

BERICHT DER BAYERISCHEN BODENDENKMALPFLEGE

57 · 2016

Resilienz und Vulnerabilität alter Tagebaurelikte. Methoden und Ergebnisse der Persistenzmessung historischer Eisenerz-Trichtergruben um Augsburg

Von Markus Hilpert und Johannes Mahne-Bieder

Als Denkmalpfleger sind wir uns bewusst, dass einerseits immer noch neue, bisher unbekannte Bodendenkmäler entdeckt werden, andererseits bekannte Objekte allmählich von ihrer Substanz verlieren oder plötzlich zerstört werden. Dieser Denkmalverlust ist bisher allerdings nur schwer quantifizierbar gewesen.

Zumindest bei einem der hier vorgestellten Beispiele – sicher aus einer eher besonderen Denkmalgattung – lässt sich zumindest für einen Teil erkennen, in welchem Umfang dessen Bestand über einen bekannten Zeitraum eingeschränkt oder ganz verloren gegangen ist. Auch wenn man gegen die daraus abgeleitete Hochrechnung mit dem Blick in die Zukunft im Detail allerlei Einwände haben kann, zeigt sie uns doch in einer bisher unbekanntem Deutlichkeit, wie es um unsere Geschichte und unsere Denkmäler in Bayern bestellt zu sein scheint. Lediglich für die Altstadt von München gibt es entsprechende Überlegungen: Wenn die Neubebauung hier und die Ausräumung des Untergrunds im Tempo der letzten Generation fortgesetzt wird, ist die Landeshauptstadt – vielleicht abgesehen von dem öffentlichen Straßenraum – in wenigen Jahrzehnten eine archäologische Wüste.

C. Sebastian Sommer

ALTER EISENERZ-BERGBAU IN DER REGION AUGSBURG

Die Eisenerzgewinnung begann im Tertiärhügelland um Augsburg vermutlich im Frühmittelalter (Abb. 1). Die Menschen förderten eisenhaltige Geoden (Abb. 2)

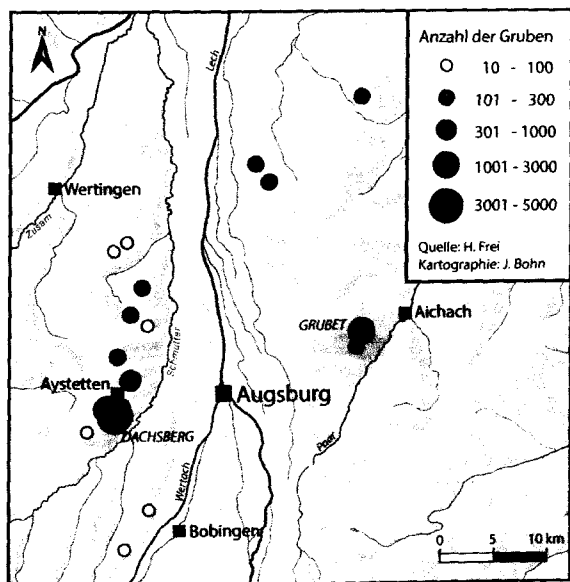


Abb. 1. Eisenerz-Trichtergruben in der Region Augsburg (Karte: J. Bohn/M. Hilpert; verändert nach Frei 1966).

aus einer Tiefe von bis zu 10 m aus wohl ungesicherten, mehrere Meter durchmessenden Trichtergruben, sogenannten Pinggen. Das so ausgrabene Eisenerz war vergleichsweise hochwertig, denn Röntgenfluoreszenzanalysen von Proben aus dem Trichtergrubenfeld „Grubet“ bei Aichach weisen Fe_2O_3 -Anteile von rund 65 % bis 75 % auf. Die gefördertene Eisenerzknollen wurden dort im frühen Mittelalter auch vor Ort in einfachen, aus Lehm gebauten Rennöfen zu Roheisen verhüttet (BLfH 2013, S. 54).

Über die Entstehung der Eisenerzgeoden existieren derzeit zwei Thesen: Nach Frei (1966) hat die Körnung des geologischen Untergrunds entscheidenden Einfluss auf die Genese. Demnach würde durch humose, säurehaltige Wässer das Eisenerz im anstehenden Grobmaterial gelöst und durch kolloidales Sickerwasser abtransportiert. Mit zunehmender Tiefe würde die Fließgeschwindigkeit jedoch im feinkörnigeren Substrat reduziert, so dass eine Ausflockung des gelösten Eisens in den Feinkiesen und Sanden als knollenartige Verfestigungen erfolgen könnte. In der Regel zieht dabei ein Kristallisationskern (z. B. ein mit einer dünnen Eisenschicht bekleidetes Sandkorn) die eisenhaltige Lösung an, wodurch konzentrische, patinaähnliche Eisenschichten um den Kern entstehen würden.

Straßburger (2012) erklärt hingegen die Entstehung der Erzgeoden bereits während der Bildung der oberen Süßwassermolasse-Sedimente im Miozän (vor 17 bis 10 Mio. Jahre). Dabei seien die knollenartigen Ablagerungen im Süßwasser unter Beteiligung von Kleinstlebewesen (Algen und Bakterien) entstanden. Sie füllten durch Oxidation an der Grenze zwischen den Sedimenten und dem sauerstoffreichen Wasser das zweiwertige, im Wasser gelöste Eisen aus.

Beide Thesen erklären somit unterschiedlich die Lagerstätten der Eisenerzgeoden in einer spezifischen geologischen Schicht. Da diese fast stets in einer einheitlichen Höhe von rund 500 m über Normalnull (Abb. 3), weshalb bei bewegtem Relief unterschiedliche Teufen der Gruben notwendig waren.

