren Projektverlauf eine Befahrung und Untersuchung der oberen Bereiche. Bei der anschließenden Auswertung wurde der große Hohlraum in drei Ebenen unterteilt, die durch markante Befunde voneinander abgetrennt sind (Abb. 5). Die Besprechung aller Befunde und ihrer Zusammenhänge müssen der Abschlusspublikation vorbehalten bleiben, da sie hier deutlich den Rahmen sprengen würden. An dieser Stelle werden schwerpunktmäßig drei Ergebnisse genauer vorgestellt, die relativ chronologisch unterschiedlichen Zeitstufen zuzuordnen sind.

An keiner Stelle der Abbauweite ließen sich Vererzungen feststellen. Gründe hierfür könnten der sehr sorgfältige Abbau und auch das Auslaufen des Erzlagers sein. Dennoch wurde in der oberen Ebene der alten Abbauweite ein Quarzgang mit einer Mächtigkeit von 20 cm beobachtet, der stark tonnläufig von Nordwesten nach Südosten einfällt (Abb. 6). Offensichtlich folgte die Auffahrung dieser Mineralisation mindestens in der Erwartung auf Erz. Die reine Dimension des großen Hohlräume weist zudem auf tatsächlich vorgefundenen Rohstoff hin.

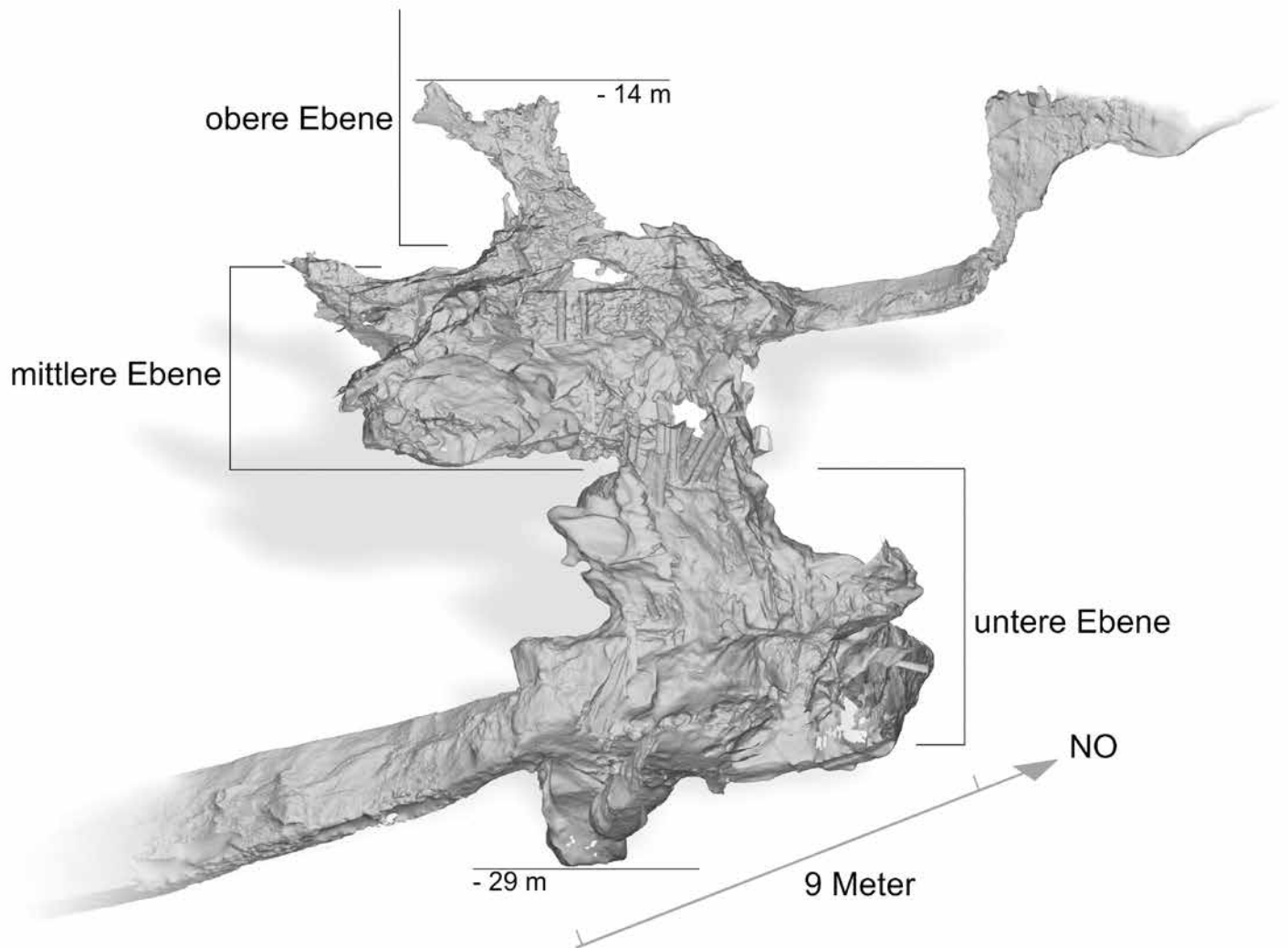


Abb. 6: Am oberen Bildrand der in der oberen Ebene des Alten Abbaus angetroffene Mineralgang. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

Der heutige Zugang zur Abbauweite, der Querschlag, setzt an einer zunächst willkürlichen erscheinenden Stelle im Rathstiefsten Stollen an. Am Abzweig wurde kein Gang festgestellt, der Anlass für eine Auffahrung hätte geben können. Erst nach 10 m ist in der Firste ein Absatz einer linearen Störung im Gebirge erkennbar, die jedoch nicht verfolgt wurde. Dies bestätigt auch die rundliche Form des Querschlages (Abb. 7), denn bei der Auffahrung entlang eines Ganges werden im schiefrigen Gebirge glatte Kluffflächen freigelegt, die eine andere Form erzeugen. Die einzige Auffälligkeit stellt der Verlauf des Rathstiefsten Stollens selbst dar (Abb. 8). Zwischen dem Abzweig und dem Rathstiefsten Schacht verläuft er unregelmäßig und leicht gewunden. Auch die Fortsetzung in den Berg hinein unter der Bezeichnung Bergesfahrt verläuft nicht gradlinig. Erst in der anderen Richtung, hinab ins Tal, ist der Verlauf des Rathstiefsten Stollens bis auf einzelne Ausnahmen absolut linear. Auffällig ist nun, dass der Abzweig des Querschlages genau an der Stelle liegt, an der sich der Verlauf des Stollens grundlegend ändert. Eine Erklärung könnte darin liegen, dass bei der Auffahrung des Stollens bereits bestehende Strecken von unterschiedlichen Grubenbauen miteinander verbunden wurden. Das würde bedeuten, dass der Querschlag und eine Strecke dorthin bereits existierten, als der Rathstiefste Stollen begonnen wurde.



Abb. 7: Runde Form des Querschlages am Beginn des Abzweigs vom Rathstiefsten Stollen. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

Das prägnanteste Element der alten Abbauweite stellt die massive, inhomogene Verfüllung dar, welche sich im Laufe der Zeit aus unterschiedlichen Gründen an den verschiedensten Stellen gebildet hat und dann wieder aufgewältigt und von neuen mit

