

Paläoökosystemforschung in prähistorischen Siedlungskammern und Zentren historischen Bergbaus im ostbayerischen Mittelgebirgsraum

Jörg Völkel und Thomas Raab (Regensburg)

1 Einleitung

Die holozäne Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa ist das Ergebnis eines komplexen Wirkungsgefüges aus abiotischen und biotischen Faktoren unter besonderer Einwirkung des Menschen. Die Eigenschaften und Kennzeichen vieler heute vermeintlich naturnaher Ökosysteme sind Folgen dieser mittel- oder unmittelbar anthropogenen Eingriffe. Zur landschaftsökologischen Bewertung von Naturräumen, die in (prä-)historischen Zeiten durch menschliches Handeln überprägt wurden (Kulturlandschaften), müssen daher grundlegend die paläoökosystemaren Zusammenhänge erkannt und soweit als möglich entschlüsselt werden. Diese Aufgabe übernimmt die Paläoökosystemforschung unter Einsatz verschiedenster interdisziplinärer Untersuchungsmethoden, die in den Bio-, Geo- und Geschichtswissenschaften verankert sind.

Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft über sieben Jahre geförderten Graduiertenkollegs 462 „Paläoökosystemforschung und Geschichte“ sowie in diversen weiteren Einzelstudien und fächerübergreifenden Verbundprojekten wurden im Umfeld des Universitätsstandortes Regensburg zahlreiche Befunde über natürliche und vor allem anthropogen verursachte oder induzierte Landschaftsveränderungen erarbeitet (u. a. LEOPOLD et al. 2003, VÖKEL 2005). Die nachfolgenden Beispiele zeigen eine Auswahl dieser Ergebnisse aus dem ostbayerischen Raum, der mit seiner archäologisch hervorragend erschlossenen und bis in das Neolithikum reichenden Besiedlungs- und Nutzungsgeschichte sowie seiner naturräumlichen Reichhaltigkeit und

starken landschaftlichen Differenzierung für die Paläoökosystemforschung einen Modellraum par excellence darstellt (Abb. 1).

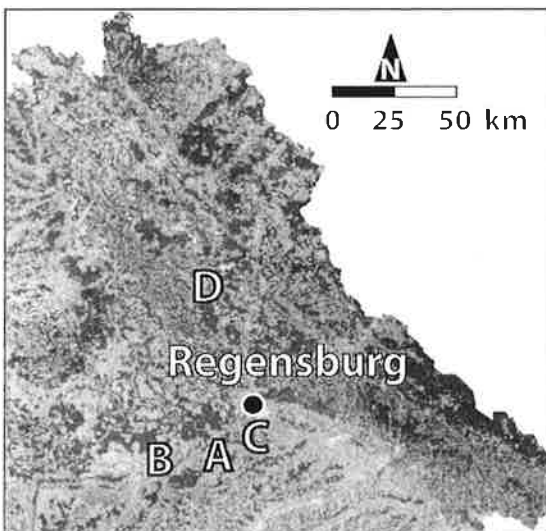


Abb. 1:

Ostbayern im Satellitenbild und Lage der ausgewählten Projekte im Umfeld des Universitätsstandortes Regensburg. (A) Arnhofen bei Abensberg, Ndb. (Neolithisches Silexbergwerk). (B) Manching bei Ingolstadt, Ndb. (Keltisches Oppidum). (C) Poign bei Regensburg, Opf. (Keltische Siedlungskammer). (D) Vilstal bei Amberg, Opf. (Mittelalterliches Montanwesen).



Abb. 2:
Verfüllte und im Zuge der archäologischen Ausgrabungen freipräparierte Schächte des neolithischen Silixbergwerkes von Arnhofen, Lkr. Kelheim, Ndb.

2 Neolithischer Silixbergbau bei Arnhofen, Lkr. Kelheim (Ndb.)

Neben dem Ackerbau, der sich im Zuge der Neolithisierung vor rund 7500 Jahren in Mitteleuropa ausbreitete, sind der Bergbau und die damit direkt oder indirekt verbundenen Tätigkeiten (Montanwesen) die entscheidenden Schritte in der Kulturentwicklung des frühgeschichtlichen Menschen. Sie prägten bis in die Neuzeit die soziale und die ökonomische Entwicklung der Gesellschaft sowie vor allem die Landnutzung und veränderten somit ursächlich die Landschaften umfassend und zumeist auch nachhaltig.