GEFÄHRDUNG DER PINGENFELDER

Als Hohlformen in physikalisch relativ weichem Untergrund haben die Grubenrelikte verhältnismäßig wenig Widerstandskraft gegen mechanische Einflüsse, ihre Resilienz gegenüber exogenen Einflüssen ist also gering. Im Gegensatz zu massiveren Objekten, wie beispielsweise Gebäuden, kennzeichnet die Trichtergruben damit eine höhere Vulnerabilität. Unter den zahlreichen Gefährdungspotenzialen sind fünf Faktoren virulent:

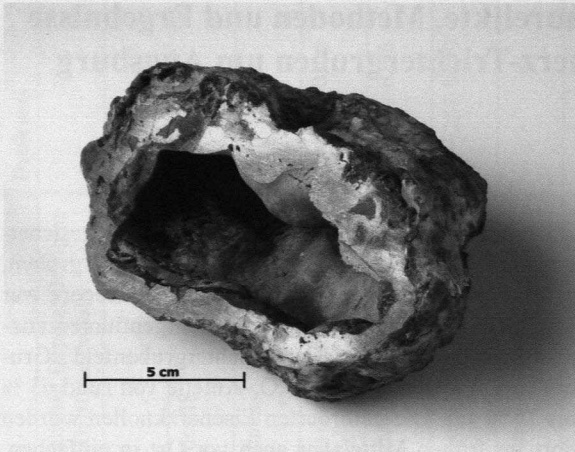
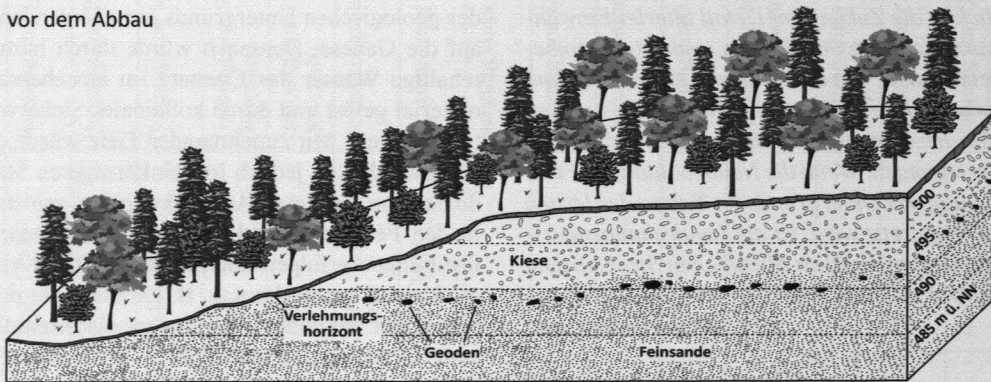


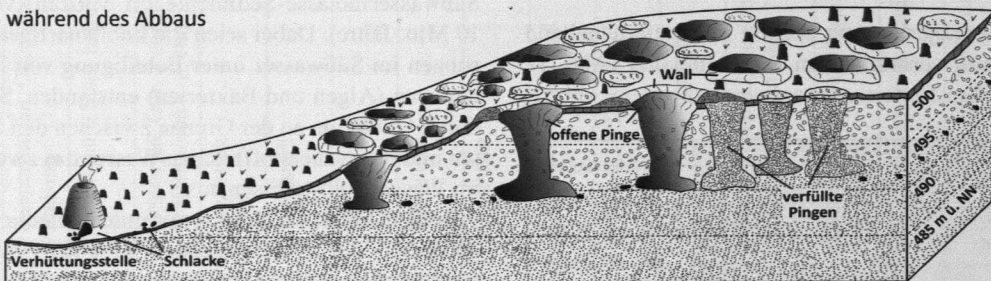
Abb. 2. Eisenerzgeode (Schnitt) aus dem Tertiärhügelland (Foto: Hans Frei).

- Natürliche Erosion oder Verfüllung: Die Lage auf Höhenrücken und an Hängen begünstigte im Laufe der Jahrhunderte, besonders bei Starkregenereignissen, eine Nivellierung der historischen Grubentopografie. Zudem fungieren die Pingen als Sedimentfallen und akkumulieren daher mehr Streu, Laub und anorganisches Material als das umliegende Gelände. Auch die Flora beeinflusst die natürliche Zerstörung. Beispielsweise ergaben Probebohrungen in ausgewählten Trichtergruben bei Aystetten unterschiedliche Verfüllungsniveaus mit Streu, Laub und Humus je nach Bestand mit Buchen oder Fichten.
- Verkehrswegebau: Nicht selten verlaufen befestigte Wege durch Pingenfelder. Zudem schädigen auch provisorische Zufahrtswege für die Baumaschinen die Gruben, denn beim Trassenbau sind oft erhebliche Erdarbeiten nötig, wodurch Zerstörungskor-

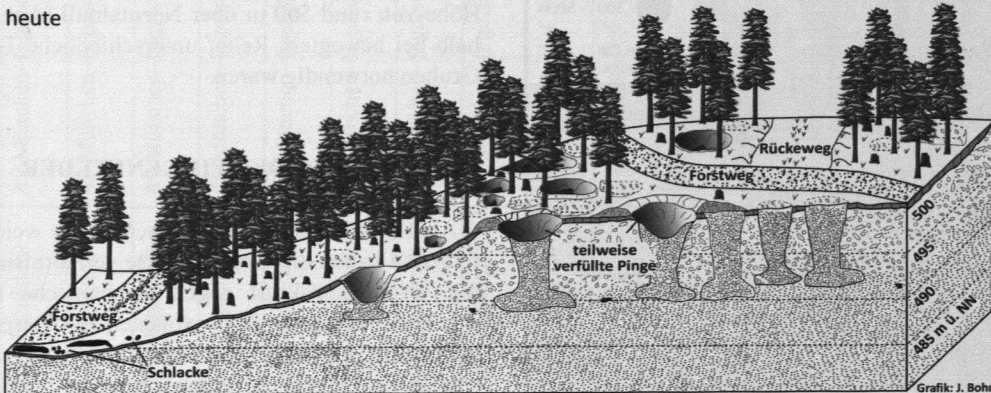
vor dem Abbau



während des Abbaus



heute



Grafik: J. Bohn

Abb. 3. Pingenfelder vor, während und nach dem Abbau (Grafik: J. Bohn/M. Hilpert/J. Mahne-Bieder).