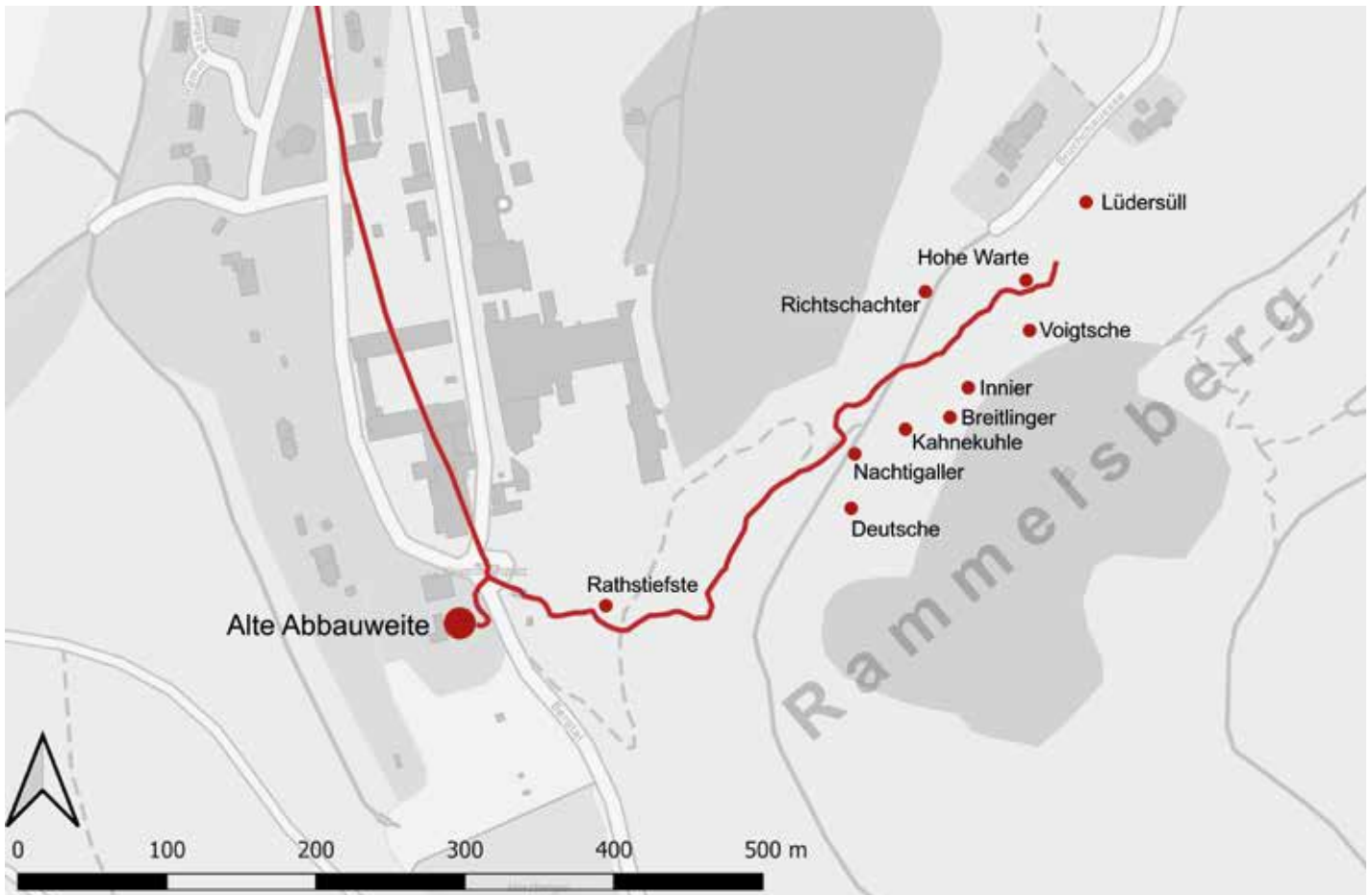


Abb. 8: Gewundener Verlauf der Bergesfahrt im Umfeld der Gruben und Schächte bis zum Abzweigen des Querschlages und anschließend der lineare Verlauf des Rathstiefsten Stollens. (©Grafik: G. Drechsler/NLD; Hintergrundkarte: LGLN)



Abb. 9: Die Verfüllmasse in der unteren Ebene des Alten Abbaus. Links oben das Hangende, rechts unten das weiß übersinterte Liegende, links unten der Zugang zum Herzberger Suchort, dazwischen die Verfüllmasse mit eingebetteten Stempeln, Versturzhölzern und der aufsitzenden Trockenmauer. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

Sedimenten bedeckt wurde. Die Masse in der unteren Ebene besteht aus einer Matrix aus braunem bis teilweise gelblich-braunem, grobsandigem Sediment. Darin eingeschlossen ist viel Gesteinsbruch, der eine Größe bis zu 5 cm, zur Mitte der Weitung hin bis 15 cm aufwies (Abb. 9). Das besondere an der Masse in der unteren Ebene ist jedoch ihre Position im Hohlraum. Einerseits befindet sie sich im Westen vor der Öffnung zur Strecke des Herzberger Suchortes. Dort hängt sie frei unter dem hangenden Stoß. Durch die Jahrhunderte lange Durchtränkung mit mineralhaltigen Lösungen hat sie sich dort verfestigt. Andererseits liegt gegenüber im Osten eine in selber Weise zusammengesetzte Masse auf einem schmalen Absatz unterhalb der Firste auf. Dies lässt zwei Schlussfolgerungen zu. Erstens muss die untere Ebene auf ganzer Breite bis unterhalb der Firste verfüllt gewesen sein und zweitens ist sie offensichtlich wieder aufgewältigt worden, vermutlich um den Zugang für die Auffahrung des Herzberger Suchortes zu schaffen.

Über dieser unteren Verfüllmasse schließt sich eine weitere an, die bis zum Übergang zur zweiten Ebene auf Höhe der Stempelgruppe reicht. Sie setzt sich aus einer geringen Menge an braunem Sediment, vielen großen Bruchsteinen ähnlicher Größe



Abb. 10: Verfüllmasse aus regellos liegenden Bruchsteinen. (©Foto: G. Drechsler/NLD)

und vor allem unterschiedlich großen Versturzgehölzern zusammen. Durch einen weißlichen Sinterüberzug sind die Kanten der einzelnen Steine schwer identifizierbar (Abb. 10). In der Mitte ist ein mächtiger Felsbrocken mit einer Größe von 1 m eingebettet. Das wenige Sediment im Gegensatz zu den zahlreichen Steinen gleicher Größe weist auf eine Selektion des Materials hin, was gegen eine reine Verbruchmasse spricht. Aus der Masse ragt ein vereinzelter Stempel hervor, der in situ noch mit einem Keil zwischen das Hangende geklemmt ist (Abb. 11). Daraufhin wurden die Versturzgehölzer näher untersucht. Etwa mittig konnten zwischen dem Sediment noch drei horizontal liegende Hölzer festgestellt werden und unmittelbar darunter ein quer dazu liegendes Rundholz. Dieses ähnelte dem in situ verklemmten Stempel. Zudem konnte am Stoß darüber eine glatt geschrägte Fläche festgestellt werden, an der sogar noch der Klemmkeil anhaftete. Im Ergebnis lässt sich daraus ein Verzug rekonstruieren. Die vielen Bruchsteine waren offenbar darüber zu einer Art Trockenmauer aufgebaut worden. Sie besaß jedoch keine Stützfunktion, denn nach oben hin war kein Gebirgsschluss zum Hangenden gegeben. Der Felsbrocken muss bei einem Versturz den hölzernen Verzug verdrückt haben. Dies führte in der Folge zum Einsturz der darauf aufgebauten oder daran angelehnten Trockenmauer.

Eine völlig anders zusammengesetzte Verfüllmasse wurde in der mittleren Ebene der Abbauweite in einer abgelegenen Nische im Westen festgestellt. Diese steht heute auf einer Länge von gut 5 m und einer Höhe von maximal 80 cm offen und ist nur kriechend durch einen engen Spalt befahrbar. Die Verfüllmasse hat eine



Abb. 11: Der in situ am Hangenden haftende Klemmkeil. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

bläulich-graue bis schwarze Farbe und setzt sich aus Schiefergesteinsbruch, wenig grobsandigem Sediment und kleinen, zerfaserten Holzstückchen zusammen. Sie ist wie ein Erdprofil auf gesamter Länge der Nische senkrecht angeschnitten (Abb. 12). Eine derartige Situation kann nicht durch natürliche Vorgänge erklärt werden. Da moderne Befahrungen nicht dokumentiert sind, muss von einer historischen Aufwältigung ausgegangen werden. Auch eine Schwarzbefahrung ist nicht gänzlich auszuschließen. Dagegen spricht jedoch eine weitere unangetastete Verfüllung,



Abb. 12: Blick auf die Verfüllmassen in der westlichen Nische: oben am Bildrand das weiß übersinterte Hangende, darunter angrenzend die bläulich-graue, profilartig freistehende Masse und davor die gelbe Masse. (© Foto: G. Drechster/NLD)

die unmittelbar davor liegt. Sie weist eine auffällige gelbe, in Teilen an Schwefel erinnernde Farbe auf. Diese wäre durch Arbeiten am Profil sichtbar überprägt worden. Die gelbe Schicht besteht aus locker gelagertem, kiesigem Sediment und sehr viel Gesteinsbruch, kleinen Gesteinsflittern, aber vor allem, gerundeten Steinen verschiedener Größen. Derart gerundete Steine, darüber hinaus in dieser Menge, sind unter Tage außergewöhnlich. Eine Analyse ergab, dass es sich um Kahlebergsandstein handelt, der von den höheren Hangbereichen des Rammelsberges stammt und im Wintertal durch den Wintertalbach glatt geschliffen wurde.

Diese gelbe Verfüllmasse ist an verschiedenen Stellen in den oberen Ebenen der Weite anzutreffen. Nach oben hin überlagert sie alle anderen Befunde. Der Hohlraum befindet sich dort weniger als 15 m unter der heutigen Geländeoberfläche. Durch die angetroffenen Flussschotter liegt daher ein historischer Tagebruch nahe. Die Auswertung der Risse, die im Laufe des Projektes gesichtet und digitalisiert wurden, ergab zunächst keine Übereinstimmung. Allerdings fiel unter den Rissen eine separate Vorzeichnung mit einer Markierung auf, die möglicherweise im Bereich der Abbaubreite eingetragen war (Abb. 13) Die Vorzeichnung wurde georeferenziert, denn nur auf diese Weise ist eine präzise Verortung der eingezeichneten Strukturen im Abgleich mit den eingehängten 3D-Modell möglich. Wird die im 3D-Modell dokumentierte Abbaubreite im selben Einfallwinkel bis zur Oberfläche rekonstruiert, tritt sie genau an der Stelle auf, wo in

der Rissvorzeichnung diese auffällige Markierung eingezeichnet ist. Im fertigen Riss wird diese später als Baum übernommen.¹⁴ Dabei handelt es sich womöglich um einen Übertragungsfehler. Denn alle anderen Bäume in der Risssskizze sind im selben Stil dargestellt, der deutlich anders ist als die Markierung.

Bei den historischen Aufwältigungen, die in der unteren Ebene der Abbaubreite nachgewiesen werden konnten, musste auch ein Streckenansatz nach oben aufgewältigt worden sein. Jedoch geriet er in den nachfolgenden Jahrhunderten in Vergessenheit, worauf sein Fehlen auf den zahlreichen Rissen hindeutet. Auch im Laufe des Projektes wurde dem Hochbruch zunächst keine nähere Aufmerksamkeit geschenkt, da sich von unten hinter den Sintermassen eine vermeintliche Firste zeigte (Abb. 14).