Ein Beispiel des prähistorischen Montanwesens von weit überregionaler Bedeutung in vorgeschichtlicher Zeit ist der Silixbergbau von Arnhofen im Landkreis Kelheim (Ndb.) nahe der Donau, wo zwischen ca. 5500 und 4000 v. Chr. die ansässigen Kulturen der Jungsteinzeit Horn- bzw. Feuerstein (Silix) als ihren essentiellen Rohstoff zur Herstellung von Werkzeugen und Waffen in einem weitläufigen Bergwerk abgebaut haben. Dieser „Stahl der Steinzeit“ ist im Raum Arnhofen in den Plattenkalken des Malm entwickelt, die von tertiären Molassesanden und rißzeitlichen Schottern der Abens überlagert werden. Mittels der Duckelbautechnik haben die jungsteinzeitlichen Bergleute die bis zu sieben Meter mächtigen Decksedimente durchteuft, um in der über 1500 Jahre währenden Bergbaugeschichte wenigstens 8000 Schächte und höchstens 18 500 Schächte anzulegen (RIND 2000, 2003). Die vielfach nur 0,5 bis 0,7 m breiten Schächte wurden an der Sohle zur Ausbeutung der Rohstoffe etwas verbreitert und nach dem Abbau der Silixknollen zur Sicherung der Standfestigkeit mit den tauben Materialien der braun gefärbten Abensschotter und der weißlichen Molassesande verfüllt, so dass im Zuge der archäologischen Ausgrabungen die allochthonen Schachtverfüllungen deutlich hervortreten (Abb. 2). Jeder Schacht lieferte etwa 6600 Silices, was einem Rohstoffgewicht von etwa 90 kg entspricht. Auf einer Fläche von 100 m² lagern etwa 9 t Hornstein (RIND 2000). Trotz intensiver Nutzung über eineinhalb Jahrtausende wurde nur etwa ein Drittel der Lagerstätte ausgebeutet, wobei aus Gründen der Silixqualität (Größe, Spaltbarkeit) nur knapp die Hälfte des Materials verwendbar war.

Die archäologischen Untersuchungen am neolithischen Silixbergwerk von Arnhofen haben bei den Prähistorikern eine Reihe von Fragen aufgeworfen, die sich vor allem auf den Charakter der prä-bergbauzeitlichen Landschaft beziehen, in der die jungsteinzeitlichen Menschen ihre Tätigkeiten entfaltet haben. Außerdem stellen archäologische

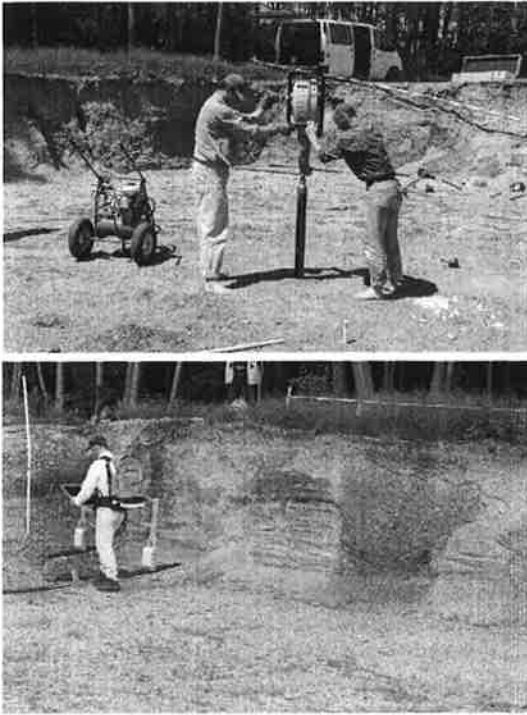


Abb. 3: Geowissenschaftliche Verfahren im Einsatz bei der Erkundung des oberflächennahen Untergrundes im neolithischen Silexbergwerk von Arnhofen, Lkr. Kelheim, Ndb. Oben: Ground Penetrating Radar (GPR); unten: Rammkernsondierung.

nen des Bergwerkes erfasst, sondern auch weitere archäologische Grabungen besser geplant werden können (LEOPOLD/VÖLKELE 2004).

Studien auf derart ausgedehnten Flächen ein großes Problem bei der Planung hinsichtlich der Auswahl der richtigen Grabungslokalitäten dar. In beiden Fällen konnten von Seiten der Physischen Geographie Antworten bzw. Hilfestellungen gegeben werden (Abb. 3). Sedimentologisch-bodenkundliche Aufnahmen belegen, dass die nativen Böden des Bergwerkareals weitflächig fehlen und dass durch den Bergbau Haldenmaterial aufgeworfen wurde. Die Einflüsse des neolithischen Bergbaus auf das Mesorelief und die Störung des oberflächennahen Untergrundes blieben über die Jahrtausende bis heute unverändert erhalten. Als wichtige Prospektionsmethode hat sich im Verbund mit der Luftbildauswertung der Einsatz des Bodenradars (Ground Penetrating Radar, GPR) sehr bewährt. Mit Hilfe des berührungs- und zerstörungsfreien Verfahrens lässt sich die Verbreitung und die Tiefe der Schachtanlagen darstellen, so dass nicht nur die räumlichen Dimensio-

3 Besiedlung, Landnutzung und Landschaftsveränderung während der Keltenzeit – Ausgewählte Befunde zu Studien im Umfeld von Regensburg

