

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	22 (2015), 1	S. 137–148	6. Abb., 39 Zit.
------------------------------	---------	--------------	------------	------------------

## Junge Böden der Niederlausitz

### Young Soils in Lower Lusatia

WERNER GERWIN, THOMAS RAAB, ALBRECHT BAURIEGEL & ALEXANDER NICOLAY

#### 1. Einleitung

Die Entstehung von Böden ist ein komplexes Zusammenspiel von bodenbildenden Prozessen in Abhängigkeit von den Faktoren Klima, Ausgangsgestein, Wasser, Biota, Relief, Mensch und Zeit. Mitteleuropäische Böden sind in der Regel als holozäne, also nacheiszeitliche Bildungen anzusprechen. Sie sind damit im Vergleich zu Böden der Tropen und Subtropen, deren Bildungszeitraum nicht durch Vereisungsphasen bzw. Kaltzeiten unterbrochen wurde, als jung einzustufen. Ausnahmen sind heute reliktsche Böden, die unter ehemals anderen klimatischen Verhältnissen entstanden sind und durch charakteristische Verwitterungsprozesse wie Ferrallitisierung und Mineralneubildungen wie Hämatit gekennzeichnet sind (z. B. *Terrae rossae*: BOERO & SCHWERTMANN 1989). Die Entstehung außereuropäischer tropischer und subtropischer Böden reicht teilweise bis in das Tertiär hinein (vgl. u. a. PORDER et al. 2007), wobei auch viele der alten Böden in den Tropen und Subtropen ebenfalls als reliktsche Bildungen zu verstehen sind (u. a. BRONGER, WICHMANN & ENSLING 2000). Gerade in Nordostdeutschland wurden die Ausgangsgesteine der Bodenbildung erst durch glazigene, äolische, glazifluviale oder andere fluvio-limnische Prozesse während des Pleistozäns abgelagert. Zu nennen sind hier die Alt- und Jungmoränen, Sanderflächen und vorgelagerte Ablagerungen der Schmelzwasserabflüsse sowie Überwehungen mit Löss oder Flugsanddecken und Dünen. Frühere Bodenbildungsphasen wurden durch diese Prozesse unterbrochen und im ehemals periglazialen Raum sind insbesondere in den Lössvorkommen Süddeutschlands unterhalb der rezenten Böden vielfach fossile Böden aus früheren Warmzeiten des Pleistozäns vorhanden (STRUNK 1990, RÖSNER 1994, BIBUS et al. 2007). In Brandenburg findet sich mit dem so genannten Finow-Boden ebenfalls eine fossile Bildung, die in das Alleröd zum Ende des Pleistozäns gestellt wird und durch nachfolgende Sedimentationsphasen der Jüngeren Dryas-Zeit häufig mit äolischen Schichten überdeckt wurde (BUSSEMER, SCHLAAK & GÄRTNER 2009). In den anschließenden rund 10 000 Jahren der aktuellen Warmzeit des Holozäns differenzierte sich dann eine Vielzahl von Bodentypen.

Die Bodenbildungen des Holozäns wurden jedoch ebenso wie die früherer Warmzeiten durch externe Störungen beeinflusst. Durch spätere Überlagerungen mit jüngeren, holozänen Sedimentschichten unterbrochene Bodenentwicklungen führten dazu, dass das Alter der heute an der Oberfläche anzutreffenden Böden erheblich schwankt. Insbesondere die seit der Jungsteinzeit zunehmenden Einwirkungen des Menschen auf seine Umwelt haben dazu geführt, dass neben vergleichsweise alten Bodenbildungen aus dem früheren Holozän in Mitteleuropa vielfach auch sehr junge Böden beobachtet werden können. Derartige junge, teilweise initiale Bodenentwicklungen lassen auch Rückschlüsse auf Prozesse früherer Entwicklungsphasen zu (SCHAAF et al. 2011).

Gerade die Niederlausitz im Südosten Brandenburgs bietet eine Vielzahl von Standorten mit jungen Böden. Durch ihre Lage im Lausitzer Braunkohlenrevier weist die Niederlausitz zum einen eine Vielzahl großflächiger Bergbaufolgestandorte auf, wo sich die Bodenbildung noch in der Startphase befindet. Durch gezielte Rekultivierungsmaßnahmen und Bodenmeliorationen wird versucht, diese Bodenentwicklung künstlich zu beschleunigen und schon nach kurzer Zeit erneut ertragreiche Landwirtschafts- und Forststandorte zu etablieren (KRÜMMELBEIN et al. 2012).

Zum anderen verfügt die Niederlausitz neben diesen jüngsten Standorten über bodenkundliche Zeugnisse deutlich früherer menschlicher Eingriffe in den Naturhaushalt und der daraus resultierenden Umweltveränderungen. Böden als Archive der Landschaftsgeschichte werden gerade in den Vorfeldern der noch aktiven Braunkohletagebaue der Niederlausitz intensiv untersucht. Aktuell konzentrieren sich Arbeiten der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) und des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums (BLDAM) auf die künftig durch den Tagebau Jänschwalde in Anspruch zu nehmenden Areale, wo unter anderem durch den Nachweis einer bisher kaum bekannten Vielzahl von Standorten früherer Holzkohleproduktion die regionale Industriegeschichte neu betrachtet werden muss (RAAB et al. 2015). Begleitende bodenkundliche und geo-