Abb. 4. Vom Straßenbau tangiertes Pingenfeld bei Zusmarshausen, Lkr. Augsburg (Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung 2015; Kartierung: BLfD).

ridore entstehen, die wesentlich breiter sind als die eigentliche Trasse. Solche Veränderungen wären vermeidbar, wenn bereits bei der Wegeplanung die Pingenfelder umgangen würden. Meist unterliegt jedoch der Schutz der Relikte des mittelalterlichen Bergbaus in der Abwägung gegenüber den erhöhten Kosten einer Trassenverlegung. Außerdem gelten auch überbaute Rest-Bodendenkmäler als geschützt, da ihre subkutanen Komponenten erhalten bleiben (Abb. 4).

- Siedlungsbau: Nicht wenige ländliche Siedlungen, besonders im Einzugsgebiet größerer Städte, unterliegen einem hohen Wachstumsdruck. Darüber hinaus werden zunehmend Gewerbegebiete im ländlichen Raum ausgewiesen, denn sowohl der Zuzug von Wohnbevölkerung als auch von Betrieben benötigt Flächen. Daher werden gerade in der Nähe von

Ortschaften gelegene Pingenfelder durch die Ausweisung neuer Wohn- und Gewerbegebiete gefährdet. Nach einer Bebauung dieser Flächen sind die Trichtergruben dann meist vollständig zerstört.

- Landwirtschaft: Die intensive Agrartechnik mit ihren schweren Traktoren und Erntemaschinen verdichtet den Boden und verfüllt alte Hohlformen. Das regelmäßige Bearbeiten der Flur ebnet schließlich die Mikrotopografie ein. Daher sind Pingen auf Ackerflächen meist zerstört. Fallweise kann man sie jedoch in Luftbildern noch erkennen. Da heute aber kaum mehr neue Flächen unter den Pflug genommen werden, sind in naher Zukunft kaum weitere Zerstörungen durch die Landwirtschaft zu erwarten.
- Forstwirtschaft: Gut erhaltene Trichtergruben finden sich meist in Forsten, da die Wachstumszeiten



Abb. 5. Das „Grubet“ bei Aichach-Oberschneitbach, Lkr. Aichach-Friedberg, im Kartenvergleich 2015 und 19. Jahrhundert (Karten: Bayerische Vermessungsverwaltung 2015).

der Bäume relativ lang sind und so Forstarbeiten nur in großen zeitlichen Abständen anstehen. Entsprechend waren die anthropogenen Eingriffe in den letzten Jahrhunderten relativ geringer. In jüngster Zeit kommen allerdings vermehrt sogenannte Harvester und Forwarder für Baumfällarbeiten zum Einsatz. Diese schweren Maschinen führen zu starken Veränderungen des Mikroreliefs, gerade auf aufgeweichten Böden. Durch ihr Gewicht zerstören diese Vollerntemaschinen und Transportfahrzeuge oft sämtliche Trichtergruben. Wenn sie jedoch immer dieselben Gassen nutzen, bleibt die Zerstörung zumindest lokal begrenzt. Diese Beschränkung ist eine der effektivsten Schutzmaßnahmen, die hauptsächlich über Absprachen mit den Waldbesitzern realisiert wird. So lassen sich Schäden minimieren.

ERFASSUNG UND MESSUNG VON ZERSTÖRUNGEN

Um Veränderungen an Pingenfeldern zu erkennen, muss zunächst deren Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0 bekannt sein. Die Pingenfelder Bayerns sind mittlerweile flächendeckend erfasst und sowohl in den Publikationen des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege (BLfD) als auch online im Denkmalatlas Bayern veröffentlicht. Allerdings werden deren Daten (z. B. Anzahl der Pingen) nicht regelmäßig aktualisiert, und auch Veränderungen der Ausdehnung der Pingenfelder oder des Zustands der Trichtergruben wer-

den nur selten kontrolliert. Daher bedarf es älterer oder aktuellerer Vermessungsdaten, um die Zustandsveränderungen festzustellen. Hierfür gibt es unterschiedliche Techniken (Tab. 1):

a. Karteninterpretation: Um Veränderungen eines Grubenfeldes vor seiner erstmaligen kartografischen Dokumentation messen zu können, müssen ältere Aufzeichnungen (Altkarten) vorliegen. Bisher sind keine kartografischen Aufzeichnungen zur ursprünglichen Ausdehnung des mittelalterlichen Abbaus bekannt. Auch gibt es kaum Karten vor 1800, in denen der Abbau verzeichnet sein könnte. Folglich bleibt nur die Analyse der ersten umfassenden Vermessung Bayerns. Diese Urpositionsblätter im Maßstab 1 : 25 000 entstanden zwischen 1817 und 1872 aus den Originalskizzen, die während der Vermessung angefertigt wurden. Jedes Blatt deckt dabei eine Fläche von rund 87 km² ab. Sie sind in ihrer Ausführung aber nicht einheitlich, da sich während der langjährigen Aufnahme die Ausführungsvorschriften mehrfach änderten. In diesen Urpositionsblättern sind einige Trichtergrubenfelder bereits namentlich vermerkt, so auch das „Grubet“ bei Aichach (Abb. 5). Der Fokus bei ihrer Anfertigung lag aber auf der möglichst exakten Darstellung der Topografie, Gewässer und Verkehrswege, sodass weder Bau- noch Bodendenkmäler in besonderer Weise erfasst wurden. Deshalb lässt sich aus diesen Kartenwerken die damalige Ausdehnung der Trichtergrubenfelder nicht ablesen. Die Urpositionsblätter sind also nicht geeignet, um Veränderungen von Pingenfeldern zu messen.