Das neuentdeckte Streckensystem

Kurz vor Abschluss des Projektes fand jedoch eine Nachkontrolle dieses vermeintlichen Hochbruches statt, denn das 3D-Modell dieses Bereiches war an dieser Stelle nicht zufriedenstellend. Ein Blick mit einer an einer Stange befestigten Gopro-Kamera, welche in schwierigen bzw. kaum zugänglichen Bereichen für die photogrammetrische Aufnahme eingesetzt wurde, offenbarte jedoch, dass es sich bei der vermeintlichen Firste in Wirklichkeit um einen scharf abknickenden Stoß handelte. Die Befahrung führte schließlich zur Entdeckung eines bis dahin gänzlich

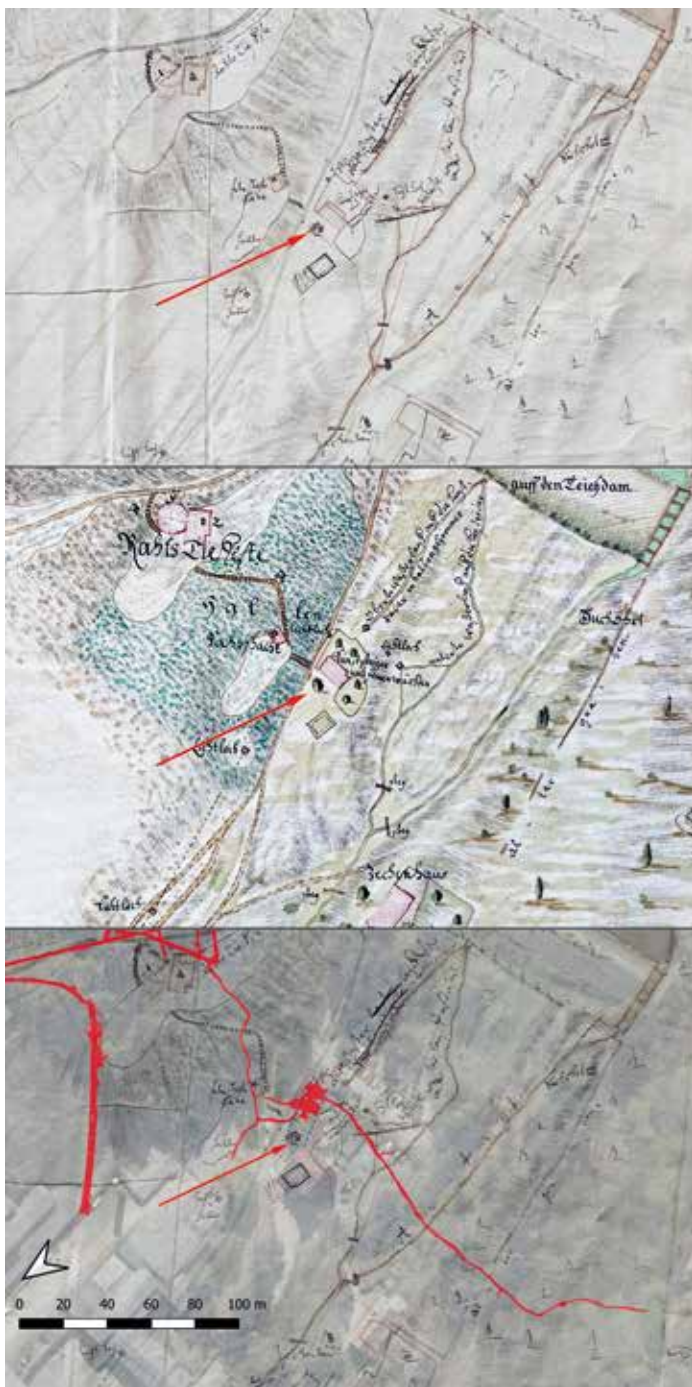


Abb. 13: Oben: Die Rissvorzeichnung mit der eingetragenen Struktur und davon unterschiedenen Bäumen (Niedersächsisches Landesarchiv Wolfenbüttel, K4195). Mitte: Der fertige Riss, in den die Struktur als Baum übertragen wurde (Niedersächsisches Landesarchiv Wolfenbüttel, K4185). Unten: in das Luftbild georeferenzierter Riss mit eingehängtem 3D-Modell (rot), die Projektion (blau). (© Hintergrundkarte: Luftbild, LGLN)

unbekannten Streckensystems. Dies ist umso bedeutender, da in einem Bergwerk mit tausendjähriger Bergbautradition und hundertjähriger Forschungsgeschichte unbekannte Stellen als äußerst selten gelten können.

Nachdem das Ende des von unten sichtbaren Bereichs erreicht wird, folgt eine scharf abknickende enge Fortsetzung nach oben. Die gesamte Strecke windet sich nach oben, wobei sie immer wieder die Richtung ändert (Abb. 15). Bis zu 40 cm tiefe und mit gesättigten Sinterlösungen angefüllte Becken – wohl Zinkoxid –

überprägen die Sohle und belegen, dass diese Strecke über sehr lange Zeit hin nicht befahren worden ist. Am oberen Ende mündet die Auffahrung in einem Streckenkreuz, an dem zwei Strecken im rechten Winkel voneinander abführen. Die Strecke, welche nach Westsüdwest abzweigt, zeigt im Grundriss einen fast linearen Verlauf. Im Querschnitt ist sie in der oberen Hälfte dreieckig, in der unteren trapezförmig. Sie verengt sich zur Sohle hin, welche mit Wasser und Sedimenten bedeckt ist (Abb. 16). Entlang der schmalen Firste ist ein Gang im Gebirge erkennbar. Die Stöße, welche nach oben hin fast zusammenlaufen, sind unregelmäßig grob ausgehauen. Die Strecke endet nach 7,5 m Länge in einer Ortsbrust. Links davon befindet sich eine weitere Ortsbrust, die einen erst frisch begonnenen Streckenansatz darstellt. Die zweite Strecke, die von dem Streckenkreuz nach Südosten führt, verläuft leicht gebogen und steigt in der ersten Hälfte deutlich an. Sie besitzt einen niedrigen Querschnitt, der in der ersten Hälfte rund und in der zweiten Hälfte oval ist (Abb. 17). Beide zeigen jeweils stark gerundete Übergänge der Firste zu den Stößen und einen schwach gerundeten Übergang der Stöße in die flache Sohle. Auch diese Strecke endet nach 7,5 m in einer Ortsbrust, welche jedoch von der Sohle bis fast an die Firste mit einer Masse versetzt ist. Im rechten Winkel dazu zweigt nach links wiederum eine Strecke ab, die nicht vollendet wurde. Sie ist zwar ebenfalls 7,5 m lang, jedoch nur auf halber Höhe unterhalb der Firste aufgefahren, während die Sohle noch als Block stehen gelassen wurde.

Aufgrund der vielen Ortsbrüste und des Streckenvortriebes in alle Richtungen liegt hier die Vermutung nahe, dass es sich um Prospektionsstrecken handelt. Sie liegen am äußersten Rand oder bereits außerhalb des Erzlagers. Die Auffahrung erfolgt nur dann auf diese Art und Weise, wenn im tauben Gestein nach Erz gesucht wird. Denn üblicherweise folgt der Bergmann beim Antreffen der Lagerstätte dem Erzgang bzw. -körper. Hier wurde mit diesen Strecken die Anbindung an die Lagerstätte erkundet. Einen sehr interessanten Aspekt stellt die festgestellte Regelmäßigkeit innerhalb der Strecken dar. Immer nach 7,5 m endet eine Strecke und im rechten Winkel dazu wird eine neue aufgefahren. Damit lassen sich für dieses Streckensystem gewisse Konventionen fassen. Allgemein wurden derartige Arbeitsnormierungen erst ab dem 13. Jahrhundert in ersten Bergrechtsordnungen kodifiziert und damit durch schriftliche Quellen fassbar.¹⁵ Im Hinblick auf das Alter lässt sich dieses Streckensystem durch Vergleiche zu anderen Bergwerken typologisch grob einordnen. Niedrige Auffahrhöhen und rundliche Streckenquerschnitte, sowie die gewundene Art der Auffahrung sind spätestens aus dem hohen Mittelalter bekannt. Dass die Auffahrung des Systems nach derzeitigem Auswertungsstand vom Rathstiefsten Stollen aus erfolgte, widerspricht nicht der Datierung ins Hochmittelalter. Der Rathstiefste Stollen ist durch die Erwähnung in einer Schriftquelle¹⁶ als „aghetucht“ im Jahre 1271 belegt. Zu einer etwas näheren Datierung verhalf jedoch unerwartet ein fragiler, organischer Fund, der sich zurzeit noch in der Restaurierung befindet (Abb. 18). Dieser lag auf der Versatzmasse in der Ortsbrust der südöstlichen Strecke. Eine C14-Analyse ergab eine Datierung in das 9./10. Jahrhundert. Damit gelang der bisher älteste direkte Nachweis für den untertägigen Bergbau am Rammelsberg. Dieses ältere Datum fügt sich gut in den Gesamtkontext der bis jetzt durchgeführten archäologischen Untersuchungen und schriftlichen Studien. Der Bergbau wie auch das darauf basierende Hüttenwesen nahmen seit der Karolinger- und während der Ottonenzeit am Rammelsberg einen Aufschwung.¹⁷



Abb. 14: Blick von unten in den Hochbruch auf die vermeintliche Firste. (© Foto: J. Meyer/TU Clausthal)

Abb. 15: 3D-Rendering der neu entdeckten Strecken (farbig) im Kontext der Alten Abbauweite (schattiert) in einer Seigeransicht. Gut zu erkennen ist die weiße Übersinterung mit Zinkoxid am unteren Ansatz des neu entdeckten Streckensystems. (© Bearbeitung G. Drechsler/NLD)