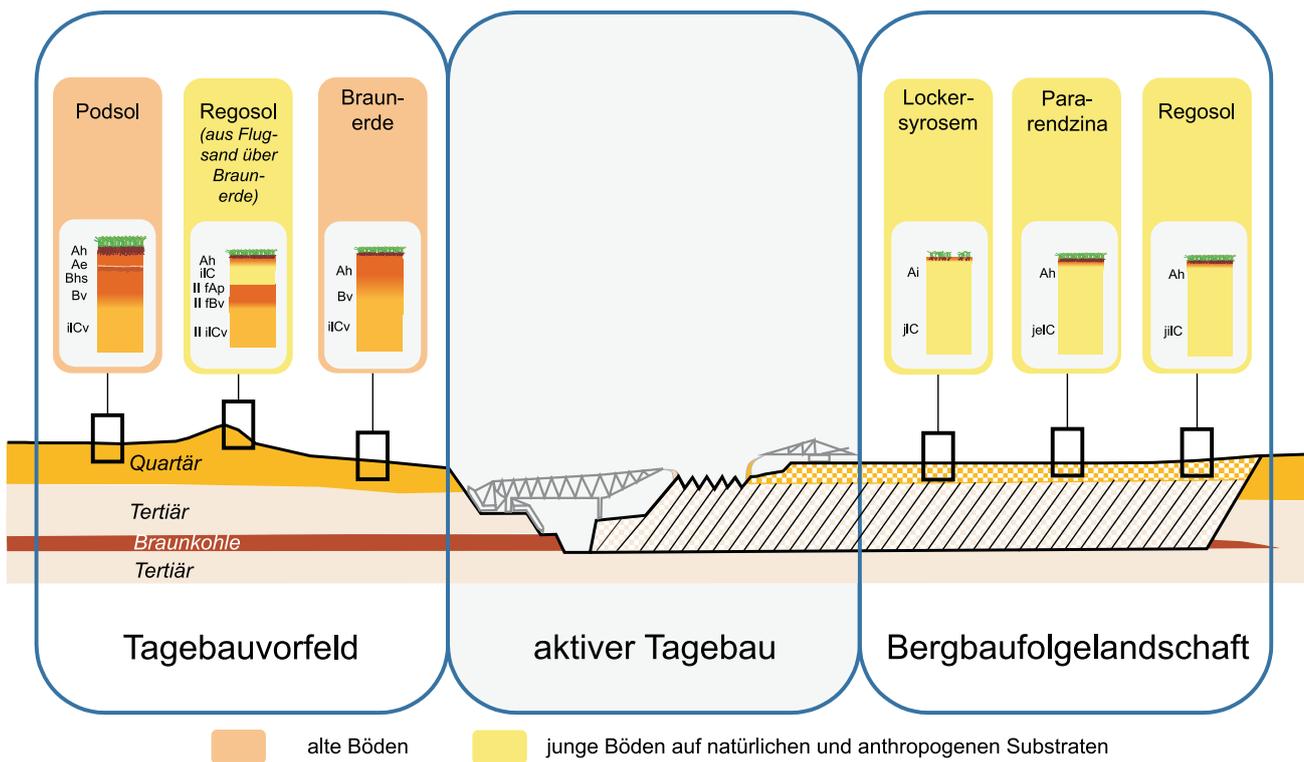


Abb. 1: Alte und junge Böden in der Niederlausitzer Bergbaulandschaft  
 Fig. 1: Old and young soils of the Lower Lusatian lignite mining district

archäologische Untersuchungen konnten zudem gerade in diesem Bereich den Einfluss der menschlichen Landnutzung auf die Landschaftsentwicklung anschaulich darstellen. So ist in Norddeutschland häufig als Resultat der historisch intensivierten ackerbaulichen Tätigkeiten eine wiederholte Aktivierung von äolischen Erosionsprozessen und die Ablagerung von Flugsanddecken und Dünen auf ehemals landwirtschaftlich genutzter Fläche zu beobachten (KÜSTER & PREUSSER 2009, KÜSTER et al. 2014).

Mit diesem Beitrag sollen beide Vorkommen junger Böden – sowohl im Tagebauvorfeld als auch in der Bergbaufolgelandschaft – anhand konkreter Beispiele vorgestellt werden (Abb. 1). Die durch Flugsandüberdeckungen initiierten jungen Böden auf natürlichen Substraten und die jungen Böden auf anthropogenen Substraten der Niederlausitz demonstrieren den schon lange andauernden Einfluss des Menschen auf die Landschaftsentwicklung. Anhand laufender Studien der Böden in der Bergbaufolgelandschaft der Niederlausitz können zudem wesentliche Prozesse der initialen Bodenbildung dargestellt werden.

## 2. Junge Böden im Tagebauvorfeld

Klimatischer Wandel und die kulturelle Entwicklung der menschlichen Gesellschaft haben in Mitteleuropa mehrfach direkt oder indirekt geomorphologische Prozesse beeinflusst. Insbesondere die Etablierung des Ackerbaus seit dem Neolithikum und die Ausdehnung der Anbauflächen vor al-

lem im Mittelalter haben an vielen Stellen bis heute sichtbare Veränderungen der Landschaftsgestalt hinterlassen (BORK et al. 1998, DÖHLER et al. 2015). In historischer und prähistorischer Zeit entstandene, anthropogene Kolluvien und Auensedimente sind weit verbreitete Bestandteile der heutigen Bodenlandschaften und finden entsprechenden Eingang in die Bodensystematik als Bodentyp Kolluvisol und Vega. Die Resultate der wassergebundenen Erosion finden sich auch in Seesedimenten in Form von charakteristischen Sedimentstrukturen, die auf intensive Umlagerungsereignisse innerhalb entwaldeter Agrarlandschaften bei entsprechenden Extremwetterereignissen hindeuten (SIROCKO 2010).

In den norddeutschen Regionen mit Böden auf sandigen Substraten sind zudem Flugsandauflagen verbreitet, die nach TOLKSDORF & KAISER (2012) in verschiedenen Phasen gebildet wurden: In prähistorischer Zeit während des Meso- und Neolithikums sowie während der Bronzezeit und anschließend wieder im Frühmittelalter sowie im späten Mittelalter und der frühen Neuzeit. Auch rezent sind gerade in Süd- und Südostbrandenburg Beispiele für aktive äolische Sandumlagerungen und Dünenbildungen zu finden. So existieren auf den beiden ehemaligen Militärübungsgeländen bei Jüterbog und bei Lieberose derzeit noch aktive Wanderdünen, wie sie in Mitteleuropa ansonsten nur sehr selten anzutreffen sind (MLUV 2005). Auf derartigen Standorten entwickeln sich zunächst, nachdem die weitere Übersandung zum Stillstand gekommen ist, Lockersyroseme mit dem Profilaufbau Ai/IC und den darunter liegenden, fossilen früheren Böden.

