

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	26 (2019), 1/2	S. 5–14	6 Abb., 1 Tab., 23 Zit.
------------------------------	---------	----------------	---------	-------------------------

Böden historischer Landnutzung in der Niederlausitz – Wölbäcker und Kohlenmeiler

Historic land use soils in Lower Lusatia – ridge and furrow systems and charcoal hearths

THOMAS RAAB, FLORIAN HIRSCH, ALEXANDRA RAAB, ANNA SCHNEIDER, ALEXANDER BONHAGE, EBERHARD BÖNISCH

Zusammenfassung

In der Niederlausitz finden sich – meist unter Kiefern- und Eichenforsten versteckt – zahlreiche Relikte der historischen Landnutzung, die bisher kaum bekannt sind. Zu den auffälligsten Formen zählen Wölbäcker und Plätze ehemaliger Kohlenmeiler. In einigen Regionen der Niederlausitz ist die Verbreitung der Landnutzungsrelikte so groß bzw. ihre Dichte so hoch, dass sie prägend für die Bodenlandschaft werden. Dieser Beitrag zeigt an repräsentativen Beispielen die charakteristischen Merkmale und Eigenschaften der Böden auf Wölbäckern und Relikten von Holzkohlenmeilern (HKM).

Summary

Historic land use remains in Lower Lusatia are often hidden under pine and oak forests and their abundance is therefore underestimated. The most prominent remains are ridge and furrow systems and sites of former charcoal burning. In some regions of Lower Lusatia the number and density of land use remains is so large, that a noticeable effect on the soil landscape is measurable. This article discusses characteristic features and properties of soils on ridge and furrow systems and relict charcoal hearths (RCH).

1. Wölbäcker

Wölbäcker oder Hochbeete sind vor allem an bewaldeten Standorten in Brandenburg ein häufig vorhandenes anthropogenes Reliefelement (Abb. 1a; HIEROLD & NAGEL 2001, HIRSEKORN 2003, WULF 2001). Die Genese der Wölbäcker ist nicht gänzlich geklärt und wird z. T. unterschiedlich interpretiert, u. a. durch Verlagerung von Bodenmaterial beim Pflügen aufgrund fester Pflugschar (BÖNISCH 2013) oder gezieltes Aufbringen von Bodenmaterial zur Schaffung langfluriger Gunststandorte (SCHNEIDER 2016). Wölbäcker sind nicht auf Brandenburg beschränkt, sondern eine weit verbreitete anthropogene Oberflächenform in Mitteleuropa

(NOACK & WULF 2019). Die früheste dokumentierte Nutzung in der Niederlausitz datiert auf das 12./13. Jahrhundert (BÖNISCH 2001). Wölbäcker sind parallele Langstreifenfluren, die mehrere hundert Meter lang sein können. In der Niederlausitz sind konvexe Kuppen der Wölbäcker aufgrund der früheren Einteilung mittels der 4,5 m weiten Rute meist 13,5 m oder 18 m breit (BÖNISCH 2001), und die Kuppen sind durch schmale Fahnen voneinander getrennt. Teilweise finden sich in archäologischen Grabungen, aber auch historischen Kartenwerken, Hinweise, dass zwei nebeneinanderliegende Wölbäcker zu einer Langstreifenflur zusammengelegt wurden (EVERT 1774, SCHNEIDER 2016). Der Höhenunterschied zwischen Kuppe und Fahne beträgt meist 50 bis 70 cm (MEIBEYER 1969).

Aufgrund der charakteristischen Form sind Wölbäcker besonders gut in hochaufgelösten schattenplastischen Reliefkarten (*shaded relief maps*, SRM) oder Digitalen Geländemodellen (DGM) erkennbar, die auf Basis von flugzeuggestütztem Laser Scanning (*Airborne Laser Scanning*, ALS; *Light Detection And Ranging*, LiDAR) erstellt werden (NOACK & WULF 2019, Abb. 2). Die ursprünglich ackerbaulich genutzten, ehemals baumfreien Kleinformen sind heute in der Regel unter Wald zu finden. Der Erhalt von Wölbäckern in Forstgebieten ist somit einerseits Beleg für eine ehemals andere Wald-Offenland-Verteilung. Andererseits ist anzunehmen, dass eine über Jahrzehnte intensiv betriebene landwirtschaftliche Nutzung vielerorts Kleinformen zerstört hat. Allerdings können rezente Ackerflächen durchaus Wölbäckerstrukturen aufweisen (NOACK & WULF 2019), was wiederum auf eine geringe nutzungsbedingte Reliefumgestaltung durch die industrielle Landwirtschaft an diesen Standorten hinweist.

Die Böden auf Wölbäckern unterscheiden sich in Abhängigkeit der topographischen Situation deutlich zwischen der muldenartigen Fahne und der konvexen Kuppe des Wölbäckers (Abb. 1). In den sogenannten Fahnen werden aufgrund des anthropogenen Bodenabtrages meist gekappte Bodenprofile vorgefunden, die aber, ebenfalls wie die Profile auf den Wölbäckerkuppen, wegen früheren Pflügens oft von einem homogenisierten Oberboden mit scharfer Untergrenze gekennzeichnet sind. Da aktuell eine forstwirtschaftliche