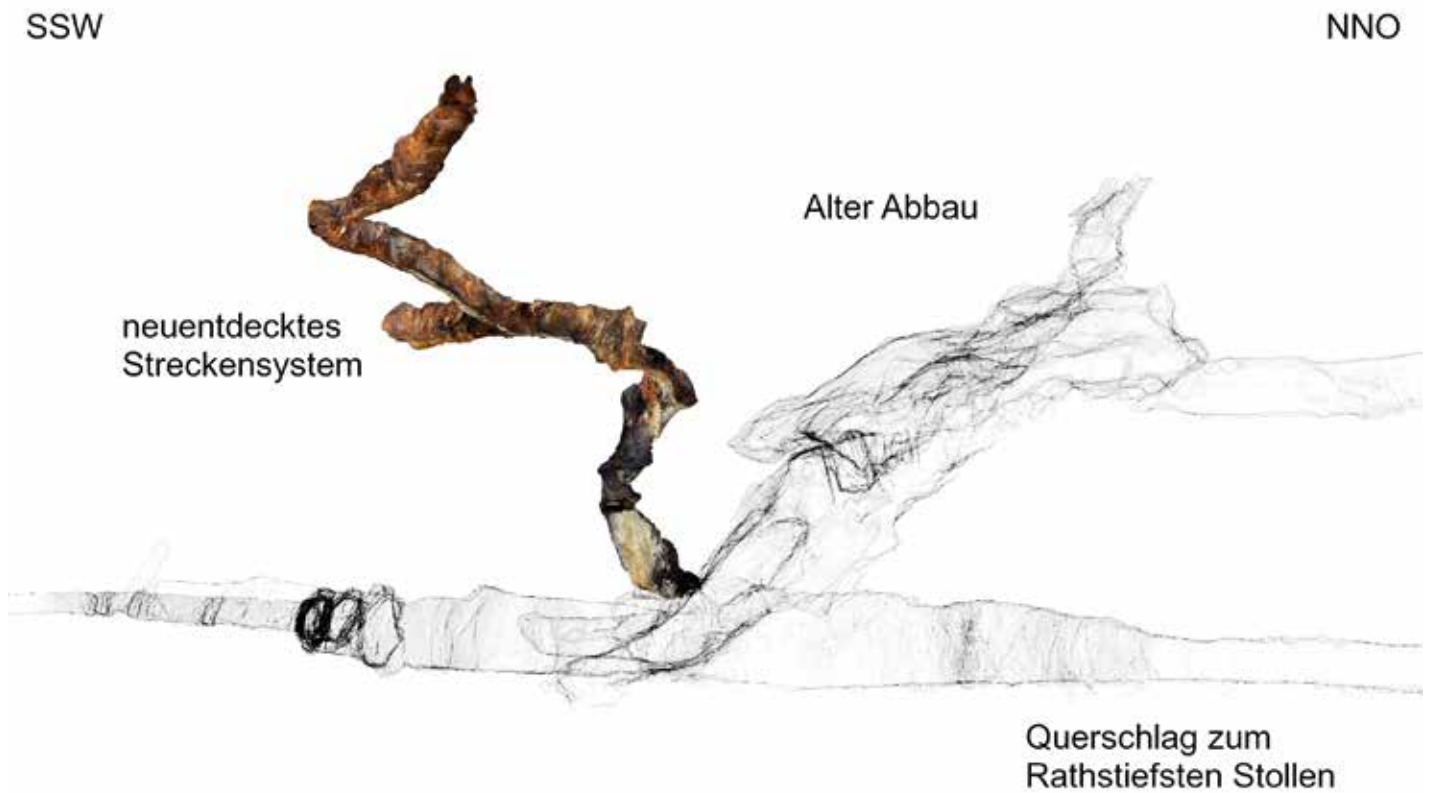




Abb. 16: Blick in die Strecke nach oben spitz zulaufende West-Südwest-Strecke des neuentdeckten Streckensystems. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

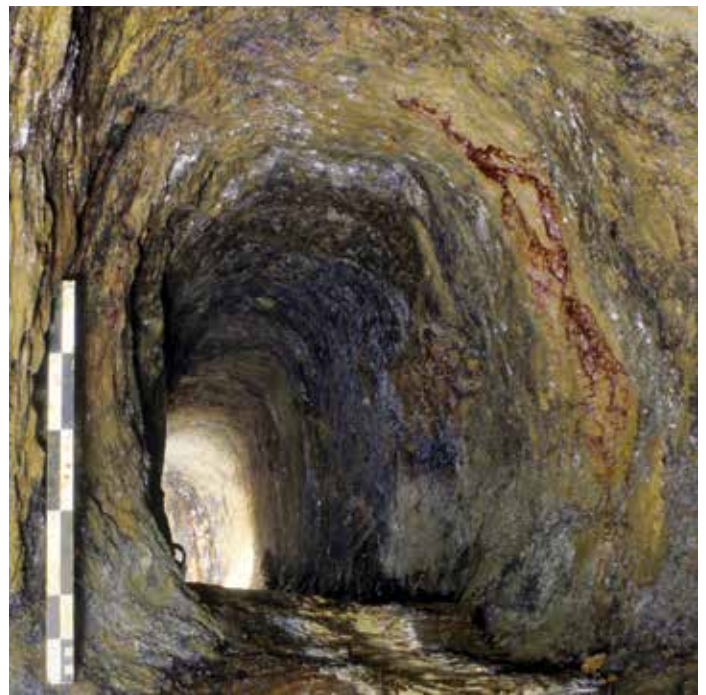


Abb. 17: Blick in die rund-oval aufgefahrene Südost-Strecke des neuentdeckten Streckensystems. (© Foto: G. Drechsler/NLD)



Abb. 18: Organischer Fund in der SO-Strecke des neu entdeckten Streckensystems. (© Foto: G. Drechsler/NLD)

Die Oberharzer Wasserwirtschaft

Die Oberharzer Wasserwirtschaft gilt als das größte und bedeutendste derzeit bekannte montane vorindustrielle Wasserenergieversorgungssystem weltweit.¹⁸ Seit 2010 ist es Bestandteil des UNESCO Weltkulturerbes „Bergwerk Rammelsberg, Altstadt von Goslar und Oberharzer Wasserwirtschaft“. Das System erstreckt sich auf einer Fläche von 200 km² in den Höhenlagen des Westharzes und besteht aus etwa 149 Kunstteichen, ca. 500 km Kunstgräben und ca. 31 km Wasserläufen sowie ca. 159 km Wasserlösungsstollen (Abb. 19). Die Oberharzer Wasserwirtschaft entstand während der zweiten Blüte des Harzer Bergbaus zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert und diente der Sammlung, Speicherung und Zuführung von Wasser als Energieträger zum Betrieb vor allem der montanen Kunstanlagen. Notwendig wurde dies nach dem Erreichen großer Teufen aufgrund der steil ein-

fallenden Erzgänge im Oberharz. Es war das Ziel, die benötigte Menge an Wasser über das ganze Jahr hindurch unabhängig von äußeren Einwirkungen wie langen Trockenperioden oder Hochwasser vorzuhalten. Für jeden der Oberharzer Gangzüge wurden daher unter Ausnutzung örtlicher Gegebenheiten weiträumig Wasserkraftsysteme angelegt. Das Wasser wurde zunächst in Gräben entlang der Höhenlinien geleitet (Abb. 20). Wichtig war dabei das äußerst geringe Gefälle, da mit jeder stärkeren Neigung ein Energieverlust einherging. Ein großes Problem waren tiefe Temperaturen im Winter, da das Wasser nicht gefrieren durfte. Daher ging man dazu über, das Wasser durch den Berg, d.h. durch sogenannte Wasserläufe zu führen¹⁹. Dies hatte den Vorteil, nicht nur den Graben abzukürzen, sondern auch die Unterhaltung im Winter wesentlich zu vereinfachen. Das Wasser konnte sich erwärmen und froh nicht ein. Für die Speicherung dienten Kunstteiche, die mit Ausnahme des Oderteiches allesamt als Erdbauwerke errichtet wurden (Abb. 21).

Die Bauhöhe war vom Kosten-Nutzen-Verhältnis begrenzt. Um dennoch mehr Wasser in einem Tal anzustauen, war es effizienter, mehrere kleine Teiche kaskadenförmig übereinander anzulegen. Viele Teichdämme wurden später auch erhöht, wodurch oberhalb gelegene Teiche und Dämme komplett geflutet wurden. Obsolet gewordene alte Dämme wurden geschlitzt, um den Wasserfluss nicht mehr zu beeinflussen, und dadurch zerstört²⁰. Die kleinteilige Anlage der vielen Teiche sowie die recht steilen und kleindimensionierten Teichdämme sind das kennzeichnende Merkmal der Oberharzer Wasserwirtschaft. Das gespeicherte Wasser wurde schließlich über Aufschlaggräben zu den Bergwerken geführt. In einem ausgeklügelten System ist es gelungen, das Wasser stets so hoch wie möglich zu halten, um die Energie in möglichst vielen Gefällen nacheinander einsetzen zu können. Ein kleiner Teil der Wasserwirtschaft lässt sich heute über Grabenwege noch erwandern. Dennoch fällt es schwer, die Größe und Komplexität dieses Systems zu begreifen. Dieses Problem war seitjeher bekannt, weshalb schon vor über 130 Jahren versucht wurde, die Oberharzer Wasserwirtschaft mit allen Bestand-