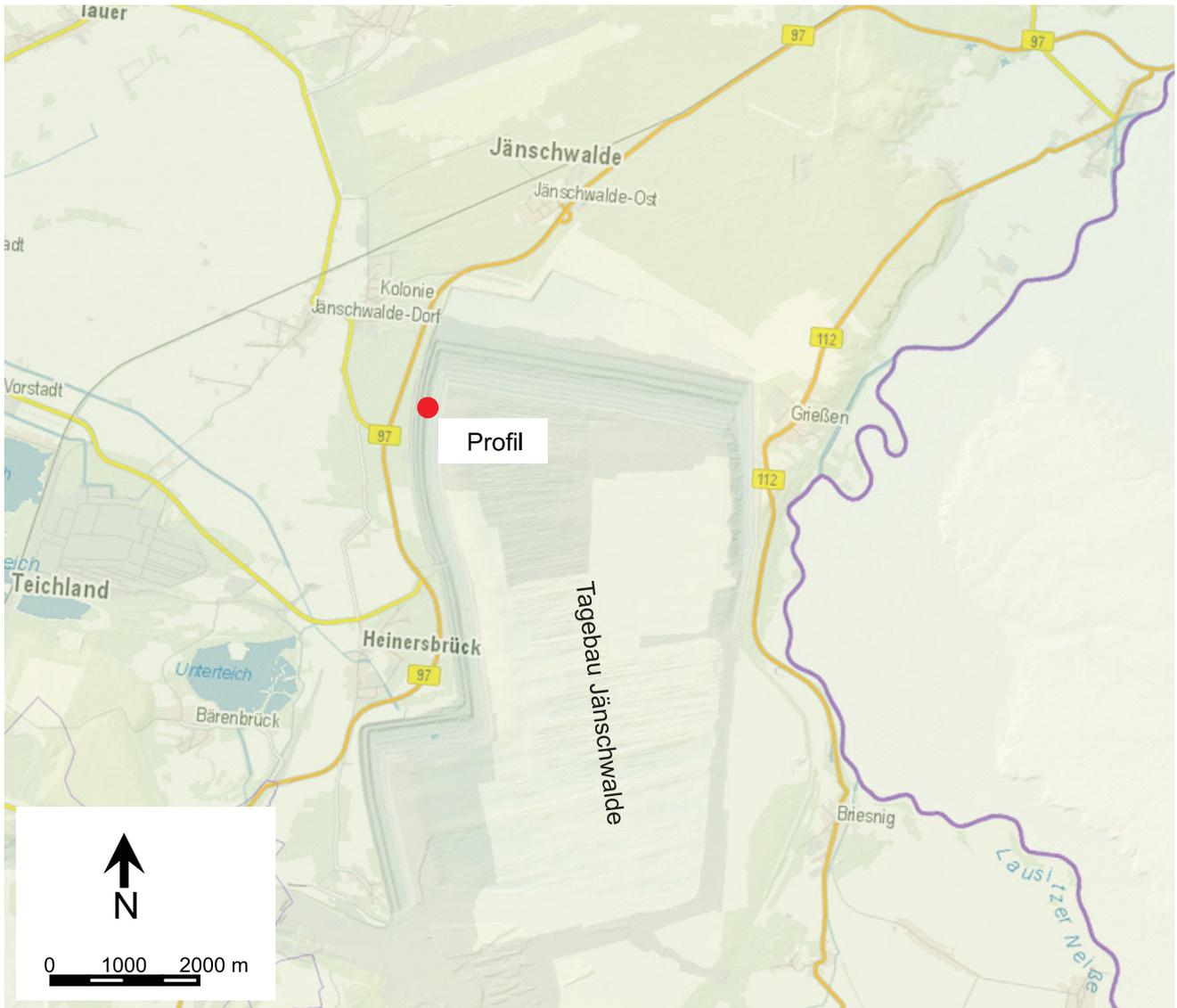


Abb. 2: Lage des Bodenprofils (s. Abb. 3) im Tagebauvorfeld bei Jänschwalde [Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation (LGB) 2015: BrandenburgViewer, bb-viewer.geobasis-bb.de]

Fig. 2: Location of the soil profile (cf. Fig. 3) in the fore field of the open-cast mine Jänschwalde (source: LGB 2015)

Gemeinsamer Auslöser dieser Umlagerungsvorgänge waren in der Regel Übernutzungen der Landschaft durch eine zu intensive und nicht standortangepasste Landwirtschaft bzw. in jüngster Zeit die permanente Zerstörung der Vegetation und des Oberbodens durch militärische Nutzungen. Beispielhaft werden diese Zusammenhänge im Vorfeld des Tagebaus Jänschwalde untersucht (NICOLAY et al. 2014). Hier wurden zahlreiche Bodenprofile angetroffen, in denen mit Flugsandschichten überdeckte ehemalige Ackerböden, zu erkennen an den fossilen Ap-Horizonten, diesen Zusammenhang zwischen Landnutzung und geomorphodynamischen Prozessen (oder besser: „der Reliefentwicklung“) demonstrieren.

Östlich des Ortes Jänschwalde, im heute überbaggerten Tagebau (Abb. 2) wurde 2011 eine durch holozäne Flugsande begrabene podsolierte Braunerde untersucht (RAAB

et al. 2011, NICOLAY, RAAB & RAAB 2013, 2014). Die Flugsandauflage erreicht eine Mächtigkeit von knapp 1,5 m und besteht aus feinsandigem Mittelsand. Altersbestimmungen des ehemaligen Oberbodens mittels der Methode der Optisch Stimulierten Luminizenz (OSL) an Sedimentproben sowie mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode an Holzkohlepartikel ergaben ein Alter für den II fAp-Horizont von rund 1000 Jahren vor heute und deuten auf eine früh- bis hochmittelalterliche landwirtschaftliche Nutzung des begrabenen Bodens hin. Datierungen für die darüber liegende Flugsanddecke weisen dagegen auf eine Ablagerung im späten Mittelalter über einen Zeitraum von rund 180 Jahren hin (NICOLAY et al. 2014).