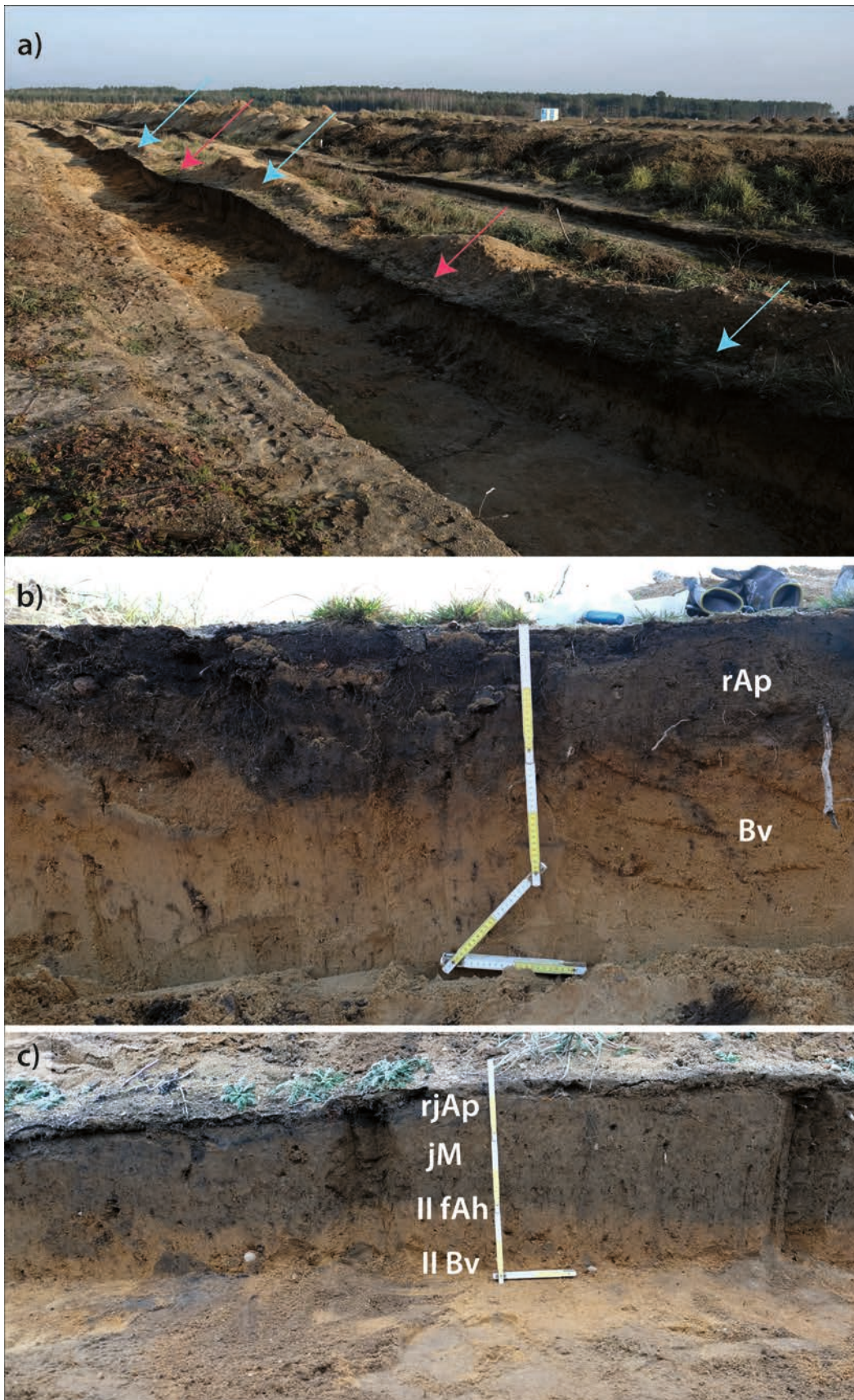


Abb. 1: a) Wölbäcker im Tagebauvorfeld Jänschwalde, nordwestlich der Ortschaft Grieben (roter Pfeil: Fahre; blauer Pfeil: Kuppe); b) Bodenprofil in der Fahre; c) Bodenprofil auf der Kuppe

Fig. 1: a) Ridge and furrow systems in the forefield of the opencast mine Jänschwalde, northwest of Grieben (red arrow: furrow; blue arrow: ridge); b) soil profile in the furrow; c) soil on the ridge

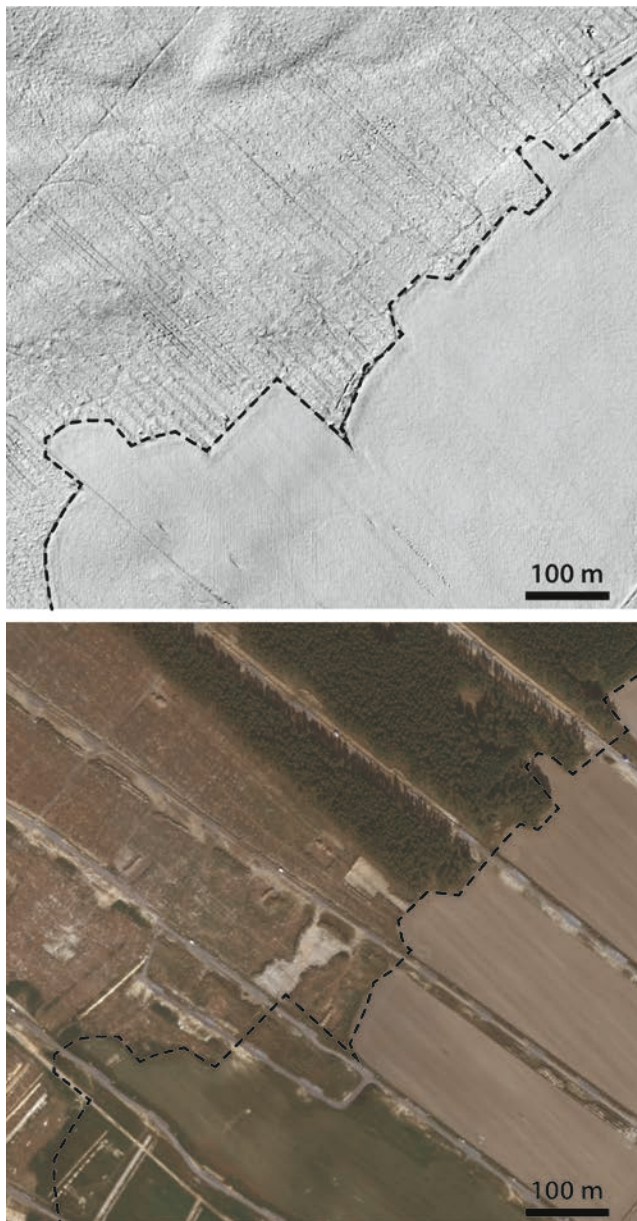


Abb. 2:

a) Wölbäcker bei Grieben sind unter rezenter Forstnutzung in der schattenplastischen Reliefkarte deutlich erkennbar, Waldgrenze (gestrichelte Linie) vor Beginn der Beräumungsmaßnahmen.

b) Auf den rezent landwirtschaftlich genutzten Flächen sind die Strukturen der Wölbäcker fernerkundlich kaum noch feststellbar, identischer Ausschnitt wie a).