3.1 Das keltische Oppidum von Manching, Lkr. Pfaffenhofen a. d. Ilm (Ndb.)

Ein weiterer Schwerpunkt der Paläoökosystemforschung an der Universität Regensburg sind eisenzeitliche Besiedlungen. Vor allem die Rekonstruktion der Landnutzung und der Landschaftsveränderungen im Umfeld der Siedelareale während der gemeinhin als Keltenzeit bekannt gewordenen Latènezeit (500–15 v. Chr.) ist von besonderer Bedeutung für den gesamten süddeutschen Raum, da diese Periode die letzte Phase der prä-römischen Kulturen nördlich der Alpen darstellt. Mit dem Alpenfeldzug der Römer durch Drusus und Tiberius im Jahr 15 v. Chr. und der Einführung römischer Siedel- und Wirtschaftsweisen setzen tiefgreifende und lang anhaltende Umgestaltungen der Landschaften ein. In diese Zeit drastischer sozioökonomischer Umbrüche fällt die Besiedlung des in Donaunähe östlich von Ingolstadt gelegenen Oppidums von Manching. Bis heute ist nicht vollständig geklärt, unter welchen naturräumlichen Bedingungen die Menschen vor mehr als 2000 Jahren in dieser spätlatènezeitlichen Oppidazivili-

sation lebten und wie diese überregional bedeutsame stadähnliche Siedlung der Kelten mit dem Eintreffen der Römer in Süddeutschland ihr Ende fand. In Zusammenarbeit mit der Römisch-Germanischen Kommission (RGK) des Deutschen Archäologischen Institutes (DAI), das seit mehreren Jahrzehnten archäologische Ausgrabungen im Bereich des ehemaligen Oppidums durchführt, hat die Physische Geographie/Bodenkunde der Universität Regensburg in den letzten Jahren wiederholt diverse geoarchäologische Fragestellungen untersucht. Neben jüngsten Arbeiten zum Aufbau des murus gallicus, bei denen wiederum geophysikalische Methoden wie das GPR zum Einsatz kamen (Abb. 4), sollte geklärt werden, in welcher Beziehung die Großsiedlung zur Paar als siedlungsnahen Fluss und zur Donau als Handelsweg stand. Insbesondere die Entwicklung des direkt an das Oppidum angrenzenden Donau-Alt mäanders „Dürre Au“ sollte untersucht werden, um zu zeigen, ob ehemals eine schiffbare Verbindung zur Donau bestanden hat.

Die sedimentologisch-bodenkundlichen Befunde der Rammkernsondierungen aus der Dürren Au belegen eindeutig, dass die keltische Großsiedlung während ihrer Errichtung in direktem Kontakt zur Paar und zum Donau-Alt mäander „Dürre Au“ gelegen hat (VÖLKE/WEBER 2000, VÖLKE et al. 2001). Die Ergebnisse widerlegen ältere Annahmen, wonach im Zuge der Mäandergenese ältere Teile des Oppidums erodiert worden seien. Der Alt mäander ist zweifelsfrei älter. Er wurde allerdings bereits zur Keltenzeit durch die fortschreitende Sedimentation des Paarschwemmfächers von der Donau abgeschnürt (chute cut-off). In seinem unteren Teil stand der Alt mäander während der gesamten Nutzungsphase des Oppidums mit der Donau in Verbindung, so dass sich eine ideale Nutzung als Schiffslände oder Hafen im Schutze der befestigten Siedlung angeboten hat. Erst nach dem Ende der keltischen Besiedlung wurde der noch einseitig offene Mäander im Mittelalter vollständig von der Donau getrennt (neck cut-off), und die Verfüllung des heutigen Alt mäanders

„Dürre Au“ setzte mit sedimentologisch differenzierbaren und absolut chronologisch (^{14}C) fassbaren Stillwasserphasen ein. Ab dem frühen Mittelalter änderte sich infolge einer Lauferhöhung der Donau das fluviale Geschehen. Mächtige Ablagerungen von Auelehmepaketen belegen wiederholt Hochwässer von Paar und Do-