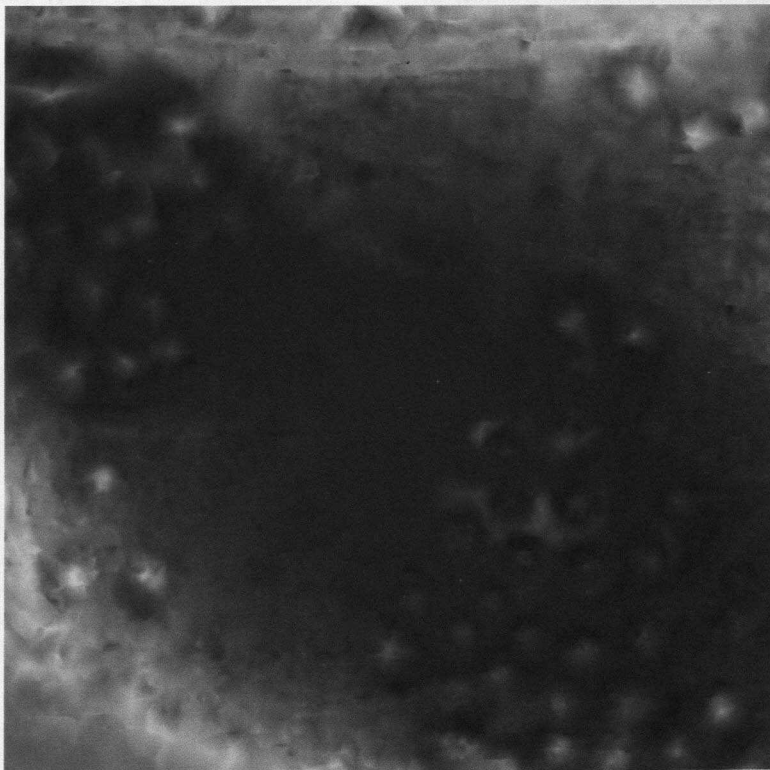


Abb. 6. ALS-Daten eines Ausschnitts des Pingenfelds bei Aystetten, Lkr. Augsburg (Wolfgang Schuster, Bayerische Vermessungsverwaltung 2014).

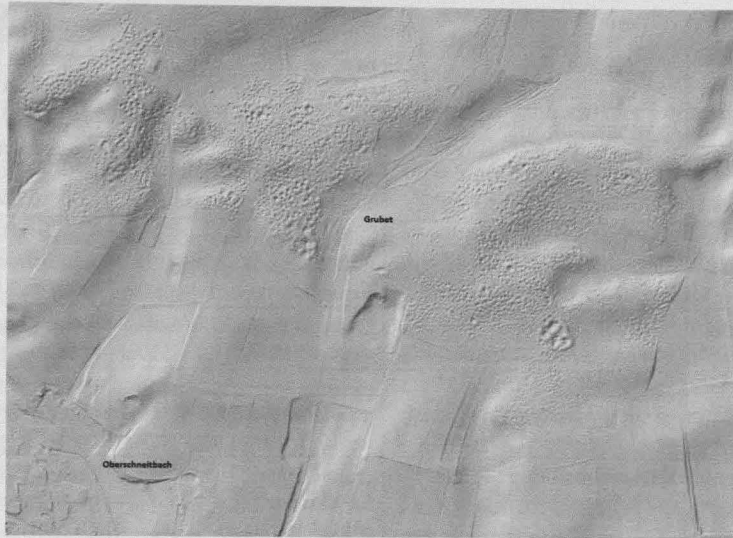


Abb. 7. Schräglichtschummerungsdarstellung des „Grubets“ (Abbildung: Bayerische Vermessungsverwaltung 2015).

Einen viel höheren Informationsgehalt als die Urpositionenblätter enthält die heutige topografische Karte Bayerns. Trichtergruben sind sogar mit einem eigenen Symbol gekennzeichnet. Jedoch ist dabei nur die ungefähre Ausdehnung der Abbauareale erfasst. Zudem zeigen die Symbole nur Pingenfelder und nicht den exakten Standort einzelner Gruben an (Abb. 5). Die Darstellung der Verbreitung ist außerdem weniger genau als beispielsweise im bayerischen Denkmalatlas. Daher eignen sich auch unsere heutigen topografischen Karten nicht für eine Analyse der Veränderung von Pingenfeldern.

b. Luft- und Satellitenbilder: Um Veränderungen eines Pingenfeldes zwischen der ersten Erfassung (t_0) und dem aktuellen Zustand messen zu können, bedarf es neuer Aufnahmen. Heute liegen flächendeckend Satelliten- und Luftaufnahmen von Bayern vor. Um Trichtergruben auf solchen Bildern zu identifizieren, dürfen diese nicht in Wäldern liegen. Zudem können nur Experten mit langjähriger Erfahrung solche Satellitenbilder vollständig auswerten bzw. die geringen Veränderungen der Mikrotopografie, wie sie Trichterguben verursachen, erkennen. Entscheidend ist dabei auch der Zeitpunkt der Aufnahme. Trichtergruben lassen sich besonders gut bei einer geschlossenen Schneedecke im Luft- oder Satellitenbild identifizieren. Liegen solche Aufnahmen nicht vor, müssten sie erst angefertigt werden, was mit einigen Kosten verbunden ist. Um untersuchen zu können, ob auf der Fläche eines heutigen Ackers einst Trichtergruben waren, braucht man freilich während der Brachzeit angefertigte Aufnahmen. Zudem sind die stark zerstörten Pingen auf landwirtschaftlicher Flur nur noch durch Verfärbungen im Boden auszumachen, die aber nicht immer eindeutig den alten Gruben zugeordnet werden können.