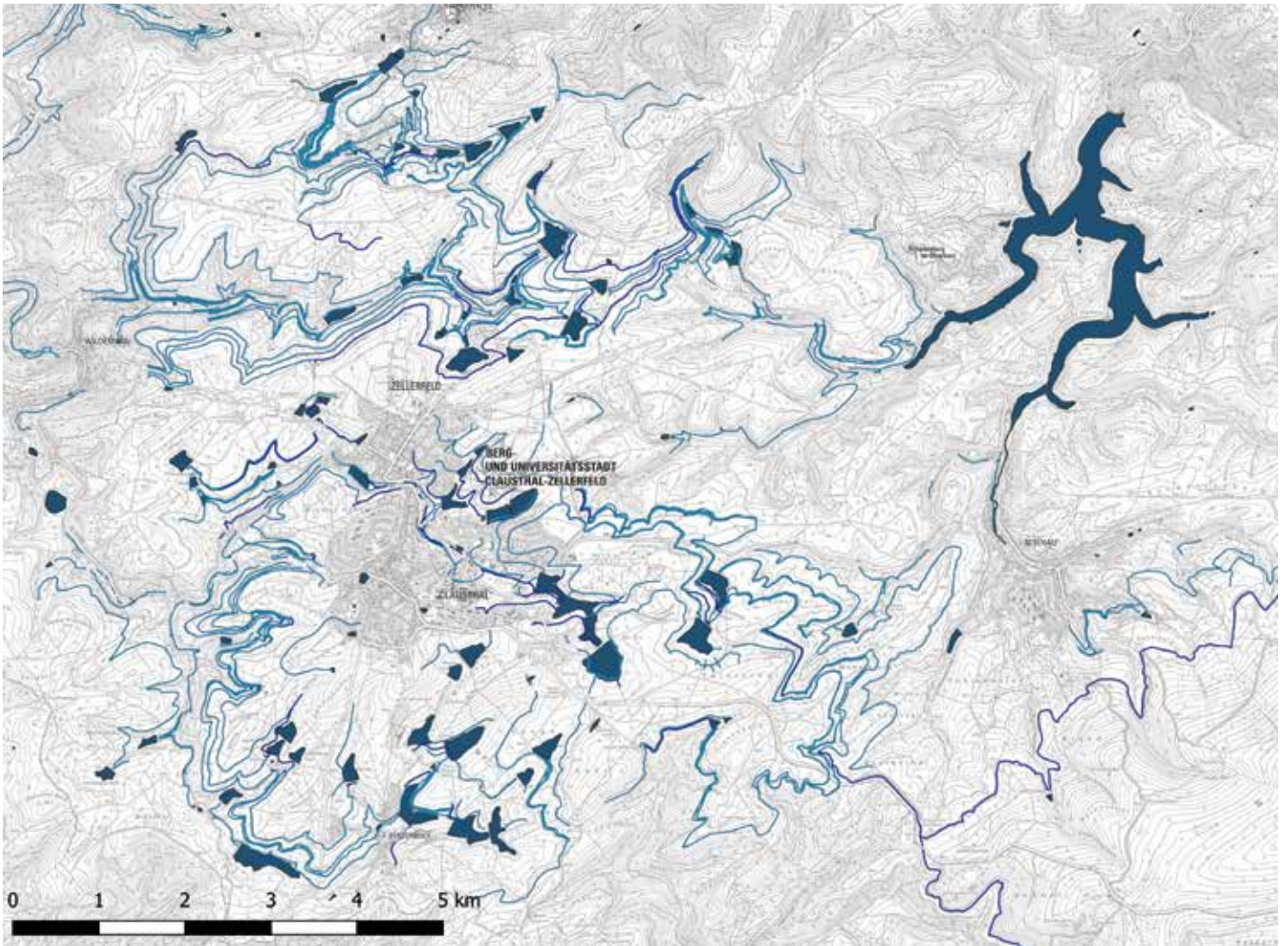


Abb. 19: Übersicht der Oberharzer Wasserwirtschaft im Bereich von Clausthal-Zellerfeld: wasserführende Kunstgräben dunkelblau, abgeworfene Kunstgräben hellblau, Kunststeiche graublau. Oben rechts die moderne Okertalsperre. (© Grafik: G. Drechsler/NLD; Hintergrundkarte: LGLN)

Abb. 20: Morgenbrodthaler Kunstgraben, der entlang der Höhenlinie ausgeworfen wurde. (©Foto: B. Jobst/NLD).





Abb. 21: Blick auf den Mittleren Pfaunteich, im Vordergrund der Teichdamm mit dem hölzernen Striegelhäuschen. (© Foto: K. Malek-Custodis/NLD)



Abb. 22: Tischmodell der Oberharzer Wasserwirtschaft von 1892. Dauerleihgabe des LBEG an das Oberharzer Bergwerksmuseum in den Räumen der Harzwasserwerke GmbH, Betriebshof in Clausthal-Zellerfeld. (© Foto: J. Meyer/TU Clausthal)

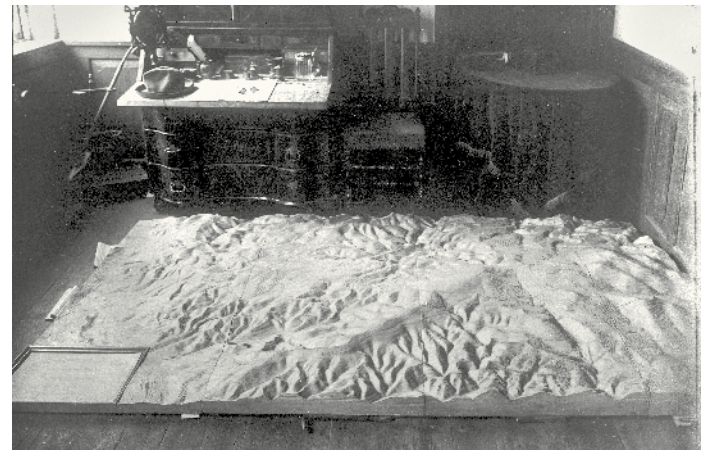


Abb. 23: Das in mehrere Blöcke unterteilte Modell ohne seinen Tischrahmen auf einer historischen Aufnahme im Oberharzer Bergwerksmuseum um 1930. (Glasnegativplatte: Oberharzer Bergwerksmuseum)

teilen darzustellen. Um das Ergebnis eines solchen Versuchs handelt es sich bei dem Tischmodell von 1892, welches bei der Harzwasserwerke GmbH, Betriebshof Clausthal-Zellerfeld, steht (Abb. 22) und im Rahmen von Führungen auch als Gipsabguss im Oberharzer Bergwerksmuseum besichtigt werden kann.

Tischmodell der Oberharzer Wasserwirtschaft von 1892

Wie eingangs erwähnt, können sowohl die realen als auch die digitalen Modelle der Vermittlung montanwirtschaftlicher Aspekte für Wissenschaftler als auch Außenstehende dienen. Die hier im Mittelpunkt stehenden Untersuchungen hatten jedoch zum

Ziel, darüber hinausgehende Möglichkeiten zu erkennen und zu erfassen. Dafür bietet sich besonders das Tischmodell „Die Wasserwirtschaft der fiscalischen Werke des nordwestlichen Oberharzes“ an. Es wurde 1892 durch den königlichen Modellmeister der Bergakademie Clausthal Hermann Langer mit Bergschülern nach den markscheiderischen Grundlagen von Oberbergamtsmarkscheider Ernst Sandkuhl für die Weltausstellung in Chicago 1893 angefertigt. Das Tischmodell hat mit Rahmen und Tisch eine Gesamtlänge von 3,07 m, eine Breite von 1,97 m und eine Tischhöhe von 0,87 m. Das Gelände wird durch übereinandergelegte Sperrholzplatten abgebildet, die entsprechend den kartierten Höhenlinien ausgesägt wurden. Ohne Rahmen ist der reine Geländeausschnitt 2,72 x 1,595 m groß (Abb. 23). Der Brocken ragt als höchste Erhebung über den Tischrahmen hinaus.



Abb. 24: Unterschiedliche Darstellungsvarianten des digitalisierten Tischmodells. (© Grafik: G. Drechsler/NLD; © 3D-Modell: W. Hannemann/TU Clausthal)

Der Geländeausschnitt bildet eine reale Fläche von etwa 34 x 20 km ab und reicht im Norden bis Lautenthal, im Osten bis Schierke, im Süden bis St. Andreasberg und im Westen bis Münchhof. Im Westen ist damit auch das Harzvorland mit dargestellt, während nach Norden hin Goslar fehlt. Der Maßstab beträgt in Länge und Breite 1:12500, in der Höhe jedoch 1:6250. Das Tischmodell ist also bereits um das Doppelte überhöht dargestellt. Dadurch wirkt das Modell wesentlich plastischer, wodurch auch flache Geländestrukturen deutlich zum Vorschein treten.

Die Digitalisierung des Tischmodells erlaubt nun unterschiedliche Untersuchungen an dem Objekt selbst, ohne einen direkten Zugang zum realen Modell. Wie schon im letzten Artikel beschrieben,²¹ wurden die ausgewählten Modelle durch Photogrammetrie und Laserscanning digitalisiert, wobei das Tischmodell im Structure-from-Motion-Verfahren erzeugt worden ist. Das digitale Modell besteht aus einer Punktwolke, die zu einem Netz vermascht wurde. Dieses Netz lässt sich mit einer fotorealistischen Textur oder einer Oberfläche überziehen, die sich unterschiedlich gestalten lässt. Dadurch bietet sich der Vorteil, dass die farbige Oberfläche ausgeblendet werden kann, und durch den höheren Kontrast Strukturen bzw. Details – auch des Aufbaus – besser erkannt werden können. So treten die getreppten Ränder der Sperrholzplatten besonders markant hervor, wenn die farbige Textur ausgeblendet ist (Abb. 24). Im Gegensatz zu dem realen Tischmodell lässt sich das Digitalisat schließlich beliebig skalieren und überhöhen. Auch können Detailbereiche ausgeschnitten und zum Vergleich herangezogen werden. Aus konservatorischer Sicht ist der Aspekt der Zustandsdokumentation durch den digitalen Zwilling besonders wichtig.