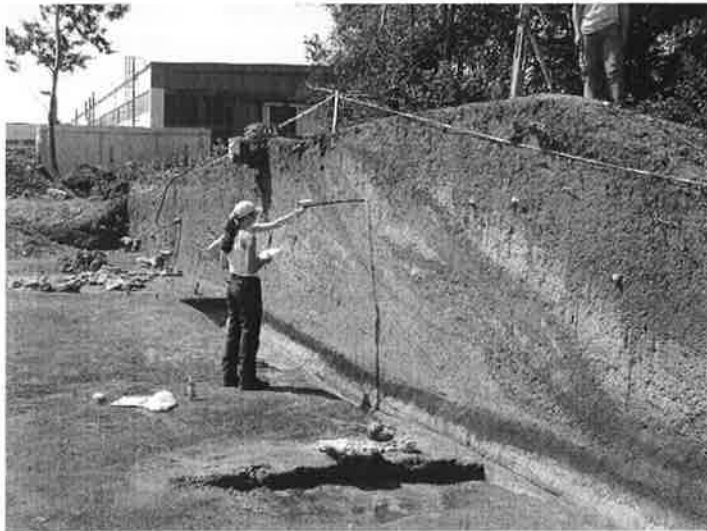


Abb. 4: Messung der magnetischen Suszeptibilität an den verschiedenen Schüttungen im Wall des keltischen Oppidums von Manching bei Ingolstadt, Ndb. Links neben den beiden Bearbeitern sind im Planum die Reste der Blockschüttung des murus gallicus zu sehen (Foto: M. LEOPOLD).

nau. Mit dieser jungen Hochwasserdynamik ist auch der Verlust der keltischen Kulturschicht in den nördlichen Teilen des ehemaligen Oppidums erklärbar, was seitens der Archäologie bisher so nicht aufgefasst und als generelles Fehlen einer Kulturschicht interpretiert wurde.

3.2 Die keltische Siedlungskammer von Poign, Lkr. Regensburg (Opf.)

Neben den Oppida stellen die keltischen Viereckschanzen eine weitere wichtige Gruppe von Bau- bzw. Erdwerken der späten Latènezeit dar. Von den weit mehr als 200



Abb. 5: Wall-Graben-Schnitt an der keltischen Viereckschanze von Sallach, Lkr. Straubing-Bogen, Ndb. Die archäologische Grabung wird gemeinsam von Vor- und Frühgeschichtlern, Geographen und Bodenkundlern durchgeführt. Deutlich zu erkennen ist der unter dem Wall begrabene, dunkel gefärbte Boden, der durch das Bauwerk vor der keltischen Erosion geschützt wurde und erhalten geblieben ist.

bekanntesten Viereckschanzen des süddeutschen Raumes ist nur ein geringer Anteil über archäologische Grabungen untersucht. Im Rahmen jüngster Studien des DFG-GRK 462 an den keltischen Viereckschanzen von Sallach südöstlich von Straubing (Ndb.) werden unter Beteiligung der Vor- und Frühgeschichte, der Bodenkunde sowie der Paläobotanik Forschungsansätze zur Kennzeichnung der Mensch-Umwelt-Beziehung im Umfeld dieser Erdwerke fortgeführt, die von der Regensburger Paläoökosystemforschung bereits vor mehr als zehn Jahren begonnen wurden (Abb. 5; EHEIM/VÖLKELE 1994, VÖLKELE et al. 1998). Die aus diversen Einzelstudien vorliegenden Befunde zur vormaligen Landnutzung und den damit einhergehenden anthropogen induzierten Landschaftsveränderungen ergeben ein Bild der prähistorischen Besiedlung und Landschaftsstruktur, das nicht nur deutlich von der aktuellen Situation abweicht, sondern zu Teilen auch der Lehrmeinung über die Funktion der Viereckschanzen im Kulturgesehen der Kelten widerspricht.

Durch die Arbeiten Regensburger Geographen wurden weltweit erstmalig mehr als nur Abschätzungen zum Ausmaß der Bodenerosion während der Zeit des Spätlatène vorgelegt. In Form einer exakten Bilanzierung auf Basis eines hoch auflösenden Geländemodells und unter präziser Ermittlung der Parameter wie Volumina des Bodenabtrages und der kolluvialen Sedimentation sowie einer genauen Datierung lässt sich die Rate der Bodenerosion der Keltenzeit mit einem gemittelten Betrag von 20,4 t pro Hektar pro Jahr berechnen (VÖLKELE et al. 2001). Dieser Betrag ist identisch mit den Bodenerosionsraten, die für das Niederbayerische Lößhügelland als einer der ackerbaulich hoch produktiven Regionen Mittel-

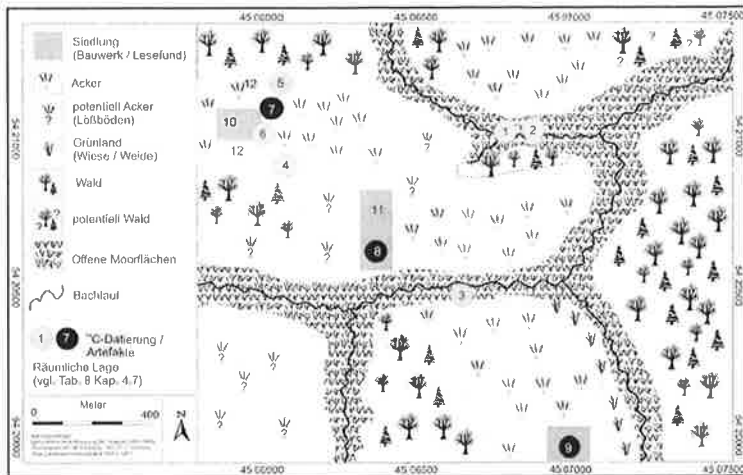


Abb. 6:
*Latènezeitliches
 Landnutzungsmodell
 der keltischen
 Siedlungskammer
 Poign mit der Verteilung der rekonstruierten Wald-,
 Acker-, Grünland-
 und Moorareale
 (aus LEOPOLD
 2003).*

europas aktuell ermittelt werden, was eindringlich aufzeigt, in welchem außerordentlich hohen Maß Bodenerosion in prähistorischer Zeit stattgefunden hat (LEOPOLD 2003).