c. Airborne-Laserscans: Andere Fernerkundungsmethoden können die Nachteile der Luft- und Satellitenbilder ausgleichen. So ermöglichen Airborne-Laserscans (ALS), auch in Wäldern die Mikrotopografie sichtbar zu machen. Dazu wird ein Laserscanner an einem Flugzeug oder Helikopter montiert und das zu vermessende Gebiet überflogen. Währenddessen sendet der Scanner einen Laserstrahl aus, der von den Oberflächen, auf die er trifft, reflektiert wird. Sensoren messen so die Entfernung zwischen Scanner und Objekt. Manche Geräte sind auch in der Lage, mehrere kurze Pulsfolgen auszusenden. An der Intensität der reflektierten Strahlen kann dabei in bewaldeten Gebieten sogar zwischen den Reflektionen der Baumkronen und des Bodens unterschieden werden. Dieser Vorteil kommt nicht nur bei der Erstellung von Geländemodellen, sondern auch bei der Identifikation von kleineren topografischen Elementen wie den Trichtergruben zum Tragen: Zur Darstellung der Bodenoberfläche rechnet man die Messpunkte der Baumkronen heraus. Die dabei generierten Ergebnisse sind selbst mit wenig Übung auch von Laien interpretierbar (Abb. 6). Allerdings sind die ALS-Daten, zumindest in ihrer Rohform, nicht frei zugänglich, sondern müssen bei den jeweiligen Landesvermessungsämtern käuflich erworben werden.

d. Schräglichtschummerung: Die Schräglichtschummerungsbilder der Bayerischen Landesvermessung basieren auf ALS-Daten. Es handelt sich um bereits aufbereitete Darstellungen der Geländeoberfläche, die über das Onlineangebot RISBY frei erhältlich sind. Allerdings lassen sie wegen ihrer starken Generalisierung nicht jede Veränderung der Mikrotopografie, wie beispielsweise Baumrückgassen, erkennen. Stärkere Beeinträchtigungen der Pingenfelder, wie Straßentrassen, sind aber selbst von Laien leicht identifizierbar.

Method	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Karteninterpretation	kostengünstig von Laien durchführbar	evtl. veraltet relativ ungenau	ungefähre Ausdehnung von Pingenfeldern ablesbar
Luft- und Satellitenbilder	kostengünstig flächendeckend vorhanden	nur von Experten durchführbar nicht in Wäldern durchführbar	genaue Ausdehnung eines Pingenfeldes ablesbar
ALS	sehr hochauflösende Reliefdarstellung von Laien interpretierbar	spezielle Software nötig kostenintensiv	genaue Ausdehnung eines Pingenfeldes ablesbar, auch kleinräumige Analysen möglich
Schräglightschummerung	kostengünstig von Laien interpretierbar	kleinere Veränderungen nicht sichtbar	relativ genaue Ausdehnung eines Pingenfeldes ablesbar
GPS	kostengünstig vergleichsweise schnell von Laien durchführbar	mehrere Messungen nötig geländeabhängig	relativ genaue Positionsbestimmung möglich
Theodolit/Tachymeter	sehr genau geländeunabhängig	teure Geräte Schulung nötig zeitaufwendig	genaue Größen- und Positionsbestimmung möglich

Tab. 1. Methoden zur Erfassung und Messung von Trichtergrubenfeldern im Vergleich.

Die Pingen erscheinen bei der Schräglightschummerung sehr eindeutig als kleine Hohlformen, weil durch die virtuelle Beleuchtung für das menschliche Auge der Eindruck von Dreidimensionalität des Geländemodells entsteht (Abb. 7). Daher können auch Laien mit wenig Übung die Topografie des Geländes korrekt interpretieren und so Trichtergrubenfelder identifizieren.

- e. **GPS:** Pingenfelder und einzelne Trichtergruben können selbstverständlich auch vor Ort vermessen werden, beispielsweise per GPS. Mit Hilfe von zahlreichen Satelliten ist es möglich, dabei eine beliebige Position auf bis zu 1 cm genau zu bestimmen. Je mehr Signale empfangen werden, desto genauer lässt sich die Position festlegen. Zwar ist die Genauigkeit des US-amerikanischen GPS – als verbreitetes System – aufgrund seiner militärischen Provenienz für zivile Einsätze limitiert (um beispielsweise terroristischem Missbrauch vorzubeugen); es gibt jedoch verschiedene Möglichkeiten (z. B. DGPS, Internetverbindung zu Referenzstationen), um den systeminternen Fehler auszugleichen und so die Position auf einige Zentimeter genau zu bestimmen. Trotz exakter Messmöglichkeiten ist das GPS nicht immer und überall anwendbar. So zieht beispielsweise das US-Militär im Kriegsfall viele Satelliten über dem Krisengebiet zusammen, um seinen Truppen die besten Positionsbestimmungen zu ermöglichen. Andernorts ist dann der Empfang der Satellitensignale nahezu unmöglich. Nur mit geeigneten GPS-Empfängern kann man dann noch auf das russische Satellitensystem GLONAS zurückgreifen; das europäische Äquivalent Galileo ist indes noch nicht einsatzbereit. Doch selbst wenn alle GPS-Satelliten verfügbar sind oder die Nutzung der GLONAS-Satelliten technisch möglich ist, eignen sich GPS-Empfänger nicht in jedem Gelände zur Positionsbestimmung von Trichtergruben. Die Gerä-

te benötigen nämlich eine direkte Sichtlinie zu den Satelliten, um deren Signale empfangen zu können. Gerade in Wäldern können daher nicht selten die mindestens vier benötigten Satellitensignale nicht empfangen werden. Dann ist eine Positionsbestimmung per GPS nicht mehr möglich.