Quelle Luftbild: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Fig. 2:

a) Ridge and furrow system nearby Grieben with clearly visible structures in a shaded relief map (SRM), forest border (dashed line) before clearing. b) On present agricultural land ridge and furrow structures are hardly identifiable by remote sensing; same area as in a). Source aerial photograph: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Nutzung vorliegt, können gemäß KA5 (AD-HOC-AG BODEN 2005) und in Anlehnung an HIRSCH et al. (2018A, 2018B) die Oberböden als reliktsche Ackerhorizonte angesprochen werden (rAp-Horizonte bzw. rjAp bei aufgetragenem Material in Kuppensituationen). Dieser Pflughorizont hat dabei oft eine geringe Mächtigkeit zwischen 10 bis 15 cm und unterscheidet sich damit deutlich von jüngeren bzw. rezenten Ackerstandorten mit konventioneller Bodenbearbeitung, bei denen der Ap bis zu 30 cm mächtig ist. Im Gegensatz zum Oberboden in der Fahre liegt der darauf folgende Unterboden unterhalb der Pflugsohle und ist daher in der Regel nicht von der früheren ackerbaulichen Nutzung geprägt, weist also keine entsprechenden Spuren oder Hinweise auf. Auf den Kuppen ist Auftrag von mineralischem Material aus den Fahren vorhanden und erreicht Mächtigkeiten zwischen 20 bis 50 cm. Bemerkenswerterweise finden sich in archäologischen Grabungen unterhalb der Wölbäckerkuppen auch begrabene fossile Oberböden (Abb. 1c), die darauf

deuten, dass die Kuppen nicht immer durch kontinuierliches Aufwachsen infolge von Pflügen entstanden sein müssen. Die Kuppen der Wölbäcker besitzen ähnlich wie die Fahren humose Oberböden, die eine charakteristische Pflugsohle aufweisen. Im archäologischen Planum finden sich darüber hinaus auch Spatenspuren, die landwirtschaftliche Nutzung belegen. Zu berücksichtigen ist, dass die chronologische Einordnung des Pflügens zumindest an den untersuchten Standorten oft problematisch ist, da eventuell spätere und damit nicht mehr mit der Nutzung als Wölbäcker im Zusammenhang stehende Pflugereignisse im Rahmen von ackerbaulicher Nutzung oder auch Waldpflug etc. nicht immer eindeutig identifiziert werden können.

Hinsichtlich der bodenkundlichen Ansprache von Wölbäckern führt der anthropogene Auftrag von natürlichem Substrat mittels Bodenbearbeitung im Bereich der Wölbäckerkuppe zur Ansprache als rjAp/jM-Abfolge. Je nach Mächtigkeit der M-Horizonte sind die Böden auf den Kuppen

pen von Wölbäckern auf den zu Verbraunung tendierenden Substraten der Niederlausitz als kolluviale Braunerden (jM-Horizont < 40 cm) bzw. Kolluvien (jM-Horizont > 40 cm) anzusprechen.

2. Kohlenmeiler

Das Brandenburgische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) hat im Braunkohlentagebau Jänschwalde mehr als 1400 Grundrisse ehemaliger Rundmeiler erfasst und archäologisch aufgenommen (mündl. Mitteilung M. SCHNEIDER, Stand: September 2019 sowie RÖSLER et al. 2012). Die in den Meilern hergestellte Holzkohle versorgte vor allem das Eisenhüttenwerk in Peitz, wo von 1554 bis 1856 Raseneisenerz verhüttet und zu Roheisen verarbeitet wurde (MÜLLER 2017). Weiterführende SRM-Analysen in den Forstgebieten nördlich und östlich von Peitz haben gezeigt, dass im gesamten ehemaligen Königlich Tauerischen Forstrevier mindestens 6000 HKM vorhanden sind (RAAB A. et al. 2015, 2019). Mit Meilerdichten von stellenweise mehr als 440 HKM/km² ist dieses Areal regelrecht übersät mit ehemaligen Kohlenmeilerplätzen (Abb. 3). In einigen Forstabschnitten beträgt der Flächenanteil der Meilerplätze über drei Prozent (RAAB A. et al. 2019).

Aufgrund der hohen Meilerdichte sind HKM nicht nur aus archäologischer Sicht interessant. Es stellt sich darüber hinaus die Frage, welche Relevanz Meilerplätze für die Verbreitung und Eigenschaften der Böden sowie Standortbedingungen und Ökologie besitzen. Seit mehreren Jahren rücken daher Meilerböden in den Fokus bodenkundlicher und geoökologischer Untersuchungen (HIRSCH et al. 2019, MASTROLONARDO et al. 2019, CARRARI et al. 2018, HARDY et al. 2016). Eine wesentliche Erkenntnis der jüngeren Forschung ist, dass sich HKM-Böden von Böden in der direkten Umgebung meist deutlich unterscheiden, insbesondere was Horizontabfolge und Substratzusammensetzung sowie teilweise auch physikalische und chemische Eigenschaften betreffen. Diese Unterschiede sind einerseits bedingt durch die meist unvollständige Beräumung der Meilerplattform nach dem Brand, so dass typische Kleinformen entstehen (Abb. 4). Auf diesen HKM liegen typischerweise Reste von Holzkohlen (oft in feiner Form) und durch Hitze verändertes organisches oder mineralisches Material, welches der Meilerabdeckung diente. Dieses sogenannte Meilersubstrat ist im Tauerischen Forst in der Regel zwischen 10 bis 40 cm mächtig und hat eine markant dunkle, oft sogar schwarze Farbe. Andererseits finden sich an der Meilerbasis oft rötlich gefärbte Bereiche, wo in den überdeckten Bodenhorizonten durch die Hitzeeinwirkung Hämatit gebildet wurde