Mit der Besiedlung und ackerbaulichen Nutzung einher ging eine gelenkte Trockenlegung der Moore bereits in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Das gilt zum Beispiel auch für die topogenen Niedermoore im Niederbayerischen Lößhügelland. Sie wurden von Kolluvien als den korrelaten Sedimenten der Bodenerosion regelrecht überfahren und bis zur Unkenntlichkeit zugedeckt. Die Moore erfuhren dadurch weit vor unserer Zeit einen kompletten Nutzungswandel, denn sie verschwanden unter der Sedimentdecke und dienen bis heute als Ackerflächen (A. RAAB et al. 2005 sowie A. RAAB/VÖLKELE in diesem Band). Im Beispiel der Siedlungskammer von Poign zeigen die vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen, dass die Landschaft um Regensburg bereits während neolithischer Zeit und vor allem während der Metallzeiten den Wald betreffend weit geöffnet war (A. RAAB et al. 2005). Die vorzeitige Landschaft ist noch genauer charakterisierbar, wenn ein Landnutzungsmodell verwendet wird, das für diesen Zweck von LEOPOLD/VÖLKELE (2005) entwickelt wurde. Es zeigt, dass Waldfläche und Offenland zur Spätlatène und zur Römischen Kaiserzeit im Regensburger Raum nicht nur mit den heutigen Verhältnissen identisch waren (Abb. 6). Die Waldflächen dürften heute weitaus größere Bereiche gegenüber der Zeit vor 2000 Jahren einnehmen.

4 Mittelalterliches Montanwesen an der Vils in der Oberpfalz

Im letzten Beispiel zur Paläoökosystemforschung im ostbayerischen Mittelgebirgsraum seitens des DFG-GRK 462 rückt erneut das Montanwesen in den Mittelpunkt. Im ausgehenden Mittelalter etablierte sich in der Oberpfalz mit den Städten Amberg und Sulzbach sowie entlang der Flüsse Naab und Vils ein Eisenzentrum von überregionaler Bedeutung, welches als „Ruhrgebiet des Mittelalters“ Eingang in die geschichtswissenschaftliche Literatur gefunden hat (GÖTSCHMANN 1985). Zur Hochzeit von Eisenbergbau und -verarbeitung im 15. Jh. waren an Naab und Vils über 200 Eisenhämmer in Betrieb, die insgesamt etwa 9000 t Eisen pro Jahr produzierten (LUTZ 1941). Die vielfältigen und bis heute anhaltenden Auswirkungen dieses Montanwesens auf die Landschaft und insbesondere auch auf aktuelle geoökologische und landschaftsplanerische Aspekte des Vilstales sind während der letzten vier Jahre intensiv untersucht worden

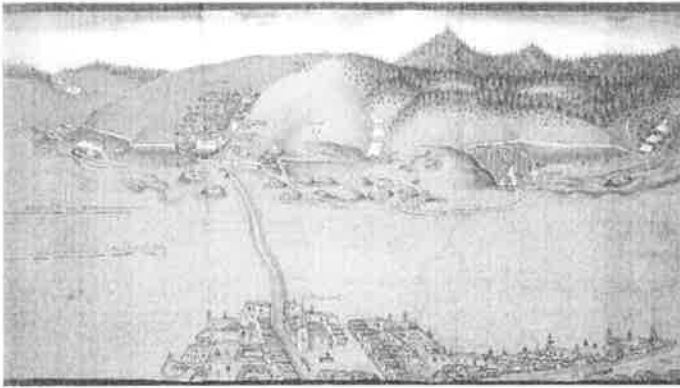


Abb. 7: Zeitgenössische Darstellung der Landschaftsumgestaltung in einer historischen Bergbauregion auf einer Bildstreitkarte aus dem Harz (aus ERNSTING 1994).

(RAAB 2005). Räumlich und methodisch unterschiedlich ausgerichtete Fallstudien haben gezeigt, dass zahlreiche Elemente der modernen Kulturlandschaft grundlegend vom historischen Montanwesen geprägt oder überprägt worden sind (BECKMANN ET AL. 2003, HÜRKAMP ET AL. 2003, T. RAAB/VÖLKELEL 2005, T. RAAB ET

al. 2005, RICHARD 2005).