- f. **Theodolit/Tachymeter:** Die Vermessung mit Hilfe eines Theodoliten ist grundsätzlich überall möglich. Ein Theodolit misst zwar nur Winkel, aktuelle Geräte auch noch Entfernungen (Tachymeter); ist der Standort des Theodoliten aber bekannt, kann ein Ziel mit diesem eingemessen werden. Dabei wird ein Reflektor auf dem zu bestimmenden Ziel platziert und die Entfernung per Tachymeter gemessen. Wenn dann der Winkel zum nächsten bekannten Vermessungspunkt bestimmt ist, kann die Lage des neu vermessenen Punkts ermittelt werden. Steht kein Vermessungspunkt zur Verfügung, lässt sich die Position des Theodoliten auch per Kompass feststellen. Sichtbare Landmarken (z. B. Kirchtürme mit bekannter Position bzw. Koordinaten) können dann als Referenzziel dienen. Der zu vermessende Punkt kann aber auch bestimmt werden, indem das Tachymeter auf diesem steht und die Winkel sowie die Entfernungen zwischen dem Zielpunkt und zwei Referenzpunkten gemessen werden, um so den Zielpunkt (Standort des Tachymeters) zu bestimmen. Allerdings müssen die Referenzpunkte immer sichtbar sein. Gerade in Wäldern können Bäume oder Buschwerk aber die Sichtlinien blockieren. Dann müssen ein oder mehrere Zwischenpunkte vermessen werden, um sichtbare Referenzpunkte zu generieren. Eine weitere Schwierigkeit ist die Positionsbestimmung des ersten Standorts des Tachymeters. Während in Ortschaften meist zahlreiche Vermessungspunkte existieren, deren Koordinaten bekannt sind, ist dies in Wäldern häufig nicht der Fall. Nicht selten ist dann der am nächsten liegende Vermes-

sungspunkt mehrere Kilometer entfernt. Sind dann noch die Sichtlinien zu Fernzielen blockiert, muss entweder per Triangulation ein Referenzpunkt im zu vermessenden Gebiet eingemessen oder dessen Koordinaten per GPS bestimmt werden. Zudem ist die Vermessung mit einem Theodoliten sehr zeitaufwendig, vor allem wenn Sichtlinien zu Referenzpunkten blockiert sind. Außerdem bedarf die Bedienung eines Tachymeters einiger Übung. Auch die Berechnung der Koordinaten der vermessenen Pingen oder Pingenfelder aus der Winkel- und Entfernungsmessung verlangt zusätzliche Arbeitszeit.

VERÄNDERUNGEN DER PINGENFELDER IM „GRUBET“

Das „Grubet“ bei Aichach mit seinen rund 3500 Pingen (Benedikt et al. 1992) ist heute noch relativ gut erhalten. Es steht wie alle mittelalterlichen Bergbaustandorte unter Denkmalschutz. Auch die Lage in einem Forst hat zum Erhalt der Anlagen beigetragen, da Eingriffe aufgrund der langen Wachstumszeit der Bäume nur selten vorgenommen werden. Dennoch sind Ver-

änderungen und auch die Zerstörung einzelner Pingen in einem bewirtschafteten Forst nicht auszuschließen.

Über die mittelalterlichen und neuzeitlichen Veränderungen im Grubet können nur wenige Aussagen getroffen werden, da Vergleichsdaten oder -karten zu verschiedenen Epochen nicht vorliegen. Die Vielzahl, Tiefen und Durchmesser der noch vorhandenen Pingen lassen aber auf einen vergleichsweise geringen Eingriff des Menschen in früheren Zeiten schließen.

Erstmals wurden Teilareale des „Grubets“ im Jahr 1964 systematisch vermessen und kartiert (Frei 1966). Diese Grundaufnahmen ermöglichten 41 Jahre später die Messung und Bewertung der anthropogenen Veränderungen der Pingen, basierend auf einer erneuten, systematischen Geländebegehung im Jahr 2005.

Abb. 8 zeigt auf Basis der von Frei (1966) vorgelegten Kartierung eines 2,74 ha großen Teils des „Grubets“ den Eingriff des Menschen in die Morphologie des Pingenfeldes. Deutlich zu erkennen ist, dass allein in den vergangenen 41 Jahren sehr viele Pingen merklich eingeebnet, teilweise sogar völlig zerstört wurden. Insbesondere entlang neuer wald- und forstwirtschaftlicher Wege sind zahlreiche Trichtergruben oberflächlich fast gänzlich verschwunden (eingeebnet oder verfüllt).