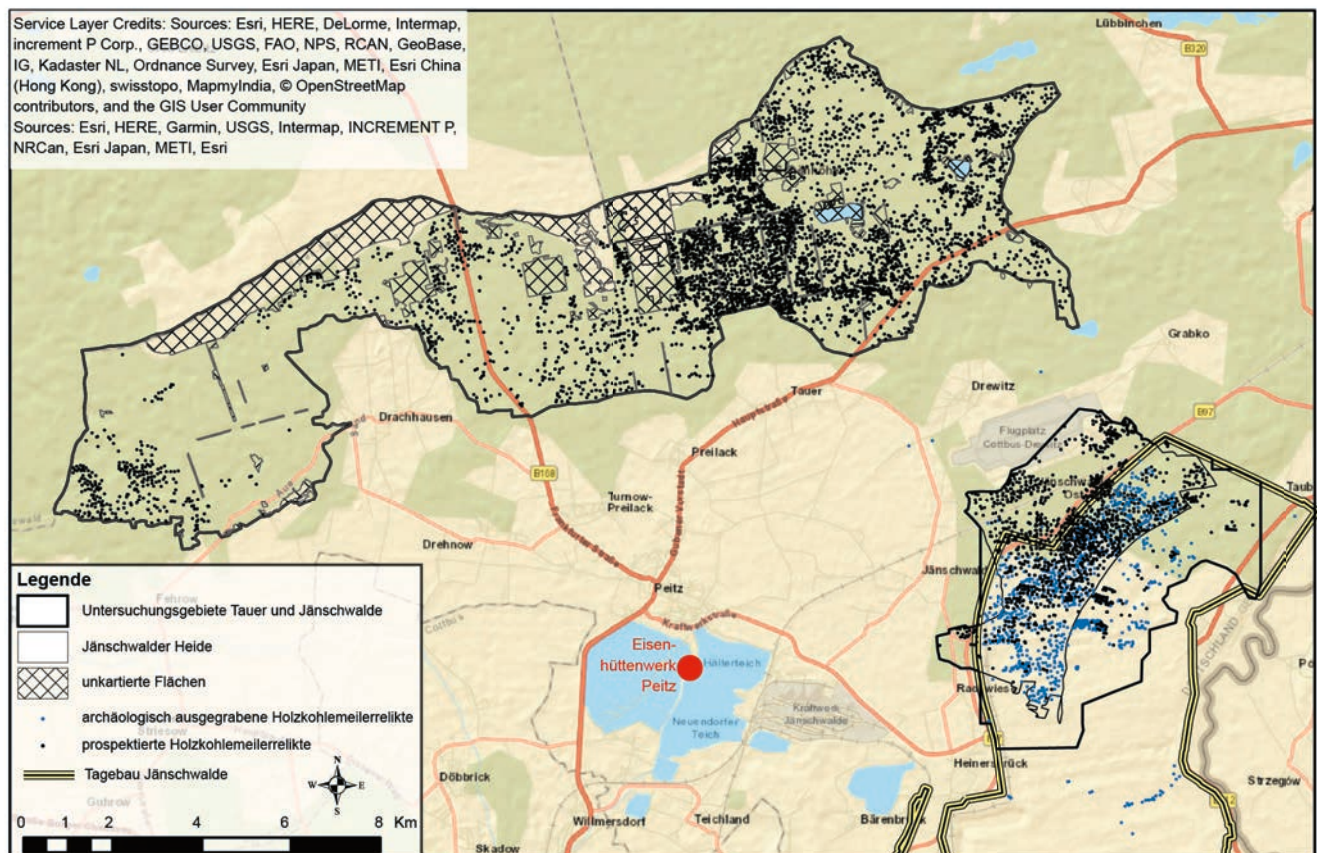


Abb. 3: Holzkohlenmeilerrelikte im ehemaligen Königlich Tauerischen Forstrevier nördlich und östlich des Eisenhüttenwerkes in Peitz (Kartierung Stand 2018). Aus RAAB et al. (2019)

Fig. 3: Relict Charcoal Hearths (RCH) in the former Royal Forest District Tauer north and east of the ironwork Peitz (Mapping from 2018). From RAAB et al. (2019)