Ein entscheidender Faktor der montanbedingten Landschaftsveränderung war der Holzverbrauch. Dieser hat spätestens in der Blütephase des Bergbaus infolge gestiegenen Bedarfs an Grubenholz und vor allem an Holzkohle enorme Ausmaße angenommen, was in den Oberpfälzer Wäldern im 16. Jh. zu defizitären Holzbilanzen von zehn Mio. Festmetern bzw. sieben Jahreszuwächsen führte (VANGEROW 1987, 346). Verstärkt durch die wachsende Beanspruchung von Flächen für die Landwirtschaft, die bei fehlendem Mineräldüngereinsatz die wachsende Bevölkerungszahl in den prosperierenden Bergbauregionen ernähren musste, führte die übermäßige und unangepasste Landnutzung zu regelrechten Devastierungen, die in zeitgenössischen Darstellungen historischer Montanregionen vielfach dokumentiert sind (Abb. 7). Im Vilstal südlich von Amberg lassen sich Relikte dieses Landnutzungsdruckes in Form von Erosionsformen noch heute finden.

Von den Wäldern auf den Hochflächen der Südlichen Frankenalb, in denen die in den Hammerwerken an der Vils benötigte Holzkohle produziert wurde, transportierten Karren auf unbefestigten Wegen Erz und Kohle an die Hammerstandorte im Vilstal. Als Folge entwickelte sich in jedem kleinen Seitental ein weit gestreutes, breit auffächerndes Hohlwegsystem, in welchem die linienhafte Erosion ihre Kräfte frei entfalten konnte und tiefe Runsensysteme hinterließ. Geomor-

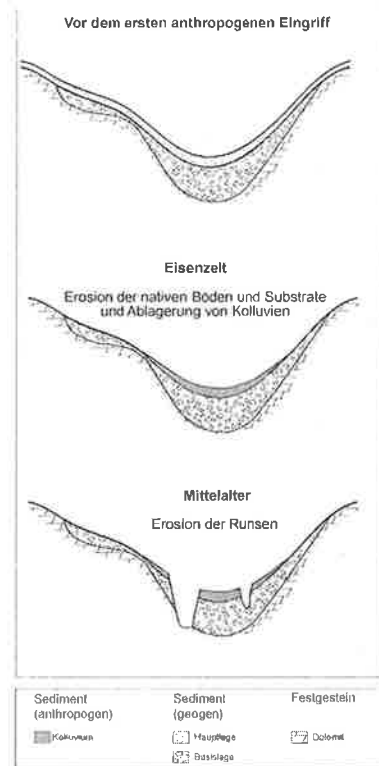


Abb. 8: Modell der Landschaftsentwicklung mit den Hauptphasen der anthropogenen Eingriffe und Bodenerosion im Hirschwald bei Leidersdorf an der Vils südlich von Amberg, Opf. (aus RAAB 2005).

D2

Landschaftsveränderung und Umweltbelastung im Mittelgebirgsraum

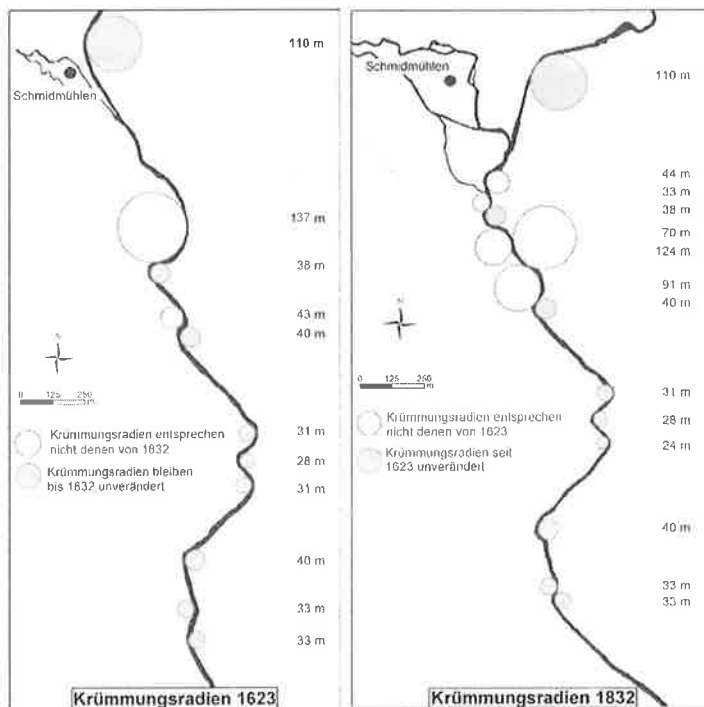


Abb. 9: Vergleich der Krümmungsradien der Gerinnedarstellung der Vils südlich von Schmidmühlen, abgeleitet aus historischen Karten (aus RICHARD 2005).