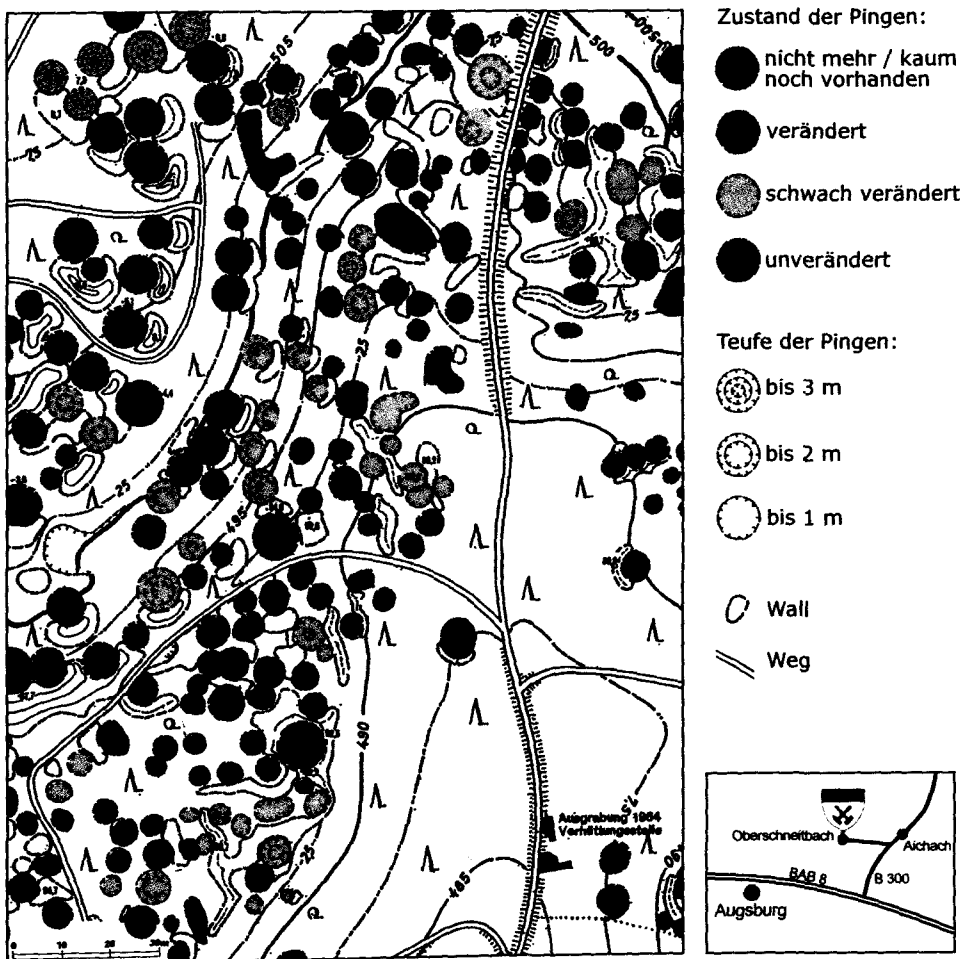


Abb. 8. Ausschnitt des „Grubet“ bei Aichach-Oberschneitbach, Lkr. Aichach-Friedberg. Veränderungen der Pingen zwischen 1964 und 2005 (Kartengrundlage nach Frei 1966, verändert. Entwurf: M. Hilpert; Kartografie: J. Bohn, Universität Augsburg).

	insgesamt		unverändert		schwach verändert		verändert		nicht mehr/kaum noch vorhanden	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
1964–2005	219	100	40	18,3	51	23,3	71	32,4	57	26,0
2005–2046	219	100	7	3,2	19	8,7	38	17,4	155	70,8

Tab. 2. Grad der Veränderungen der Pingen im „Grubet“ bei Aichach.

Die statistische Auswertung der kartografischen Befunde ergibt einen Anteil ungestörter bzw. nicht veränderter Trichtergruben von lediglich 18,3 %. Demnach war nur noch knapp jede fünfte Pinge nach 41 Jahren unverändert. In vier Fünftel (81,7 %) der insgesamt 219 Trichtergruben des Teilareals wurden verschieden intensive (natürliche und anthropogene) Veränderungen festgestellt. Mehr als ein Viertel (26,0 %) der Pingen ist zwischen 1964 und 2005 sogar vollständig verschwunden (Hilpert 2007).

Interessant ist in diesem Kontext die Frage nach der zukünftig zu erwartenden Veränderung der Pingen. Werden die prozentualen Anteile der Veränderungsgrade als temporäre Ereigniswahrscheinlichkeiten für die vier Stufen (18,3 % für die erste Stufe, 23,3 % für zweite Stufe usw.) interpretiert, so kann davon ausgegangen werden (ansonsten existieren keine weiteren Anhaltspunkte für etwaige Wahrscheinlichkeiten), dass diese Verteilung bei einer linearen Entwicklung immer gilt. Dafür spricht auch, dass im Ergebnis dieser Verteilung bereits sämtliche Veränderungsfaktoren (Entwicklung der forstwirtschaftlichen Technik, Bodendenkmal-schutz etc.) enthalten sind. Demnach ist klar, dass die Verteilungsentwicklung der einzelnen Eintrittstypen in der Vergangenheit (1964 bis 2005) auch für die nächsten 41 Jahre (2005 bis 2046) gilt. Geht man von konstant bleibenden Eingriffen aus, werden voraussichtlich im Jahr 2046 nur noch 3,2 % der Pingen vollständig erhalten, aber rund 70,8 % völlig verschwunden sein (Tab. 2).

VERÄNDERUNGEN DER PINGENFELDER BEI AYSTETTEN

Südlich von Aystetten erstrecken sich zwei Pingenfelder auf den Höhenzügen des Aystetter Bergs und des Ottmarshäuser Bergs (Abb. 1). Den Untergrund stellen oberhalb von 510 m ü. N.N. biberzeitliche Deckschotter, darunter steht die feinkörnige Obere Süßwassermolasse (OSM) an. An der Faziesgrenze finden sich die Eisenerzgeoden. Die Trichtergruben sind deshalb ausschließlich in den Schottern in die Tiefe getrieben worden. Sie werden am Hang immer flacher, da hier die biberzeitlichen Sedimente immer geringmächtiger werden und somit schon in geringer Tiefe die Eisenerzgeoden zu gewinnen waren.

Im Jahr 1964 (t_0) legte Frei mit Hilfe von Kompass und Schrittmaß erstmals eine einfache Kartierung der beiden Pingenfelder vor. Eine erneute Vermessung der Areale erfolgte im Jahr 2014 (t_1) mittels Analyse der Schräglichtschummerungsdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung, die durch Feldbegehungen kontrolliert wurde. Beide Geländeaufnahmen ermöglichen eine synoptische Analyse der Veränderung der Pingenfelder (Abb. 9). Demnach hat sich die Fläche mit obertägig erhaltenen Relikten des mittelalterlichen Bergbaus in 50 Jahren um etwa 40 % reduziert.

Drei Faktoren tragen im Untersuchungsgebiet zur Zerstörung der Pingen bei: Zum ersten überlagern einzelne Forstwege reihenartig Trichtergruben, zum zwei-