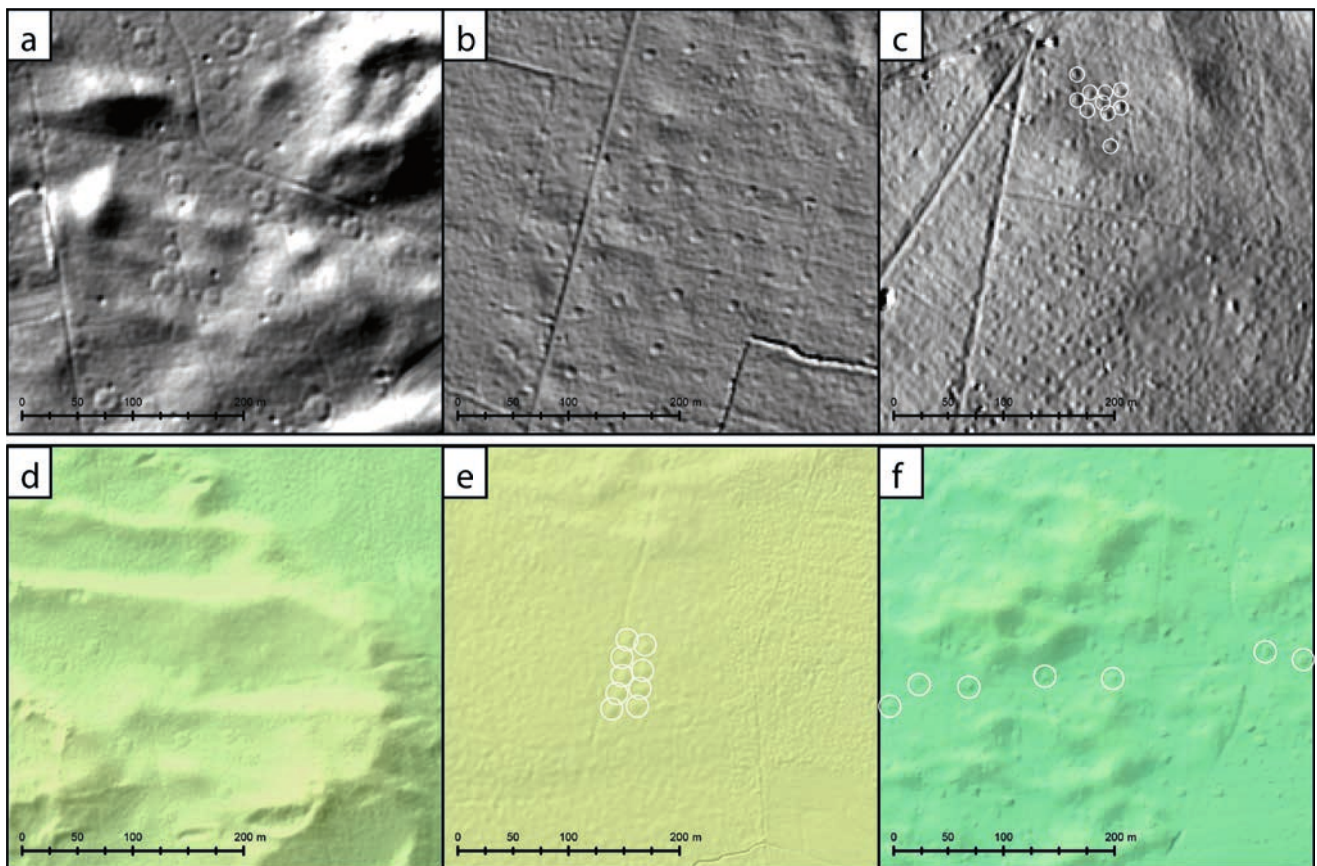


Abb. 4: Beispiele für HKM in unterschiedlicher Größe und räumlicher Verteilung in aus dem DGM2 abgeleiteten Schummerungskarten (oben) und im DGM1-WMS (unten, Geobasisdienste: © GeoBasis-DE/LGB). a) HKM mit unterschiedlichen Durchmessern in ungleichmäßiger Verteilung, teils mit deutlich erkennbaren benachbarten Gruben, b) relativ kleine, innerhalb einzelner Jagen regelmäßig angeordnete HKM, c) große Gruppe von sehr kleinen HKM, d) HKM mit unterschiedlichen Durchmessern in ungleichmäßiger Verteilung in einem Binnendünengebiet, e) Gruppe von großen HKM in regelmäßiger Anordnung, f) relativ kleine, unregelmäßig geformte bzw. gestörte HKM in großer räumlicher Dichte. Im Geländebefund verifizierte HKM sind weiß umrandet dargestellt. Aus SCHNEIDER et al. (2019)

Fig. 4: Examples for RCHs with different size and spatial distribution patterns, as depicted in shaded relief maps (SRM) derived from digital elevation models (above: SRM based on DGM2, below: DGM1-WMS, © GeoBasis-DE/LGB). a) RCHs with different diameters in unregular spatial distribution and adjacent pits, b) small RCHs in regular spatial distribution within forest compartments, c) large cluster of small RCHs, d) RCHs with different diameters in unregular distribution in an inland dune area, e) cluster of large RCHs in a regular spatial pattern, f) small, irregularly-shaped and partly disturbed RCHs in high spatial density. White outlines mark RCHs verified in field surveys. From SCHNEIDER et al. (2019)

(Abb. 5). Dagegen ist der Humusgehalt im fossilen Oberboden oft geringer als in umliegenden rezenten Oberböden, was vor allem auf einen hitzeinduzierten Abbau organischer Bodensubstanz während des Meilerbrandes zurückgeführt werden kann. Trotz der oben genannten charakteristischen Merkmale ist die feldbodenkundliche Ansprache im dunklen, schwer differenzierbaren Meilersubstrat problematisch. Hohe C-Gehalte, die sowohl pedogen durch den „klassischen“ Abbau organischen Materials als auch pyrogen durch die Verkohlungs bedingt sind, erschweren die bodensystematische Differenzierung ebenso wie die unzureichenden Kartierschlüssel für technogene bzw. anthropogene Horizonte in der derzeit gültigen Fassung der Bodenkundli-

chen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005, HIRSCH et al. 2018A, 2018B).

Im Rahmen eines DFG-Forschungsprojekts finden seit mehreren Jahren Untersuchungen an typischen Meilerböden der Niederlausitz statt (SCHNEIDER et al. 2019, 2018, HIRSCH et al. 2018A). Bodenaufbau und -eigenschaften von Meilerrelikten im Tauerischen Forst werden an Standorten mit dem dort weit verbreiteten sandigen Ausgangssubstrat untersucht. Exemplarisch für diese Standorte ist Meiler HKM 29239, der östlich des Kleinsees in einem Mischwald aus Traubeneichen (*Quercus petraea* Liebl.) und Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) liegt (Abb. 6) und von SCHNEIDER et al. (2019) ausführlicher beschrieben wurde. Der untersuchte

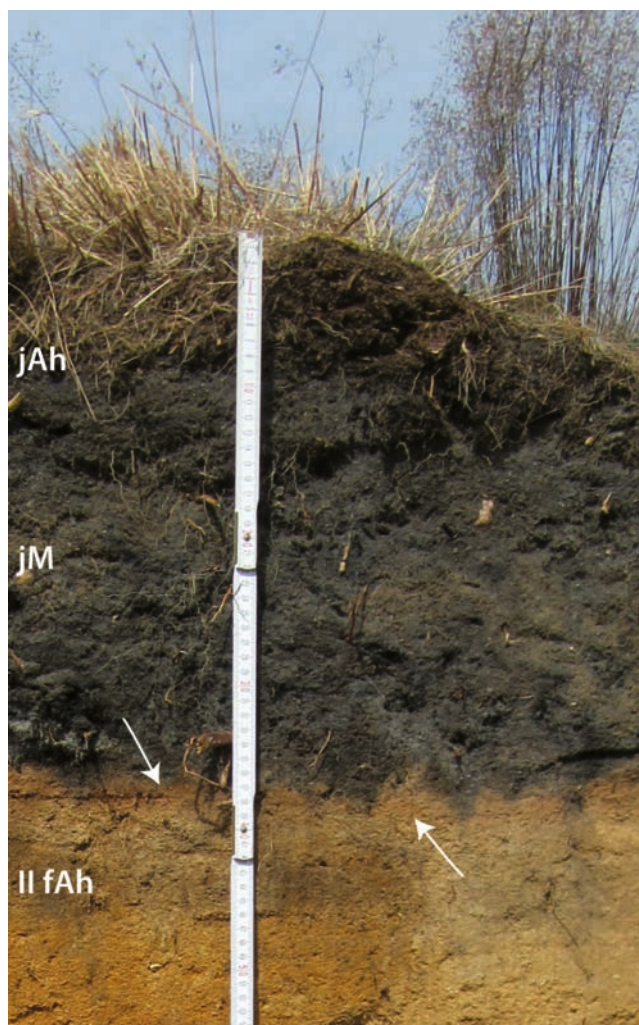


Abb. 5:
Horizontabfolge eines Holzkohlenmeilers im Tagebau Jänschwalde. Im Übergangsbereich an der Basis des kohlereichen Substrats und dem begrabenen Oberboden weist ein ca. 2 cm mächtiger Bereich mit rötlicher Färbung (weiße Pfeile) auf die thermische Beanspruchung der Mineralfraktion hin.

Fig. 5:
Pedostratigraphy of a RCH in the opencast mine Jänschwalde. The presence of an about 2 cm thick reddish contact zone (white arrows) between the charcoal rich substrate and the buried topsoil below indicates the impact of heat on the minerals.