Entwickelt hat sich auf dem Flugsand in der nachfolgenden Zeit ein podsoliger Regosol mit einem rund 10 cm mächtigen, eher schwach ausgebildeten, grauen Aeh-Ho-

rizont und bisher keiner weiteren Differenzierung des aus Flugsand aufgebauten Unterbodens oberhalb der fossilen Braunerde (RAAB et al. 2011; Abb. 3). Sowohl der Oberboden (pH 3,6) als auch der Unterboden sind stark versauert. Dementsprechend ist eine beginnende Podsolierung im Aeh anhand gebleichter Quarkörner zu erkennen (Kornpodsoligkeit), die vermutlich durch die Bestockung des Standortes mit Kiefernbeständen gefördert wurde. Anzeichen für Verbraunungs- und Verlehmungserscheinungen sind jedoch nicht feststellbar. Die Bodengenese ist insgesamt noch recht schwach und beruht hauptsächlich auf der oberflächennahen Anreicherung organischer Substanz im Oberboden sowie der Ausbildung organischer Auflagehorizonte. Die Podsolierungserscheinungen können als noch sehr junge, neue Bodenentwicklungsrichtung eingestuft werden, die mutmaßlich durch die neuzeitliche Aufforstung früherer Heideflächen mit Kiefern verstärkt worden ist.

Ähnliche Hinweise auf mittelalterliche Ackernutzung von später mit Flugsanden überdeckten Flächen finden sich zahlreich im Tagebauvorfeld bei Jänschwalde. In anderen

Bodenprofilen lassen sich auch noch deutlich jüngere Flugsandaufwehungen im Zuge der erneuten Intensivierung der Landwirtschaft im 17. Jahrhundert nachweisen, die die mittelalterlichen Flugsanddecken und ihre Bodenbildungen unter sich begraben haben (NICOLAY et al. 2013).

### 3. Junge Böden in der Bergbaufolgelandschaft

In den Bergbaufolgelandschaften der Niederlausitz finden sich die jüngsten Böden der Region, in der Regel erst wenige Jahre bis Jahrzehnte alt und entsprechend noch am Anfang ihrer Entwicklung stehend. Bereits durch eine gezielte Substratauswahl im Tagebaufeld und durch eine hoch entwickelte Steuerung der Verkippung und ehemals auch Verspülung von Substraten unterschiedlicher Qualität, wird bei der bergmännischen Flächenwiederherstellung auf eine vielfältige Nutzbarkeit der entstehenden Bergbaufolgelandschaften hingearbeitet (GLASCHKER et al. 2015, UHLIG-MAY & NEUMANN 2015). Die Bergbaufolgeböden der Brandenburger Lausitz umfassen ca. 50 000 ha und nehmen damit ca. 10 % der Fläche der Landkreise

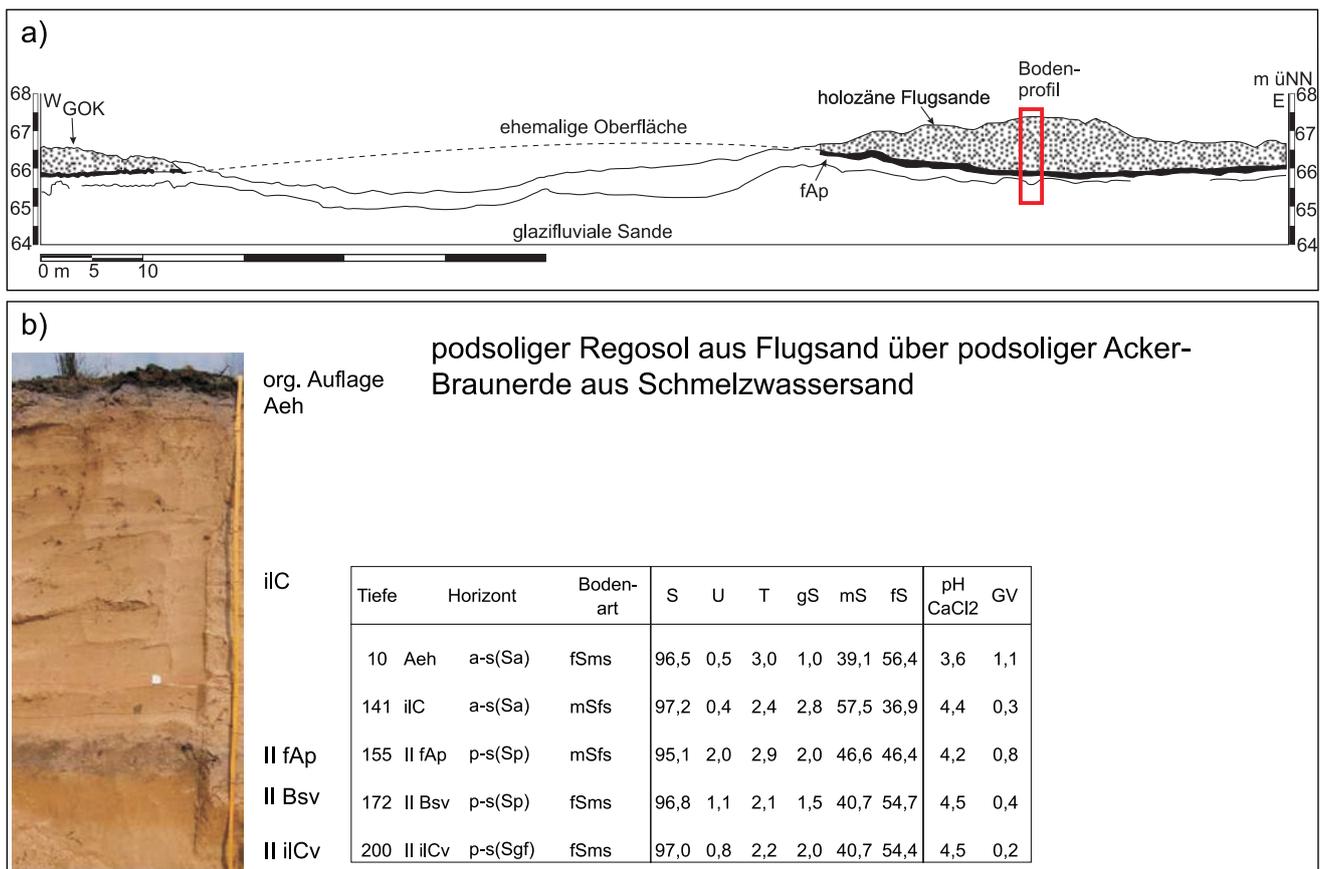


Abb. 3: Junger Boden im Tagebauvorfeld nahe Jänschwalde:  
 a – geoarchäologischer Sondageschnitt mit Lage des Bodenprofils  
 b – Profilbeschreibung (Abbildungen und Daten aus: RAAB et al. 2011, NICOLAY et al. 2014, verändert)  
 Fig. 3: Young soil in the fore field of the open-cast mine Jänschwalde:  
 a – geoarchaeological sondage with location of the soil profile  
 b – profile description (figures and data from: RAAB et al. 2011, NICOLAY et al. 2014, modified)