phologisch-bodenkundliche Untersuchungen an einem dieser Runsensysteme belegen, dass es bereits vor der Zeit des mittelalterlichen Bergbaus zur erosiven Verkürzung der nativen Böden an den Hängen und zur Ablagerung von Kolluvien in den Tiefenlinien gekommen ist. Erst nach dieser, sehr wahrscheinlich in die Eisenzeit zu datierenden Phase der Bodenerosion haben sich im Zuge der mittelalterlichen Bergbaunutzung die Runsen linear eingeschnitten, und zwar stellenweise sogar in die älteren Kolluvien. Somit lässt sich eine Mehrphasigkeit der Bodenerosion belegen, die auf mindestens einen prä-mittelalterlichen Eingriff in die Landschaft an den Talhängen und Hochflächen hinweist (Abb. 8; T. RAAB/VÖLKELE 2005)

Weitere montanbedingte Eingriffe finden sich vor allem in den Auen der Flüsse. Durch den Bau von Stauhaltungen, die für den Betrieb der Hammerwerke genutzt wurden, die aber auch erforderlich waren, um die Wasserführung für die Schifffahrt zu steuern, änderte sich die fluviale Morphodynamik grundlegend. Historisch-kartographische Untersuchungen, verknüpft mit geomorphologisch-sedimentologischen Studien, belegen für ausgewählte Flussabschnitte der Vils, dass diese Ein-

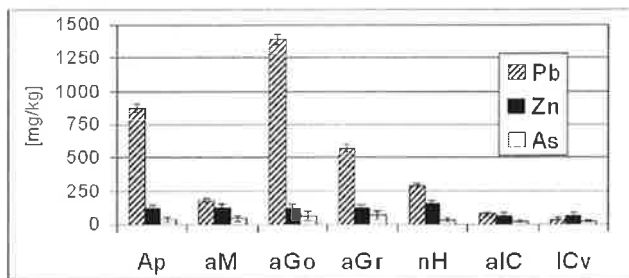


Abb. 10: Gebalte an Blei, Zink und Arsen in Auenböden des oberen Vilstales in Abhängigkeit der Bodenhorizonte. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen aus 1915 Einzelmessungen (aus RAAB 2005).

griffe nur teilweise reversibel waren (RICHARD 2005). Stellenweise hat sich durch Uferbefestigungen der Verlauf der Vils seit dem frühen 17. Jh. bis heute nicht verändert, während an anderen Stellen im Unterlauf von Stauhaltungen die Krümmungsradien der Mäander deutlich vergrößert wurden (Abb. 9).

Eine nicht minder nachhaltige Wirkung hatte der historische Bleibergbau am Oberlauf der Vils. Hier wurde im Raum Freihung (Opf.) vom 16. Jh. bis Mitte des 20. Jh. Bleierz abgebaut und verarbeitet. Als Folge weisen noch heute viele Auenstandorte im Unterlauf des ehemaligen Bergbauareals bei Freihung deutlich erhöhte Gehalte an Schwermetallen auf, vor allem an Blei (T. RAAB et al. 2003, HÜRKAMP et al. 2003). Im Zuge moderner Renaturierungsmaßnahmen, die mit einer erneuten, anthropogenen Verlagerung des Flussbettes einhergehen, besteht die Gefahr, dass Schwermetalle freigesetzt werden, die teilweise über Jahrhunderte in dem Auensediment festgelegt waren. (Abb. 10). Somit belegt dieses letzte Beispiel einmal mehr, wie eng die Paläoökosystemforschung auch die angewandten Bereiche des Natur- und Umweltschutzes sowie der Landschaftsplanung nicht zuletzt in Mittelgebirgsräumen berührt.

Literatur

- BECKMANN, S./RAAB, T./VÖLKELE, J. (2003): Untersuchung von Auensedimenten und Kolluvien als Geoarchive im Einflußbereich eines historischen Montanstandortes. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 102, 425-426.
- EHEIM, A./VÖLKELE, J. (1994): Vergleich des Tonmineralbestandes und ihrer pedogenen Transformation in Böden unterschiedlichen Alters anhand eines keltischen Bauwerkes. In: Berichte zur Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe e.V., 55-65.
- ERNSTING, B. (1994): Georgius Agricola. Bergwelten 1494-1994. Essen.
- GÖTSCHMANN, D. (1985): Oberpfälzer Eisen – Bergbau- und Eisengewerbe im 16. und 17. Jahrhundert. Theuern. (= Schriftenreihe des Bergbau- und Industriemuseums Ostbayern, 5).
- HÜRKAMP, K./RAAB, T./VÖLKELE, J. (2003): Retention und Mobilisierungspotential montan-historischer Schwermetalleinträge in Auenböden am Oberlauf der Vils/ Opf. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 102, 183-184.
- LEOPOLD, M. (2003): Multivariate Analyse von Geoarchiven zur Rekonstruktion eisenzeitlicher Landnutzung im Umfeld der spätälterezeitlichen Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. (= Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung, 2. [<http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2005/336/>]).
- LEOPOLD, M./VÖLKELE, J. (2004): Neolithic flint mines in Arnhofen, Southern Germany: a ground-penetrating radar survey. In: Archaeological Prospection, 11, 57-64.
- LEOPOLD, M./VÖLKELE, J. (2005): Methodological approach and case study for the reconstruction of a (pre)historic land use model. In: Zeitschrift für Geomorphologie, N.F. Supplement, 139, 173-188.
- LEOPOLD, M./RAAB, T./VÖLKELE, J. (2003): Kolluvien, Auensedimente und Landschaftsgeschichte – Tagungsband und Exkursionsführer zur Jahrestagung des Arbeitskreises für Bodengeographie in der Deutschen Gesellschaft für Geographie vom 1. bis 3. Mai 2003 in Regensburg. Regensburg. (= Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung, 3. [<http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2005/337/>]).
- LUTZ, J. (1941): Die ehemaligen Eisenhämmer und Hüttenwerke und die