Meiler hat einen Durchmesser von 18,5 m und ist gemäß dendrochronologischer Untersuchung an aus der Grabenfüllung stammenden Kohlestücken in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts angelegt worden (Fälldatum der verkohlten Kiefern zwischen 1729 und 1736 AD nach Analyse durch Dr. HEUSSNER, DAI Berlin, Labor-Nr. C87058 bis C87068). Im Umfeld des Meilers ist eine sandige Braunerde mit schwacher initialer Podsolierung vorhanden (Profil 1, Abb. 6). In der Mitte der Meilerplattform ist dieser Referenzboden von einer 28 cm mächtigen, dunkelgrauen und kohlereichen technogenen Schicht bedeckt (Profil 3, Abb. 6). In dieser sogenannten Meilerschicht sind zahlreiche Wurzeln und insbesondere Feinwurzeln zu finden. Darunter liegt der fossilisierte Oberboden (fAh-Horizont), der ähnliche Merkmale und Mächtigkeit wie der Ah-Horizont des Referenzprofils 1 aufweist. Vergleichbare Befunde zu Aufbau und Kennzeichen von HKM-Böden im Tauerischen Forst sind von HIRSCH et al. (2018A) vorgelegt worden. Insbesondere zeigt sich auch hier, dass im Einzugsgebiet des Hüttenwerks Peitz bei der Errichtung der Meilerstellen die Oberböden nicht oder nur sehr geringmächtig abgetragen wurden. Auch die typische Mächtigkeit des Meilersubstrats von 20 bis 40 cm ist ähnlich wie in anderen Teilen des Tauerischen Forsts.

Am Randbereich der Meilerplattform hat der Boden grundsätzlich einen vergleichbaren Aufbau (Profil 4, Abb. 6), allerdings ist das kohlereiche Meilersubstrat mit 19 cm weniger mächtig, weist weniger Kohlestücke im Grobboden (<2mm) auf und ist schlierenförmig mit mineralischem Substrat durchmischt. Typisch für die Rundmeiler der Niederlausitz ist ein umlaufender Graben, der nach oder während der Beräumung mit meist dunklem Meilersubstrat verfüllt wurde (RÖSLER et al. 2012). Am HKM 29239 ist diese Verfüllung 50 cm mächtig (Profil 2, Abb. 6), an der Basis sind relativ grobe Kohlstücke zu finden, darüber liegt ein sandiges Material und oben im Profil nimmt der Kohleanteil wieder zu. Das Meilersubstrat im Grabenprofil ist ähnlich wie im zentralen Bereich des Meilers (Profil 3) intensiv durchwurzelt, während in den mineralisch dominierten Profilabschnitten bzw. den seitlich angrenzenden mineralischen Horizonten wenig Wurzeln zu finden sind. Die physikalischen und chemischen Kennwerte betreffend, ist das augenfälligste Charakteristikum von Meilerböden der hohe Gehalt an Kohlenstoff. In der Mitte der Meilerplattform weist schon die Geländeansprache einen sehr hohen Anteil an Kohlestücken aus, was durch die Laboranalyse bestätigt wird (Tab. 1). In den obersten Dezimetern von Meilerschicht und Grabenfüllung liegt der Anteil grober

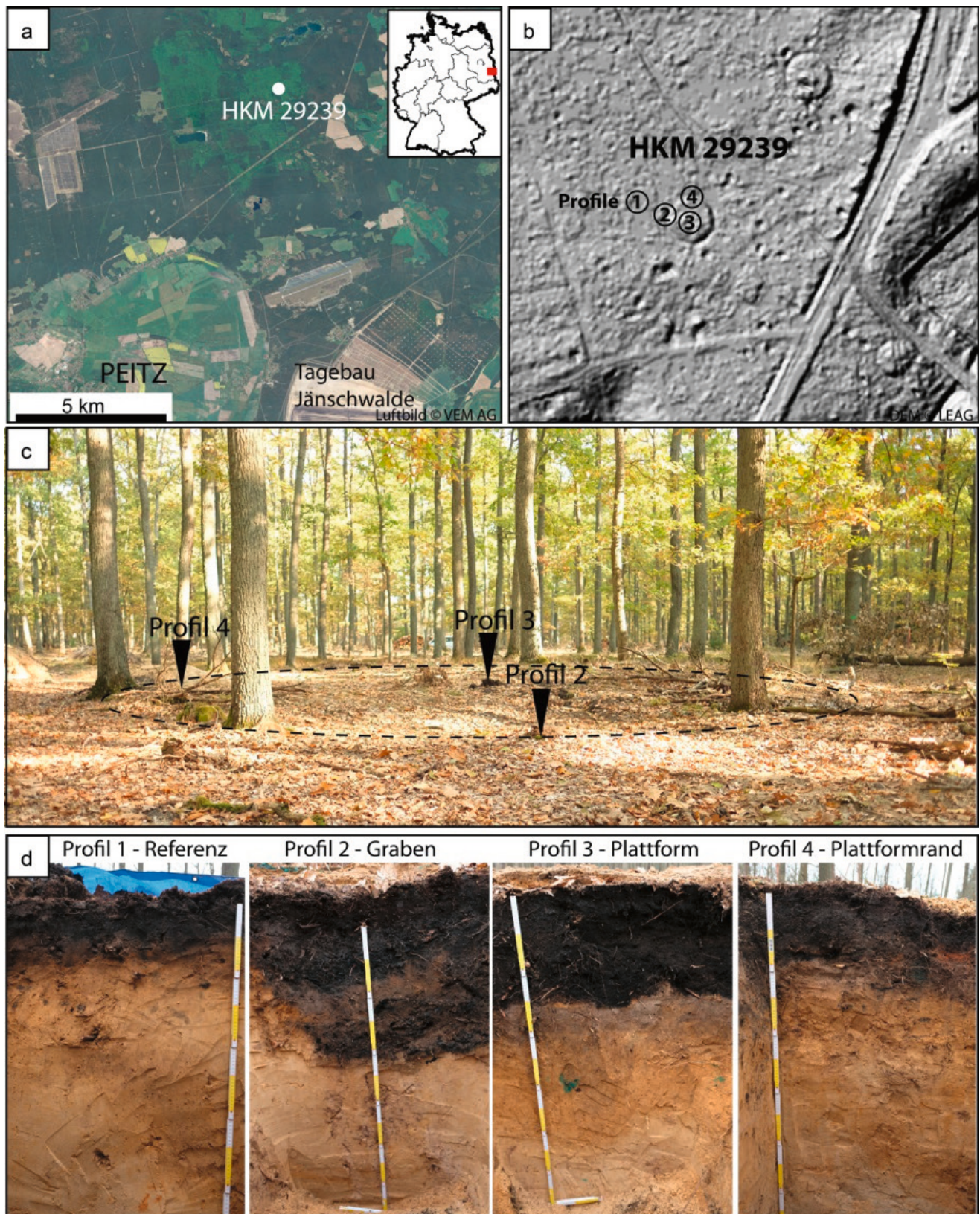


Abb. 6: Lage des HKM 29239 im Tauerischen Forst, nordöstlich des Kleinsees, a) der HKM in der Schummerungskarte, b) und im Geländebefund, c) sowie Position und Fotos der untersuchten Profile (b, c und d).
Aus SCHNEIDER et al. (2019)