Spree-Neiße, Oberspreewald-Lausitz und Elbe-Elster ein (Abb. 4). Die anschließende Rekultivierung für eine nachfolgende landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzung erfolgt in mehreren Schritten, die insgesamt darauf abzielen, die Bodenbildung auf den initialen Kippsubstraten vor allem durch die verstärkte Akkumulation organischer Substanz gerichtet zu beschleunigen (HAUBOLD-ROSAR & SCHWARZENBERG 2009, KRÜMMELBEIN et al. 2012).

Verbreitet sind auf den Bergbaufolgestandorten je nach Alter des Standortes nach der Verkippung oder Verspülung des Substrates Böden der Klasse der terrestrischen Rohböden sowie der Klasse der Ah/C-Böden anzutreffen. Beispiele entsprechender Bodenprofile sind in den Abbildungen 5 a bis e dargestellt. Aus den Beispielen wird ersichtlich, dass trotz gleicher bodengenetischer Zuordnung zur Klasse der Ah/C-Böden, die Eigenschaften der Kippsubstrate teilweise kleinräumig sehr variabel sind. Aufgrund der Rekulti-

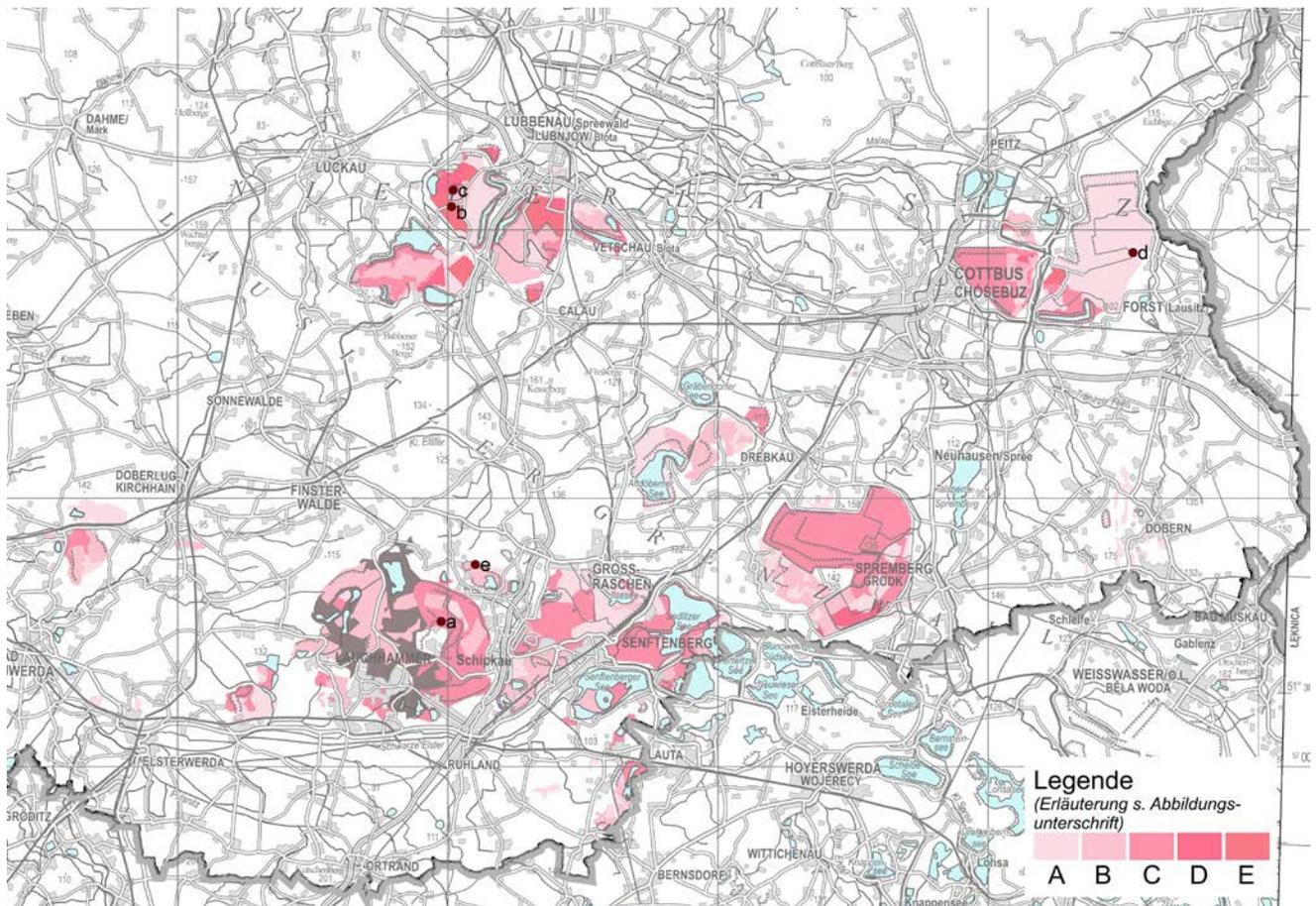
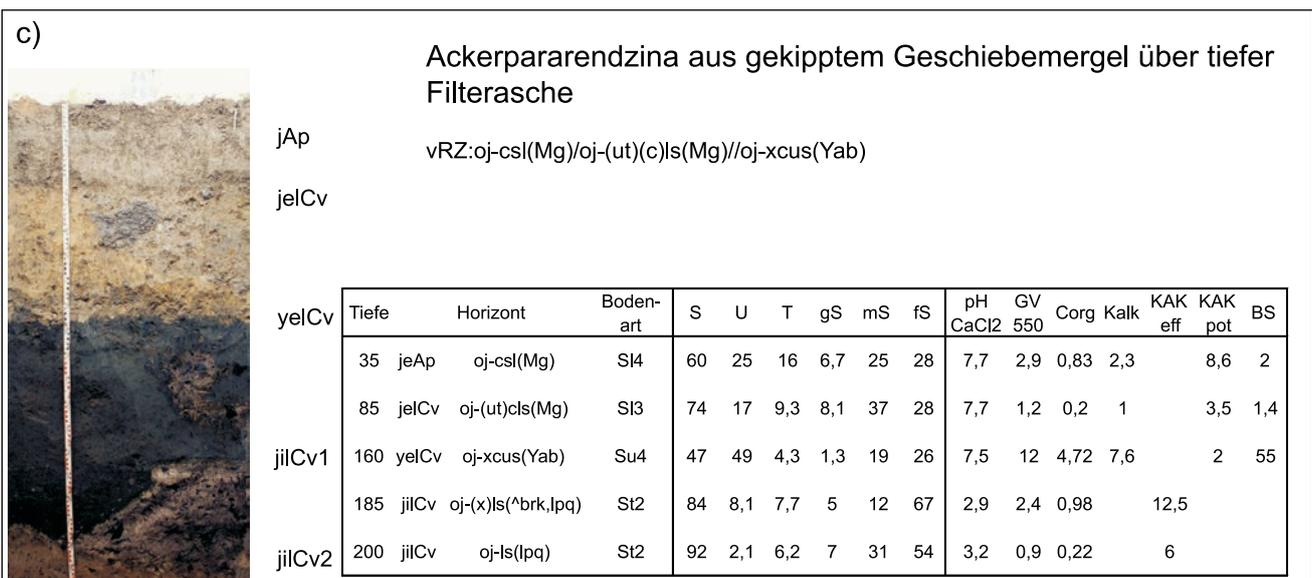
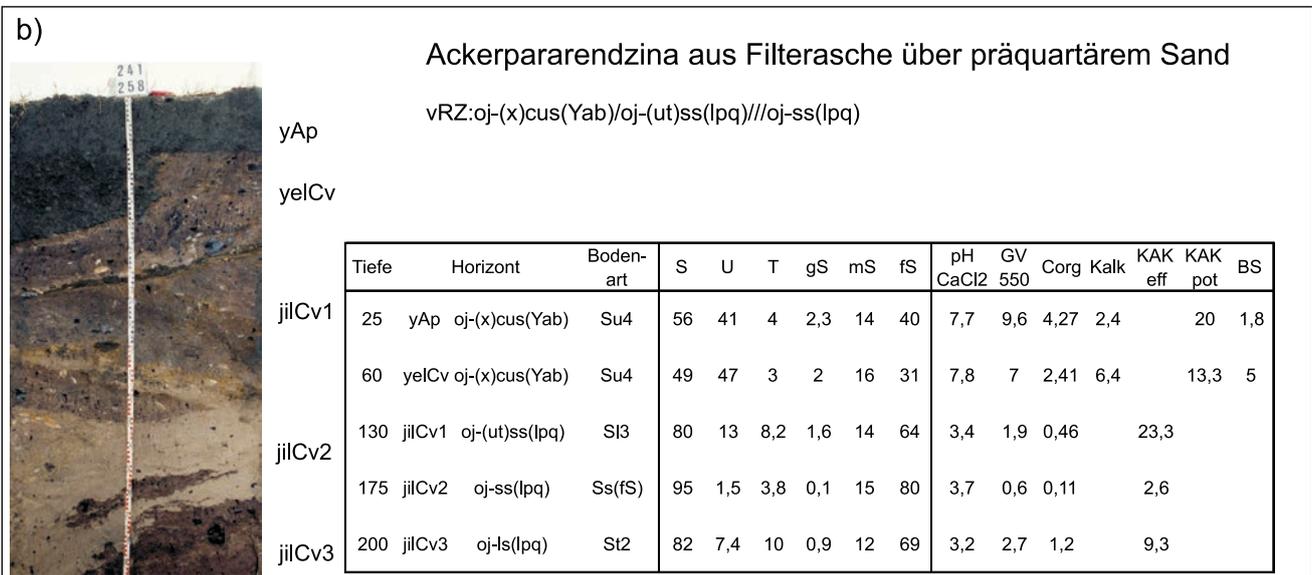
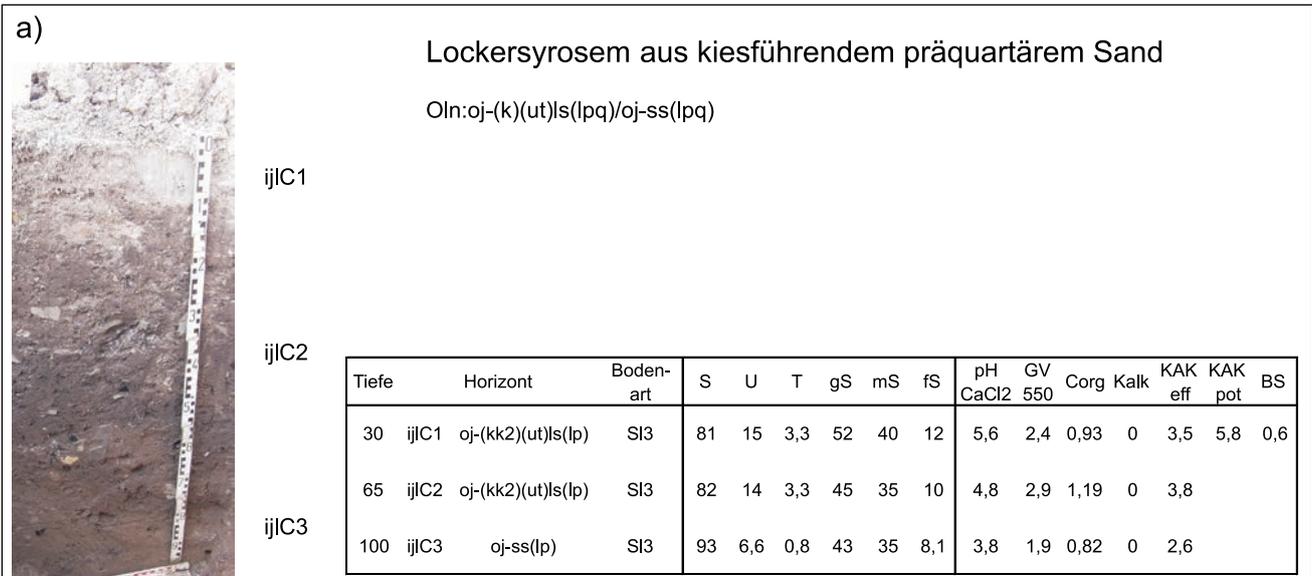