Abb. 25: 3D-Rendering mit hervorgehobenen Stellen markanter Geländeänderungen. (© Grafik: G. Drechsler/NLD; 3D-Modell: W. Hannemann/TU Clausthal)

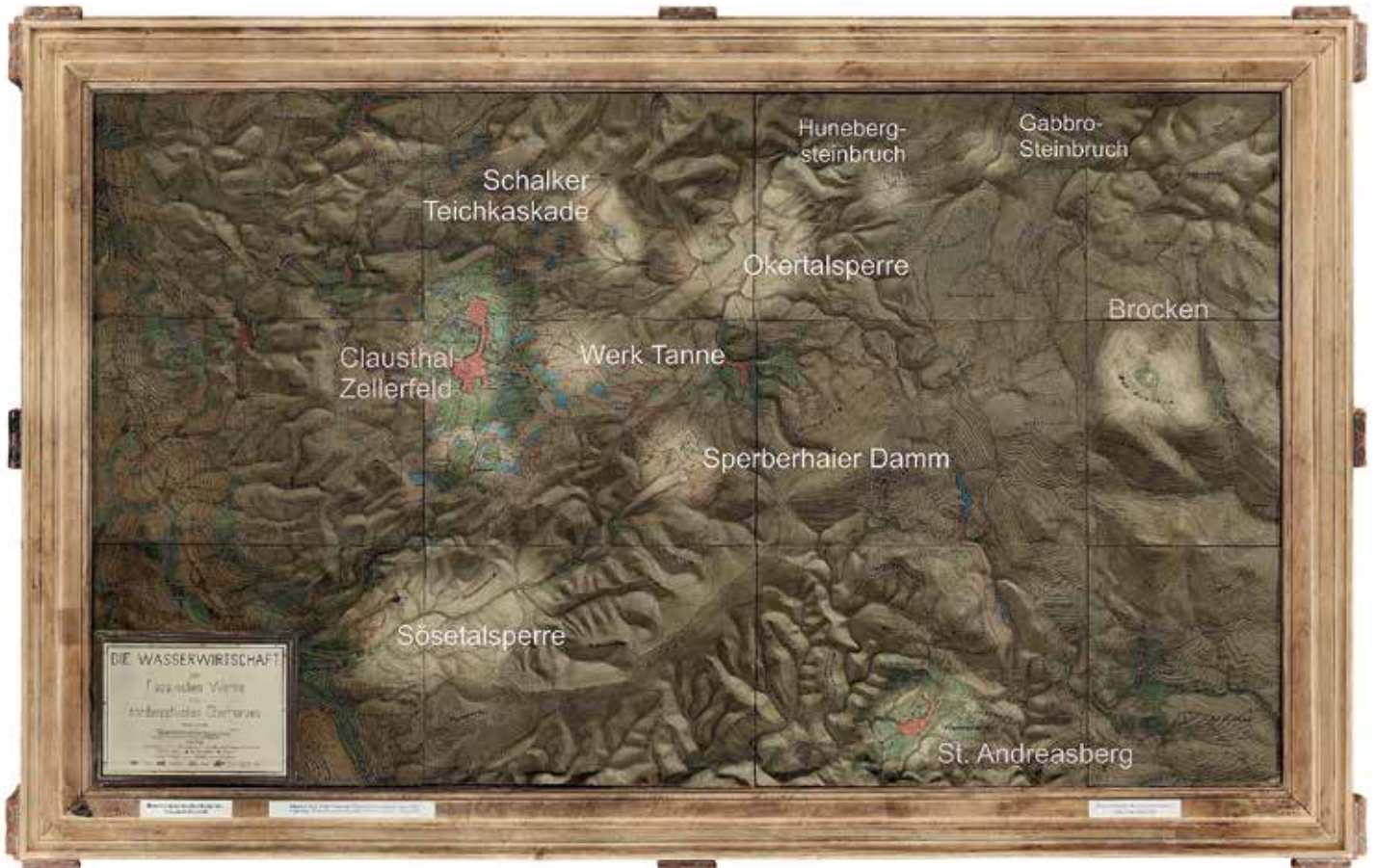




Abb. 26: Die Veränderungen im Bereich des ehemaligen Werks Tanne bei Clausthal-Zellerfeld. Oben das DGM, in der Mitte der Riss von E. Sandkuhl 1893, unten das Tischmodell. (© Grafik: G. Drechsler/NLD; oben DGM: LGLN/NLD; Mitte Riss: HSTAH BaCl Rissarchiv Nr. 997-1; unten 3D-Modell: W. Hannemann/TU Clausthal)

Der größte Unterschied zwischen dem Tisch- und dem digitalen Modell stellt neben der allgegenwärtigen Verfügbarkeit die schnellere Handhabung dar. Aber den wesentlichen Mehrwert bietet die Verschneidung und Kontextualisierung mit anderen digital vorliegenden Informationen. Zu solchen Informationen gehört das aus den LIDAR-Daten gerechnete Digitale Geländemo-

dell (DGM).²² Dieses wurde für den Harz im Jahre 2019 erstellt und weist eine Auflösung von mindestens vier Punkten pro m² auf. Das Tischmodell bildet hingegen einen 130 Jahre alten Geländezustand ab. Dabei diente es einer konkreten Fragestellung, nämlich die Zusammenhänge der Oberharzer Wasserwirtschaft auf einer großen Fläche darzustellen. So ist das Tischmodell eine selektierte Abbildung des Geländes, während das heutige DGM eine ungefilterte Zustandsdarstellung liefert. Aus denkmalpflegerischer Sicht stellte sich die Frage, ob und wie sich Veränderungen der Landschaft durch den Vergleich fassen lassen.

Durch die doppelte Überhöhung des realen Tischmodells wird bei einer Verschneidung das DGM vollständig überlagert. Deswegen musste im ersten Schritt auch das DGM um denselben Faktor überhöht werden. Die Verschneidung zeigte, dass die Geländemorphologie sehr gut abgebildet wurde, Berge und Täler sind maßstäblich dargestellt. Hier zeigt sich zum wiederholten Male das exakte Arbeiten der Markscheider.²³ Gewisse Eingriffe in die Landschaft während der letzten 100 Jahre werden klar sichtbar (Abb. 25). So sind die modernen Talsperren wie die Oker- und Sösetalsperre nur im DGM erkennbar, während das digitale Tischmodell einen Blick auf die Landschaft vor dem Eingriff ermöglicht. Ähnlich verhält es sich mit den beiden modernen Steinbrüchen, dem Gabbro- und Hunebergsteinbruch. Der hohe Verlust an Felsmasse wird deutlich vor Augen geführt. Ein weiteres Beispiel sind die Veränderungen, die mit dem Werk Tanne zusammenhängen. Dieses liegt zwischen der Pfaunteichkaskade und dem Fortunerteich. Das Werk Tanne wurde während des Zweiten Weltkriegs für die Herstellung von TNT-Sprengstoff erbaut und zerstörte Teile der alten Wegeverbindung zwischen Clausthal und Altenau, die im Tischmodell wie auch im Riss von Sandkuhl 1893 noch eingetragen sind (Abb. 26).

Der ebenfalls dort verlaufende Jägersblecker Graben wurde in diesem Bereich überprägt. Dieser ist Bestandteil der Oberharzer Wasserwirtschaft. Deren Elemente, d.h. Gräben, Teiche und Wasserläufe, sind im Gegensatz zur modellierten Geländemorphologie nur aufgemalt. Dennoch lassen sie sich mit dem DGM abgleichen, besonders weil sich durch den Verlauf über die einzelnen Höhenlinien auf den Holzplatten unterschiedliche Höhen ableiten lassen. Bemerkenswert ist der Sperberhaier Dam, der im 18. Jahrhundert angelegt wurde. Es handelt sich um ein Aquädukt, das komplett aus Erde errichtet wurde. Der Dam ermöglichte es, das gesammelte Wasser des Dammgrabensystems erstmals über die Senke des Sperberhaies auf die Clausthaler Hochebene zu führen. Im Vergleich zu den Teichdämmen hebt sich dieses gut 600 m lange Erdbauwerk auf dem Tischmodell als geradlinige Struktur gut hervor (Abb. 27). Wie gut das alte Modell die damalige Situation darstellt, lässt sich im Vergleich mit dem DGM feststellen (Abb. 28). Die Dimensionen, genauso wie der eingezeichnete Graben und die Straße unterhalb passen perfekt überein.²⁴

Ein gutes Beispiel für die historisch konservierte Situation im Tischmodell zeigt sich bei einem weiteren Vergleich im Bereich des Okerstausees (Abb. 29). Im DGM ist der Bereich der 225 ha großen Talsperre als ebene Fläche verzeichnet und bietet keine weiteren Aussagen. Auch bei einer Bestandsaufnahme der Gräben der Oberharzer Wasserwirtschaft sind in diesem Bereich keine Strukturen vermerkt worden. Erst im direkten Vergleich des Tischmodells mit dem DGM sind drei eingezeichnete Gräben aufgefallen, die Ende des 19. Jahrhunderts noch bestanden. Der Obere Graben nahm westlich des Unteren Schulenberg das Wasser des Baches „Weisse Wasser“ auf, nördlich nahm ein Gra-