- Waldentwicklung im nordöstlichen Bayern. In: *Mitteilungen Forstwirtschaft und Forstwissenschaft*, 12, 277-294.
- RAAB, A./VÖLKEL, J. (2005): Sedimente und Moore in Mittelgebirgsräumen als Archive der Landschaftsgeschichte – Prospektion, Analyse, Fallbeispiele. In: Kulke, E./Monheim, H./Wittmann, P. (Hrsg.): *GrenzWerte. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen des 55. Deutschen Geographentages Trier 2005*.
- RAAB, A./LEOPOLD, M./VÖLKEL, J. (2005): Vegetation and land-use history in the surroundings of the Kirchenmoos (Central Bavaria, Germany) since the late Neolithic Period to the early Middle Ages. In: *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Supplement, 139, 35-61.
- RAAB, T. (2005): Erfassung und Bewertung von Landschaftswandel in (prä-)historischen Montangebietern am Beispiel Ostbayerns. Regensburg (= Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung, 7. [<http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2005/581/>]).
- RAAB, T./VÖLKEL, J. (2005): Soil geomorphological studies on the prehistoric to historic landscape change in the former mining area at the Vils River (Bavaria, Germany). In: *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Supplement, 139, 129-145.
- RAAB, T./HÜRKAMP, K./VÖLKEL, J. (2003): Die Bewertung von Bodenfunktionen im Sinne des Bodenschutzes vor dem Hintergrund montanhistorischer Landschaftsveränderungen in der Oberpfalz. In: *Marktreidwitzer Bodenschutztag, Tagungsband 3, Bodenschutz im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Vollzug*, 80-86.
- RAAB, T./BECKMANN, S./RICHARD, N./VÖLKEL, J. (2005, im Druck): Reconstruction of floodplain evolution in former mining areas – The Vils River case study. In: *Die Erde*, (136)1.
- RICHARD, N. (2005): Historischer Ausbau oder natürliche Entwicklung? Die fluviale Morphologie der Vils unter dem Einfluß des historischen Bergbaus. (= *Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung*, 6. [<http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2005/564/>]).
- RIND, M. M. (Hrsg.) (2000): *Geschichte ans Licht gebracht. Archäologie im Landkreis Kelheim*, 3. Buechenbach.
- RIND, M. M. (Hrsg.) (2003): *Wer ändert eine Grube gräbt... Archäologie im Landkreis Kelheim*, 4. Buechenbach.
- VANGEROW, H.-H. (1987): Die Holzversorgung der Oberpfalz vor 1600. In: *Schriftenreihe des Bergbau- und Industriemuseums Ostbayerns*, 12, 325-351.
- VÖLKEL, J. (ed.) (2005): Colluvial sediments, flood loams and peat bogs. Stuttgart. (= *Annals of Geomorphology*, Supplement-Volume, 139).
- VÖLKEL, J./WEBER, B. (2000): Neue Befunde zur Funktion des Donaualtmäanders „Dürre Au“ als Schiffslände und zum Verbleib der keltischen Kulturschicht auf den aktuellen Grabungsflächen. In: Sievers, S. (Hrsg.): *Vorbericht über die Ausgrabungen 1998–1999 im Oppidum von Manching, Germania 78*, 18-21.
- VÖLKEL, J./RAAB, A./RAAB, T./LEOPOLD, M./DIRSCHEDL, H. (1998): Methoden zur Bilanzierung spätlatenezeitlicher Bodenerosion am Beispiel der Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. (= *Archäologische Forschungen in urgeschichtlichen Siedlungslandschaften. Regensburger Beiträge zur prähistorischen Archäologie*, 5, 541-558).
- VÖLKEL, J./LEOPOLD, M./WEBER, B. (2001) Neue Befunde zur Landschaftsentwicklung im niederbayerischen Donaauraum während der Zeitenwende (keltisches Oppidum von Manching, Viereckschanze von Poign bei Bad Abbach). In: *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Supplement, 128, 47-66.