Abb. 4: Verbreitung von Bergbaufolgeböden im brandenburgischen Teil des Lausitzer Braunkohlenreviers; die Punkte kennzeichnen die Lage der in Abb. 5 dargestellten Bodenprofile (Legende: A – vorherrschend Regosole und Lockersyroseme aus Kippsand; B – Regosole und Lockersyroseme überwiegend aus Kohle führendem Kippsand, Lockersyroseme und Pararendzinen aus Kippcarbonatsand; C – Regosole und Lockersyroseme aus Kippsand mit Lehmbröckchen, verbreitet Pararendzinen aus Kippcarbonatlehmsand.; D – Regosole und Lockersyroseme aus Sand führendem Kippelohm, Versiegelungsflächen; E – verbreitet Regosole aus verspülter Braunkohlenkraftwerksasche) [Quelle: Auszug aus der Bodengeologischen Übersichtskarte 1 : 300 000 (BÜK 300)]

Fig. 4: Occurrence of post-mining soils in the Brandenburg part of the Lusatian lignite mining district; dots indicate the location of soil profiles shown in Fig. 5 [legend (english soil types according to WRB): A – mainly Regosol (Arenosols) and Lockersyrosem (Arenic Regosols) from dumped sandy substrate; B – Regosol (Arenosols) and Lockersyrosem (Arenic Regosols) mainly from dumped sandy substrate containing lignite, Lockersyrosem (Calcaric Regosols) and Pararendzina (Calcaric Regosols) from calcareous dumped sandy substrate; C – Regosol (Arenosols) and Lockersyrosem (Calcaric Regosols) from dumped sandy substrate containing loamy fragments, frequently Pararendzina (Calcaric Regosols) from dumped calcareous sandy-loamy substrate; D – Regosol (Arenosols) and Lockersyrosem (Arenic Regosols) from dumped loamy substrate with sandy material, sealed surfaces; E – frequently Regosol (Anthrosols) from flushed ashes from lignite power plants] [source: extract from Bodengeologische Übersichtskarte 1 : 300 000 (BÜK 300)]



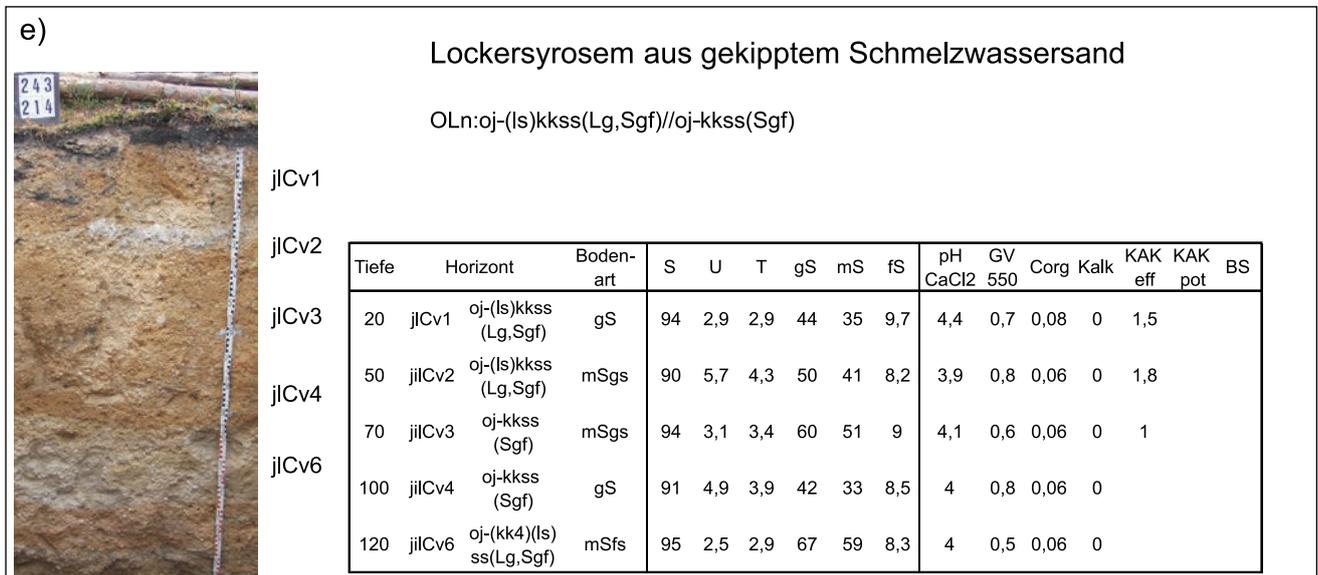
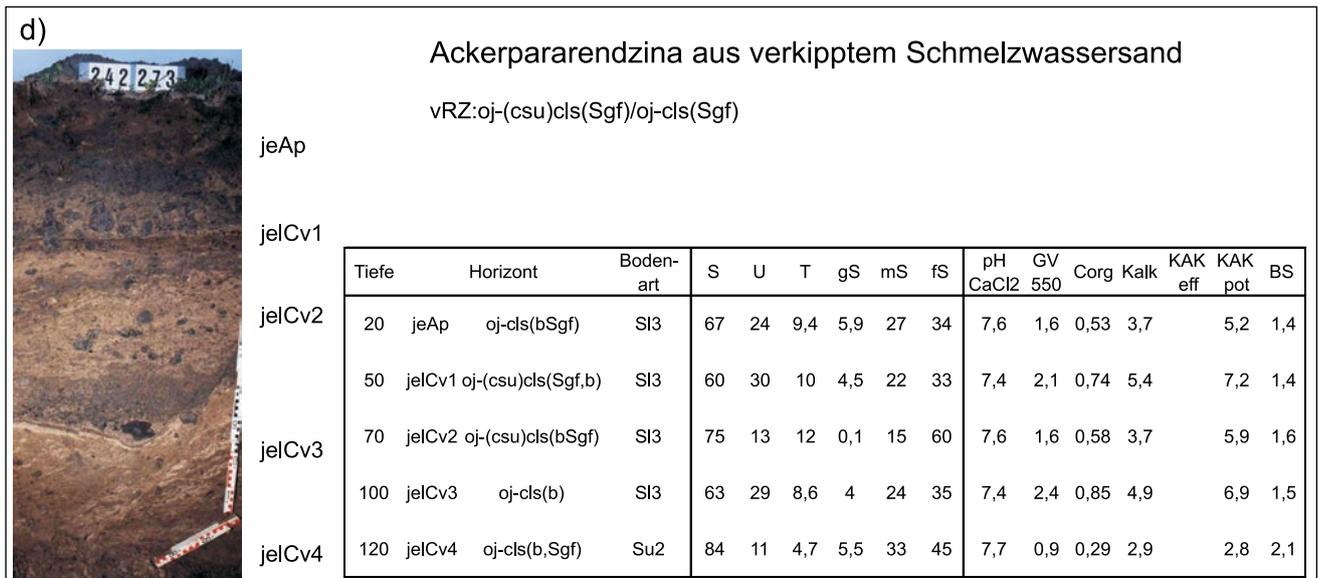