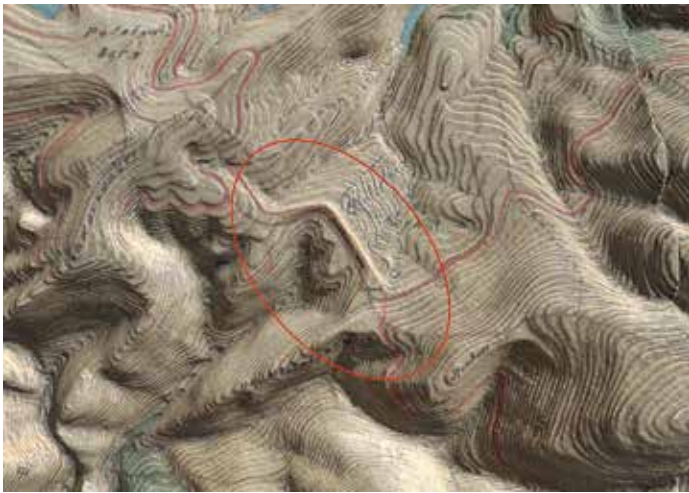


Abb. 27: Der Sperberhaier Damm ist im Tischmodell gut zu erkennen. (© Grafik: G. Drechster/NLD; 3D-Modell: W. Hannemann/TU Clausthal)

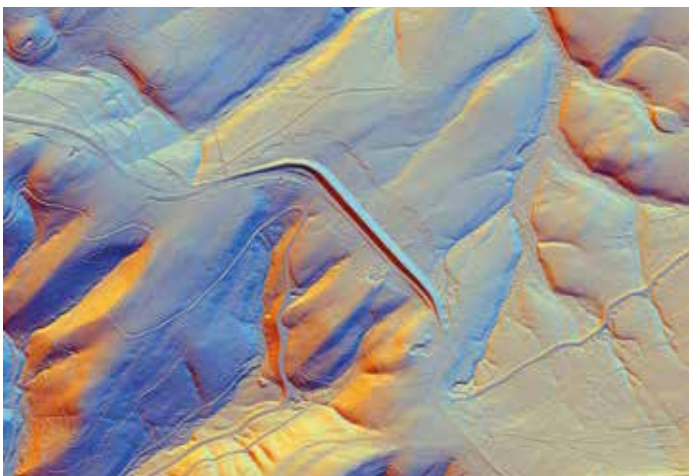


Abb. 28: Der Sperberhaier Damm im DGM mit Schräglightschummerung. Gut zu erkennen sind die Grenzen der Materialentnahmestellen im Gelände. (© Grafik: G. Drechster/NLD; DGM: LGLN/NLD)



Abb. 29: Oben das DGM im Bereich der Okertalsperre, unten das Tischmodell mit Kunstgräben vor dem Bau der Talsperre. (© Grafik: G. Drechster/NLD; DGM: LGLN/NLD; 3D-Modell: W. Hannemann/TU Clausthal)

ben das Wasser der „Großen Bramke“ auf und im Osten nahm der Gemkenthaler Graben das Wasser der Oker auf und führte es durch das im Gemkenthal. Alle drei leiteten das Wasser zu der ehemaligen Waldarbeitersiedlung unterhalb, wo es unter anderem zum Betrieb einer Sägemühle genutzt wurde. Nicht nur aufgemalte Gräben sind so überliefert, sondern auch die Höhenlinien des Gebirges.

Die kaskadenartige Anlage der Kunstteiche ist im Tischmodell leicht zu erkennen. Jedoch sind in dem Modell nur die zu der Zeit betriebenen Anlagen eingetragen. Nicht mehr genutzte Teiche, die wiederum gut im DGM erkennbar sind, werden im Tischmodell ausgeklammert. Dies lässt sich gut an der Schalker Teichkaskade nachvollziehen, die östlich von Clausthal-Zellerfeld liegt. Sie diente der Wasserversorgung von unterhalb gelegenen Bergwerken und Pochwerken. Der am höchsten Punkt der Kaskade gelegene Obere Schalker Teich wurde 1733 errichtet und im 19. Jahrhundert wieder aufgelassen. Der älteste der drei Teiche – der Mittlere Schalker Teich – wurde bereits 1670 gebaut und ebenfalls im 19. Jahrhundert aufgegeben. Heute ist nur noch der Untere Schalker Teich in Betrieb, welcher zur gleichen Zeit wie der Obere, nämlich zwischen 1729 und 1733 angelegt worden ist. Im DGM lassen sich die beiden stillgelegten Teichdäm-

me besonders gut aufgrund ihrer geschlitzten Dämme erkennen (Abb. 30).

Grundsätzlich schafft sowohl das reale Tischmodell als auch das DGM die Möglichkeit, eine große Fläche in Gänze zu erfassen. Dadurch können Zusammenhänge erkannt werden, die sich im Gelände nicht erschließen. Der Zweck unterscheidet sich nicht, aber der Detailgrad der Darstellung. Das Digitalisat bietet den Mehrwert der Veränderbarkeit und Anpassung an die jeweilige Forschungsfrage.

Ausblick

Die Entdeckung der neuen Strecken kurz vor Abschluss des Projekts macht deutlich, dass eine weiterführende Beschäftigung mit dem älteren Grubengebäude des Rammelsberges Erfolg versprechend ist. Im Bereich des mittelalterlichen Bergbaus und des technologischen Austausches in dieser Zeit gilt es, noch eine Vielzahl offener Fragen zu klären. Auch viele montangeschichtliche Hinterlassenschaften aus der frühen Neuzeit harren weiterhin einer intensiven Untersuchung und Bewertung. Schon im Verlauf des nun vorerst abgeschlossenen Projekts hat es sich als

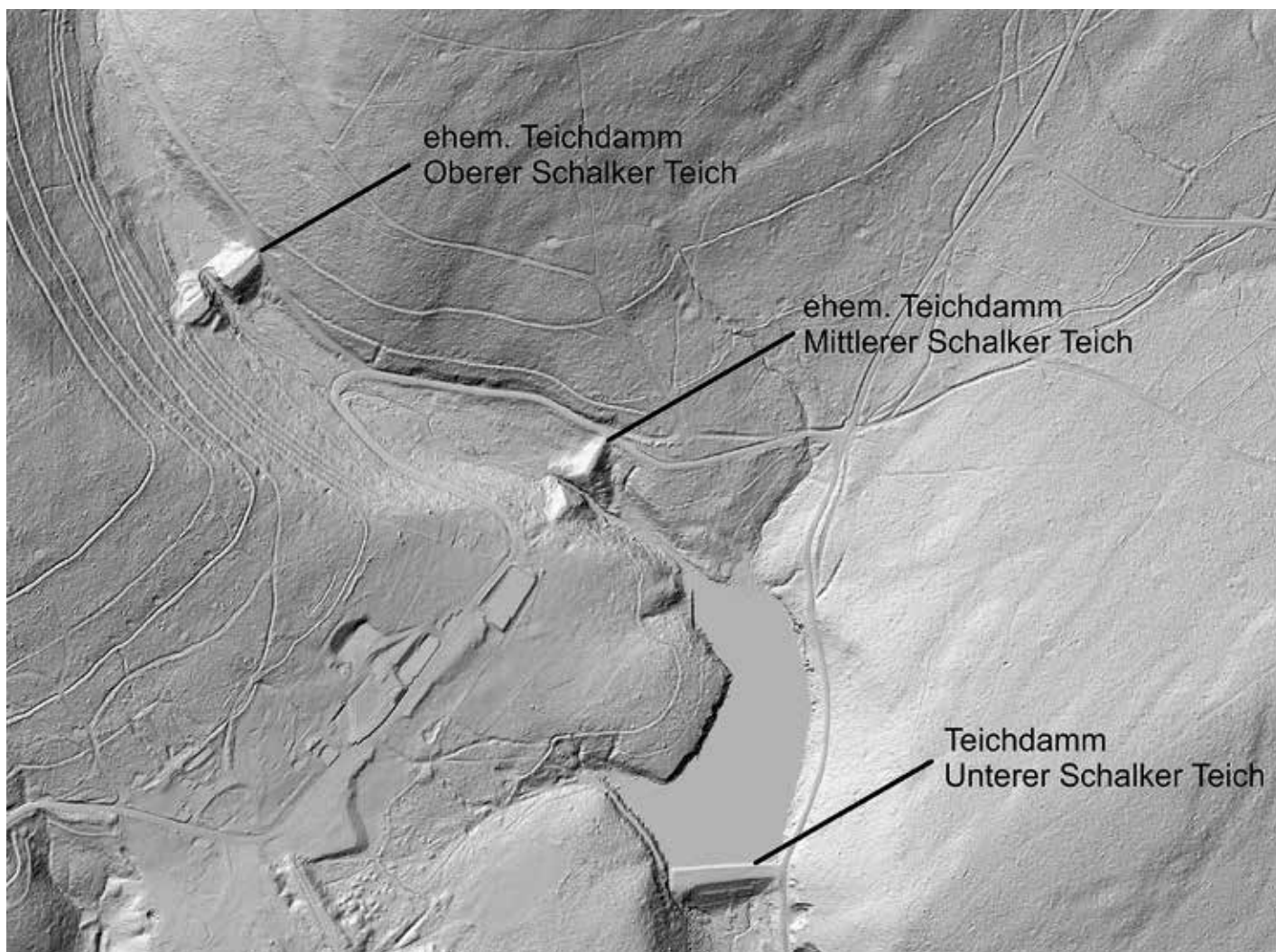


Abb. 30: Die Teichkaskade der Schalker Teiche. Der Obere und der Mittlere Teichdamm sind geschlitzt worden. (© Grafik: G. Drechsler/NLD; DGM: LGLN/NLD)

äußerst nützlich erwiesen, zur Klärung untertägiger Situationen auf die Möglichkeiten und die Expertise aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen zurückzugreifen. Die digitale Aufnahme definierter Grubenräume förderte Einsichten zutage, die sich dem menschlichen Blick vor Ort häufig entziehen. Die Ergebnisse der Vermessungen konnten häufig für die Interpretation einschlägiger neuzeitlicher Schriftstücke zurate gezogen werden. Deren Auswertung, wie auch die des umfangreichen Rammelsberger Risswerks, erlaubten – bei aller gebotenen Vorsicht – mitunter Rückschlüsse auf ältere Situationen hinsichtlich des Grubengebäudes wie auch von verschiedenen betrieblichen Abläufen.