Fig. 6: Location of RCH 29239 in the Royal Forest Tauer, northeast of the Kleinsee, a) RCH in shaded relief map (SRM), b) in field situation, c) and position and pictures of the studied profiles (b, c, and d).
From Schneider et al. (2019)

Profil/Horizont	Tiefe [cm]	Sand [%]	Schluff [%]	Ton [%]	pH in CaCl ₂	Kohlestücke > 2mm [% des Gesamtgewichts]	LOI < 2mm [%]
Referenzprofil außerhalb der Meilerplattform (Profil 1)							
Ah	0-4	86.2	11.0	2.8	3.1	0.3	6.4
Ah	4-8	89.8	7.1	3.1	3.2	0.2	4.4
Bv-Ah	8-15	92.3	4.9	2.8	3.6	0	1.9
Ah-Bv	15-22	93.6	4.4	2.1	4.3	0	1.1
Ah-Bv	22-32	94.0	4.8	1.3	4.3	0	0.7
Bv	32-42	95.7	3.3	1.0	4.4	0	0.4
Bv	42-52	94.7	4.0	1.3	4.3	0	0.3
Bv	52-59	95.7	3.6	0.8	4.2	0	0.3
Bv	59-69	95.4	3.6	1.0	4.4	0	0.3
Cv+rGo	69-79	95.7	3.5	0.8	4.3	0	0.2
Cv+rGo	79-89	96.2	2.8	1.0	4.3	0	0.2
Cv+rGo	89-99	94.7	4.3	1.0	4.2	0	0.2
Meilergraben (Profil 2)							
Grabenfüllung	0-17	88.9	8.2	2.8	2.8	5.2	13.0
Grabenfüllung	17-30	89.9	7.6	2.5	4.0	0.3	2.1
Grabenfüllung	30-44	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
II fBv	44-64	97.5	1.8	0.8	4.2	0	0.2
Meilerplattform (Profil 3)							
Meilerschicht	6-20	94.4	4.3	1.3	3.0	5.1	13.1
Meilerschicht	20-28	93.4	4.6	2.0	3.5	29.3	32.8
II fAh	28-43	91.5	5.9	2.6	4.0	0	2.0
II fBv-Ah	43-56	92.1	5.4	2.6	4.2	0	0.9
II fBv	56-69	91.6	6.4	2.0	4.1	0	0.7
Randbereich der Meilerplattform (Profil 4)							
Meilerschicht	0-8	86.1	10.4	3.5	2.9	1.1	7.7
Meilerschicht	8-16	92.1	5.3	2.5	3.3	0.8	4.7
Meilerschicht	16-19	90.1	6.9	3.0	3.7	0.2	2.7
II fAh	19-29	90.0	7.2	2.8	4.0	0	1.5
II fBv-Ah	29-55	91.8	6.1	2.0	4.2	0	0.8
II fBv	55-94	93.6	4.6	1.8	4.2	0	0.4

Tab. 1: Bodeneigenschaften am HKM 29239, Waldschule Kleinsee. Aus SCHNEIDER et al. (2019)

Tab. 1: Soil properties at RCH 29239, Waldschule Kleinsee. From SCHNEIDER et al. (2019)

Kohlestücke (> 2 mm) bei etwa 5% des Gesamtgewichts. In der Feinfraktion (< 2 mm) wird in diesen Horizonten mittels Glühverlust (Loss On Ignition, LOI) ein Corg-Gehalt von ca. 13% bestimmt, wobei durch diese Methode keine Differenzierung der pyrogenen und pedogenen Fraktion erfolgt. Bei den pH-Werten lassen sich keine Unterschiede zwischen Meiler- und Referenzboden feststellen. Die Meilerschicht weist allerdings im Ah-Horizont höhere Sand- und geringere Tongehalte auf, wie sie auch von HIRSCH et al. (2018A) für andere Standorte im Tauerschen Forst beschrieben sind. Erklärbar ist dies durch die Verwendung relativ sandiger Substrate aus Bv- und Cv-Horizonten für die Abdeckung der Meiler zur Verhinderung von Luftzutritt bei der Verkohlung. Nach dem Brand können sich so die Sandfraktionen aus den Decks substraten auf der Meilerplattform anreichern.

3. Schlussfolgerungen

Reliktische Wölbäcker und Holzkohlenmeiler sind zwei Formen der ehemaligen Landnutzung, die in der Lausitz weit mehr als bisher bekannt die Bodenlandschaft prägen. Grundlegende Merkmale und Kennzeichen der Böden wie etwa Profilaufbau, Korngrößenverteilung und Humusgehalt werden durch anthropogene und/oder technogene Prozesse gesteuert. Aufgrund der weiten Verbreitung und der teilweise starken Veränderung physikalischer und chemischer Eigenschaften besitzen diese Böden nicht nur eine wichtige Archivfunktion, sondern sind auch aus geoökologischer Sicht sehr relevant. Noch vollkommen ungeklärt sind die biologischen und vor allem mikrobiologischen Eigenschaften, die bei weiteren Forschungen besonders betrachtet werden sollten.