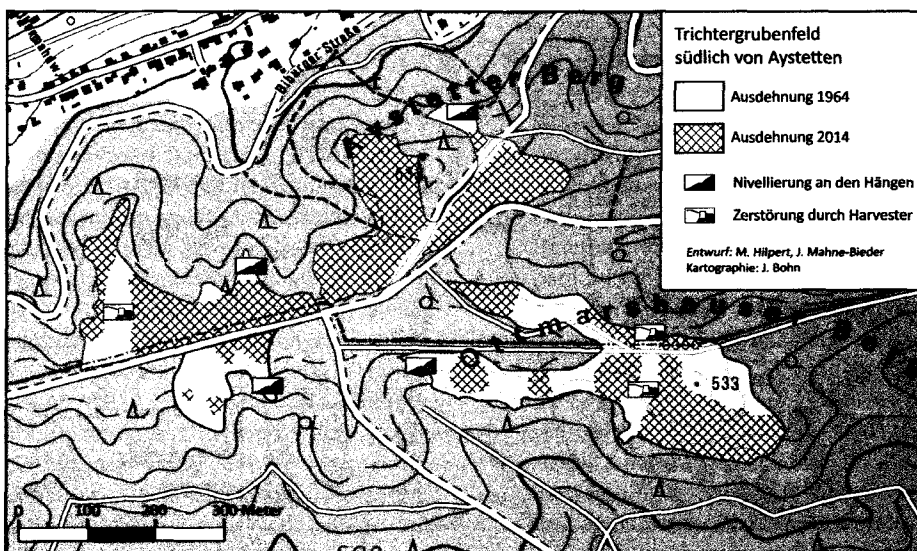


Abb. 9. Zerstörung der Pingen bei Aystetten, Lkr. Augsburg (Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung; Kartierung Entwurf: M. Hilpert; Kartografie: J. Bohn).

ten nivelliert aber auch die natürliche Erosion vor allem die flachen Trichtergruben in den Hangbereichen, weil dort sowohl die Reliefenergie höher (und damit die Erosion größer) ist als auch die Pinggen aufgrund der geringeren Mächtigkeit der Deckschotter weniger tief und somit schneller verfüllt sind. Zum dritten bedrohen moderne Forstmaschinen die Grubenfelder südlich von Aystetten. Beispielsweise verläuft ein in den Schräglightschummerungsdaten erkennbarer Korridor mitten durch das Trichtergrubenfeld auf dem Ottmarshauser Berg. Dieser konnte bei einer Begehung als Baumrückgasse identifiziert werden. Durch die Befahrung mit den schweren Harvestern sind hier keinerlei Pinggen mehr im Gelände auszumachen.

Die drei Zerstörungsfaktoren verursachen eine Verinselung der noch sichtbaren Pinggenfelder: Zum einen werden die ehemals zusammenhängenden Areale durch neue Forstwege und Baumrückgassen zerschnitten. Zum anderen führt die natürliche Erosion vor allem an Hängen zu einer Zerstörung flachgründiger Trichtergruben. Dadurch schrumpfen die Areale des ehemaligen Eisenerzabbaus nicht gleichmäßig, sondern je nach kleinräumiger Lage und Tiefe der Pinggen unterschiedlich schnell.

ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Um Schäden an Pinggenfeldern zu beobachten und deren Zerstörungsumfang abschätzen zu können, empfiehlt sich vor allem die Analyse von Schräglightschummerungskarten, da diese frei zugänglich sind und eine relativ genaue Schätzung der Ausdehnung ermöglichen. Werden diese Analysen von Feldbegehungen begleitet, ergibt sich ein recht genaues Bild des Zustands des Trichtergrubenfelds und einzelner Pinggen. Sind jedoch kleinräumige Analysen notwendig, so empfiehlt sich die Analyse von ALS-Daten oder die Vermessung vor Ort per GPS oder Tachymeter. Um den Zustand einzelner Trichtergruben beurteilen zu können sind In-situ-Untersuchungen jedenfalls unabdingbar. So lassen sich auch die Gründe für die Zerstörung, wie beispielsweise Harvester-Gassen, erkennen. Diese großen Maschinen der modernen Forstwirtschaft stellen die größte Bedrohung für die Relikte des mittelalterlichen Bergbaus dar, da heute die meisten erhaltenen Pinggenfelder in bewirtschafteten Forsten liegen. Freilich kann nicht jede forstwirtschaftliche Nutzung in den Arealen des historischen Tagebergbaus eingestellt werden. Hier müssen folglich Maßnahmen ergriffen werden, um einen Schutz der Pinggen bei gleichzeitiger Nutzung des Waldes zu ermöglichen. Die Verwendung der immer

gleichen Trassen für die Harvester ist ein positives Beispiel für eine schonende Bewirtschaftung im Bereich der Bodendenkmäler. Dennoch sind die Zerstörungsraten alarmierend: So wurden sowohl im „Grubet“ als auch bei Aystetten massive Veränderungen der Pinggen in beachtlichem Ausmaß festgestellt. Deshalb verdienen Trichtergruben stärkeren Schutz gegen menschliche Eingriffe, zumal ihre Entstehung und Betreibung (Organisation des Abbaus, Besitzverhältnisse, Herkunft der Arbeiter etc.) bis heute noch nicht vollständig geklärt ist.

QUELLEN

- Bayerischer Landesverein für Heimatpflege (BLfH) [Hrsg.] (2013): Historische Kulturlandschaftselemente in Bayern. Heimatpflege in Bayern. Band 4, München.
- Benedikt, H. et al. (1992): Zur Vermessung des mittelalterlichen Eisenerzabbaureviere „Grubet“ bei Aichach – ein Zwischenbericht. In: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.): Das archäologische Jahr in Bayern. Stuttgart, S. 177–180.
- Frei, H. (1966): Der frühe Eisenerzbergbau und seine Geländespuren im nördlichen Alpenvorland. In: Münchner Geographische Hefte. Band 29. Regensburg.
- Hilpert, M. (2007): Alter Bergbau im Grubet. Woher stammen die Pinggen im Landkreis Aichach-Friedberg? In: Der Aufschluss. Heft 58. Heidelberg, S. 59–64.
- Straßburger (2012): Frühmittelalterliche Eisenproduktion und -verarbeitung im Grubet. In: Altbayern in Schwaben. Aichach, S. 34–50.

AUTOREN

PD Dr. Markus Hilpert

Lehrstuhl für Humangeographie
Institut für Geographie
Universität Augsburg
Alter Postweg 118
86159 Augsburg
E-Mail: markus.hilpert@geo.uni-augsburg.de

Dipl.-Geogr. Johannes Mahne-Bieder

Lehrstuhl für Humangeographie
Institut für Geographie
Universität Augsburg
Alter Postweg 118
86159 Augsburg
E-Mail: johannes.mahne@geo.uni-augsburg.de