Anhand des Tischmodells der Oberharzer Wasserwirtschaft konnte gezeigt werden, welches Forschungspotential der Vergleich der historischen Gelände- und Landschaftsmodelle mit aktuellen DGM birgt. Zwei weitere Modelle dieser Art aus dem Bergwerksmuseum Clausthal-Zellerfeld – das Modell der „Freien Bergstädte Clausthal und Zellerfeld um 1650“ und das Modell des Oberharzer Gangbergbaus, wurden ebenfalls im Projekt Altbergbau 3D digitalisiert. Auch wenn bei diesen Modellen nicht die exakte Höheninformation vorliegt, so würde es sich lohnen, ausgewählte Objekte der Bergbaulandschaft in aktuellen Daten

zu verorten und zu analysieren. Gleiches gilt für die Digitalisate der Gruben- und Lagerstättenmodelle des Rammelsberges aus dem Museum Rammelsberg.

Anmerkungen

- 1 Bereits erfolgte kleinere Publikationen: Hannemann 2019; Malek et al. 2020a; Malek et al. 2020b; Malek/Drechsler 2020; Schmidt-Händel 2021.
- 2 Malek et al 2020b.
- 3 Ebd.; Malek et al 2020a.
- 4 Feldhaus 1914, Sp. 483-485.
- 5 Stadtarchiv Goslar, Urkunden der Stadt Goslar, Nr. 890 und Nr. 898.
- 6 Schmidt-Händel 2021; Malek et al 2020b.
- 7 Stadtarchiv Goslar, B 6747.
- 8 Ebd., Fol. 13, 14, 15, 16, 23, 24, 39, 41, 42, 43, 44, 46.
- 9 Stadtarchiv Goslar, B 814.
- 10 Stadtarchiv Lüneburg, AA 10973.
- 11 Malek et al. 2020b.
- 12 Stadtarchiv Lüneburg, AA 10973, „derselbe Meister Laurens hat sich in keinen bemerkenswerten Künsten bewiesen, er hat ein Kehrrad mit Bulgen gemacht und dergleichen ist in früheren Jahren im Berg gewesen sowie die Künste von Claus von Gotha, die nach unserer Meinung besser sind.“
- 13 Burghardt 2021; Drechsler/Burghardt 2020.
- 14 Niedersächsisches Landesarchiv Wolfenbüttel, K 4185.

- 15 Die Bergordnung des Herzog Albrechts von Braunschweig für den Rammelsberg und den Harz zählt zu den ältesten dieser Quellen: Bergordnung Herzog Albrechts von Braunschweig, Urkundenbuch der Stadt Goslar und der in und bei Goslar belegenden geistlichen Stiftungen. Hg. v. d. Historischen Kommission für die Provinz Sachsen. Bearb. v. Georg Bode. 5 Bde, Halle/Berlin 1893-1922.
- 16 Ebd., Bd. 2, Nr. 169.
- 17 Vgl. Bartels et al 2007; Bartels/Klappauf 2012.
- 18 Schmidt 2003.
- 19 Malek 2016.
- 20 Teicke/Malek 2020.
- 21 Ebd.
- 22 Malek 2018.
- 23 Vgl. Malek/Drechsler 2020.
- 24 In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass im DGM östlich und westlich sehr gut die Grenzen der Materialentnahme festzustellen sind.

Bibliografie

- BARTELS, Christoph/FESSNER, Michael/KLAPPAUF, Lothar/LINKE, Friedrich-Albert:
2007 Kupfer, Blei und Silber aus dem Goslarer Rammelsberg von den Anfängen bis 1620. Die Entwicklung des Hüttenwesens von den frühmittelalterlichen Schmelzplätzen im Wald bis zur Metallerzeugung in großem Maßstab am Beginn des 17. Jahrhunderts nach den archäologischen und schriftlichen Quellen (Montanregion Harz, Bd. 8 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 181), Bochum 2007
- BARTELS, Christoph/KLAPPAUF, Lothar:
2012 Das Mittelalter. Der Aufschwung des Bergbaus unter den karolingischen und ottonischen Herrschern, die mittelalterliche Blüte und der Abschwung bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts, in: Tenfelde, Klaus u. a. (Hg.): Geschichte des Deutschen Bergbaus Bd. 1: Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts, Münster 2012, S. 111-248
- BURGHARDT, Ivonne:
2021 Personelle Kontakte zwischen dem Erzgebirge und dem Harz im Spätmittelalter und der Frühen Neuzeit, in: Ließmann, Wilfried/Langefeld, Oliver/Bock, Mathias (Hg.): „die Örther da sich Bergwerck eräuet, sonderlich privilegiren...“ – 500 Jahre Bergfreiheit in der Grafschaft Lutterberg, Clausthal-Zellerfeld 2021, S. 215-225
- DRECHSLER, Georg/BURGHARDT, Ivonne:
2020 Technologietransfer im sächsischen Erzgebirge der Frühen Neuzeit am Beispiel des Kehrades von Bad Schlema, in: Hemker, Christian (Hg.): Bergbau und Mobilität im Mittelalter (ArchaeoMontan Bd. 7 = Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen, Bd. 73). Dresden 2020. S. 77-90
- FELDHAUS, Franz Maria:
1914 Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. Ein Handbuch für Archäologen und Historiker, Museen und Sammler, Kunsthändler und Antiquare, Leipzig/Berlin 1914
- HANNEMANN, Wilhelm:
2019 Deep-Learning-Methoden zur Objekterkennung und Semantischen Segmentierung im Projekt ‚Altbergbau 3D‘, in: Mayer, G./Tondera, D./Löbel, K.-H./Busch, W. (Hg.): Tagungsband 19. Altbergbaukolloquium, 7. bis 9. November 2019, Leoben, Nossen 2019, S. 186-195
- MALEK, Katharina:
2016 Die Wasserläufe der Oberharzer Wasserwirtschaft, in: Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 36 (2016), H. 4, S. 206-208
- MALEK, Katharina:
2018 Erfassung und Controlling der Anlagen der Oberharzer Wasserwirtschaft mithilfe von Laserscan-Daten, in: Langefeld, Oliver/Ließmann, Wilfried (Hg.): „Die Wasser hoch halten ... Die Wasserwirtschaft im Bergbau. Vorträge aus dem Kolloquium 30. Juni 2018 in Clausthal-Zellerfeld, Clausthal-Zellerfeld 2018, S. 25-31
- MALEK, Katharina/DETTMER, Hans-Georg/HANNEMANN, Wilhelm/SCHMIDT-HÄNDEL, Astrid/DRECHSLER, Georg/MEYER, Jessica:
2020a Neue Forschungen zum Rammelsberg im Rahmen des Vorhabens „Altbergbau3D. Ein interdisziplinäres Projekt zur Erforschung des montanhistorischen Erbes im Harz“, in: Der Anschnitt 72 (2020), S. 2-18
- MALEK, Katharina/SCHMIDT-HÄNDEL, Astrid/DRECHSLER, Georg/SCHÄFER, Tanja/HANNEMANN, Wilhelm/DETTMER, Hans-Georg:
2020b Neue Ansätze zur Entwicklung der Wasserhaltung im Rammelsberg und erste Einblicke in die dreidimensionale Aufnahme der historischen Bergbaumodelle im Rahmen des Vorhabens „Altbergbau 3D. Ein interdisziplinäres Projekt zur Erforschung des montanhistorischen Erbes im Harz“, in: Der Anschnitt 72 (2020), S. 177-196
- MALEK, Katharina/DRECHSLER, Georg:
2020 Alte Risse – Airborne Laserscanning – Archäologie unter Tage. Neue Forschungen zum Erzbergwerk Rammelsberg. in: Stedingk, Klaus/Kleeberg, Katrin/ Großewinkelmann, Johannes (Hg.): Das reichste Erz – im UNESCO Weltkulturerbe Rammelsberg (EDGG 265), Berlin 2020, S. 79-91
- SCHMIDT, Martin:
2003 Die Wasserwirtschaft des Oberharzer Bergbaus (Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft e.V. 13), 3. Aufl. Hildesheim 2003
- SCHMIDT-HÄNDEL, Astrid:
2021 Eine Rammelsberger Grubenrechnung von 1506 als Quelle neuer Forschung, in: Ließmann, Wilfried/Langefeld, Oliver/Bock, Mathias (Hg.): „die Örther da sich Bergwerck eräuet, sonderlich privilegiren...“ – 500 Jahre Bergfreiheit in der Grafschaft Lutterberg, Clausthal-Zellerfeld 2021, S. 177-192
- TEICKE, Justus/MALEK, Katharina:
2020 Die Havarie am historischen Oberen Schalker Teichdamm im Harz, in: Wasserwirtschaft 2020, H. 10, S. 35-38

Anschriften der Autorinnen und Autoren

Dr. Katharina Malek-Custodis
Georg Drechsler M.A.
Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege
Arbeitsstelle Montanarchäologie
Bergtal 18
38640 Goslar

Dipl.-Inf. Wilhelm Hannemann
Dr. Tanja Schäfer
Technische Universität Clausthal,
Arbeitsgruppe Markscheiderische Geoinformation des
Institute of Geo-Engineering
Erzstraße 18
38678 Clausthal-Zellerfeld

Dr. Hans-Georg Dettmer
Dr. Astrid Schmidt-Händel
Weltkulturerbe Rammelsberg Museum & Besucherbergwerk
Bergtal 19
38640 Goslar