Literatur

AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODENDER GEOLOGISCHEN LANDES-
ÄMTER UND DER BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN
UND ROHSTOFFE DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2005):
Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Aufl., Hannover

BÖNISCH, E. (2013): Forschungspotenzial der Braunkohlenarchäologie zu Besiedlung, Landnutzung, Landschaftsentwicklung und Klimawandel. In: RAAB, T., RAAB, A., GERWIN, W., SCHOPPER, F. (Hrsg.): Landschaftswandel - Landscape Change. – Geopedology and Landscape Development Research Series 1, S. 25–68

BÖNISCH, F. (2001): Wölbäcker als Kennzeichen früherer Gewinnfluren. – In: KUNOW, J. (Hrsg.): Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000, S. 203–212

CARRARI, E., AMPOORTER, E., BUSSOTTI, F., COPPI, A., NOGALES, A. G., POLLASTRINI, M., VERHEYEN, K. & F. SELVI (2018): Effects of charcoal hearth soil in forest regeneration: Evidence from a two-year experiment on tree seedlings. – Forest Ecology and Management 427, S. 37–44

EVERT, L. T. (1774): Charte von Grissen, zum Ordens Amte Schenkendorff gehörig, ist vermessen und diese Charte nebst Register angefertigt im Monath August durch L. T. Evert. – Geheimes Staatsarchiv Preussischer Kulturbesitz Berlin, Plankammer der Reg. Frankfurt (O.), B 352

HIEROLD, W., NAGEL, D. (2001): Die Wölbäcker von Natteheide (Brandenburg) – Zeugnisse historischer Landnutzung. – GCA-Verlag (Herdecke)

HARDY, B., CORNELIS, J.-T., HOUBEN D., LAMBERT, R. & J. E. DUFÉY (2016): The effect of pre-industrial charcoal kilns on chemical properties of forest soil of Wallonia, Belgium. – European Journal of Soil Science 67, S. 206–216

HIRSCH, F., SCHNEIDER, A., BAURIEGEL, A., RAAB, A., RAAB, T. (2018A): Formation, Classification, and Properties of Soils at Two Relict Charcoal Hearth Sites in Brandenburg, Germany. – Frontiers in Environmental Science 6

HIRSCH, F., RAAB, T., OUMET, W., DETHIER, D., SCHNEIDER, A. & A. RAAB (2018B): Soils on historic charcoal hearths: Terminology and chemical properties. – Soil Science Society of America Journal 81, S. 1427–1435

HIRSEKORN, V. (2003): Äcker unter Dünen im Vorfeld des Tagebaus Cottbus-Nord. In: KUNOW, J. (Hrsg.): Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2001 – Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 11, S. 155–162

MASTROLONARDO, G., CALDERARO, C., COCOZZA, C., HARDY, B., DUFÉY, J. & J.-T. CORNELIS (2019): Long-term effect of charcoal accumulation in hearth soils on tree growth and nutrient cycling. – Frontiers in Environmental Science – in press

MEIBEYER, W. (1969): Über den Profilaufbau des Pflughorizontes in Wölbäckern. – Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie 17, S. 161–170

MÜLLER, F. (2017): Der Wandel der Kulturlandschaft im Raum Peitz infolge des mehrhundertjährigen Betriebes des dortigen Hüttenwerkes (Mitte 16. bis 19. Jahrhundert) – Geopedology and Landscape Development Research Series 5,

NOACK, D. & M. WULF (2019): Automatisierte Erkennung von Wölbäckern mittels DGM am Beispiel Prignitz (Nordwest Brandenburg). – In: RAAB, T., RAAB, A. & F. SCHOPPER (Hrsg.): Erfassung und Bewertung von vorindustriellen Meilerstandorten. – Workshop 19. Februar 2019, Geopedology and Landscape Research Series 8, S. 99–141

RAAB, A., TAKLA, M., RAAB, T., NICOLAY, A., SCHNEIDER, A., RÖSLER, H., HEUSSNER, K.-U. & E. BÖNISCH (2015): Pre-industrial charcoal production in Lower Lusatia

- (Brandenburg, Germany): Detection and evaluation of a large charcoal-burning field by combining archaeological studies, GIS-based analyses of shaded-relief maps and dendrochronological age determination. – *Quaternary International* **367**, S. 111–122
- RAAB, A., BONHAGE, A., SCHNEIDER, A., RAAB, T., RÖSLER, H., HEUSSNER, K.-U. & F. HIRSCH (2019): Spatial distribution of relict charcoal hearths in the former royal forest district Tauer (SE Brandenburg, Germany). – *Quaternary International* **511**, S. 153–165
- RAAB, T., RAAB, A., HIRSCH, F., SCHNEIDER, A., BONHAGE, A. & M. AGTHE (2019): Historische Köhlerei und ihre Hinterlassenschaften – Ein Überblick. In: RAAB, T., RAAB, A. & F. SCHOPPER (Hrsg.): Erfassung und Bewertung von vorindustriellen Meilerstandorten - Workshop 19. Februar 2019, – *Geopedology and Landscape Research Series* **8**, S. 1–21
- RÖSLER, H., BÖNISCH, E., SCHOPPER, F., RAAB, T. & A. RAAB (2012). Pre-industrial charcoal production in southern Brandenburg and its impact on the environment. – In: KLUIVING, S. & E. GUTTMANN-BOND (eds.): *Landscape Archaeology between Art and Science*, S. 167–178
- SCHNEIDER, A., HIRSCH, F., RAAB, A. & T. RAAB (2018): Dye tracer visualization of infiltration patterns in soils on relict charcoal hearths. – *Frontiers in Environmental Science* **6**
- SCHNEIDER, A., HIRSCH, F., RAAB, A. & T. RAAB (2019): The temperature regime of a charcoal-enriched land use legacy soil. – *Soil Science Society of America Journal* **83**, S. 565–574
- SCHNEIDER, A., HIRSCH, F., BONHAGE, A., RAAB, A. & T. RAAB (2019): Verbreitung und Eigenschaften von Meilerböden in Brandenburg. – In: RAAB, T., RAAB, A. & F. SCHOPPER (Hrsg.): Erfassung und Bewertung von vorindustriellen Meilerstandorten. – Workshop 19. Februar 2019 – *Geopedology and Landscape Research Series* **8**, S. 23–42
- SCHNEIDER, M. (2016): Äcker, Brunnen und Grenzen auf Griebener und Jänschwalder Flur im archäologischen Befund (Ausgrabungen 2013). – *Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2013/2014 –Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg* **30**, S. 131–144
- WULF, M. (2001): Kulturlandschaftsforschung in Brandenburg. Beispiel Wölbäcker in der Prignitz. – In: HARTEISEN, U., SCHMIDT, A. M. Z., WULF, M. (Hrsg.): *Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung*, S. 87–100

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Thomas Raab
Dr. Florian Hirsch
Dr. Alexandra Raab
Dr. Anna Schneider
Alexander Bonhage MSc

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg
Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung
Siemens-Halske-Ring 8
03046 Cottbus

thomas.raab@b-tu.de
florian.hirsch@b-tu.de
alexandra.raab@b-tu.de
anna.schneider@b-tu.de
alexander.bonhage@b-tu.de

Dr. Eberhard Bönisch
Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landesmuseum
Referat Braunkohle
Altnauer Straße 5
03205 Calau

boenisch.calau@bldam-brandenburg.de