Abb. 5 (a-e): Charakteristische Bodenprofile von Bergbaufolgeböden im Lausitzer Braunkohlerevier  
 Fig. 5 (a-e): Typical profiles of post-mining soils in the Lusatian lignite mining district

vierungs- und Meliorationsmaßnahmen besitzen sie einen mehr oder weniger gut entwickelten Ah-/Ap-Horizont, es dominieren jedoch weiterhin die verkipplingsbedingten Substratmerkmale im C-Horizont. Gerade bei älteren Kippenstandorten finden sich an der Oberfläche kohlehaltige Kippsubstrate, auf denen die Bodenentwicklung stattfindet. Auch wenn Kohlepartikel in den Bergbaufolgeböden potentiell durchaus positive Eigenschaften in Bezug auf Wasserverfügbarkeit und Nährstoffnachlieferung bieten können (BAUMANN et al. 2006, HÜTTL & WEBER 2001), sind diese Standorte oftmals wegen der meist einhergehenden hohen Pyritgehalte nur mit einem erheblichen Meliorationsaufwand für eine höherwertige Nachnutzung geeignet. Entsprechend wird im aktuellen aktiven Tagebaubetrieb ein erheblicher Aufwand bei der Auswahl geeigneter kulturfähiger Substrate betrieben (GLASCHKER et al. 2015).

Ausgewählte Bereiche der Bergbaufolgelandschaften werden als Vorrangflächen für den Naturschutz vorbereitet und ausgewiesen. Ein Beispiel für einen derartigen Standort ist das Quellgebiet des Hühnerwasser-Baches im Tagebau Welzow-Süd. Dieses Kleineinzugsgebiet wurde 2005 künstlich als Zweischicht-System mit einer Stauschicht aus tertiären Tonen und einer darüber liegenden Speicherschicht für einen lokalen Grundwasserkörper aus quartären Sanden auf einer Fläche von 6 ha errichtet und ohne weitere Rekultivierungsmaßnahmen einer Eigenentwicklung überlassen (GERWIN et al. 2009). Seit 2005 dient diese Fläche der BTU als Landschaftsobservatorium, in dem Prozesse der initialen Ökosystementwicklung mit einem intensiven Monitoringprogramm beobachtet werden (HÜTTL et al. 2014). Gut zu verfolgen ist hier die natürliche Entwicklung sehr junger Böden ohne die im Zuge der üblichen Rekultivierung an-

sonsten in der Bergbaufolgelandschaft anzutreffenden Eingriffe des Menschen.

Einer der ersten Entwicklungsschritte ist die Entstehung von Krusten an der Bodenoberfläche. Zunächst durch oberflächennahe Umsortierungsvorgänge in den obersten wenigen Millimetern des Rohbodens aufgrund von Verschlammungsprozessen nach Niederschlägen ausgelöst, bilden sich bereits nach kurzer Zeit biologische Bodenkrusten aus. Diese können auch als erster Besiedlungsschritt im Rahmen der Primärsukzession betrachtet werden und finden sich auf zahlreichen Rohbodenstandorten (BELNAP et al. 2001). Bodenkrusten haben je nach Ausprägung unterschiedliche Einflüsse auf die Hydrologie des Bodens. Es werden sowohl die Oberfläche abdichtende und damit die Infiltration verändernde als auch die Infiltration fördernde Eigenschaften beschrieben (BELNAP et al. 2001, YAIR, ALMONG & VESTE 2011). Insbesondere die ersten physikalischen Krusten können zu einer Versiegelung der Oberfläche führen (RODRÍGUEZ-CABALLERO et al. 2012), die im Falle des Hühnerwassereinzugsgebietes in den ersten Jahren seiner Entwicklung zu einem höheren Anteil von Oberflächenabflüssen geführt hat, als es hydrologische Modelle erwarten ließen (HOLLÄNDER et al. 2014).

Neben ihren Auswirkungen auf bodenphysikalische Eigenschaften der sich entwickelnden Rohböden spielen gerade biologische Bodenkrusten eine wichtige Rolle bei der einsetzenden Bodenentwicklung. Dabei sind besonders die Textur und das Mikrorelief wichtige Steuergrößen (SPRÖTE et al. 2010). FISCHER et al. (2010) konnten wesentliche bodenbildende Prozesse auf der Mikroskala innerhalb von biologischen Bodenkrusten nachweisen: Sowohl die Humusanreicherung als Folge der Besiedlung der Bodenkruste durch Cyanobakterien und Grünalgen als auch erste Anzeichen einer einsetzenden Podsolierung konnten unter dem Elektronenmikroskop belegt werden. Anzeichen für eine Silikatverwitterung wurden allerdings nicht gefunden. Zudem sind einige der biologischen Bodenkrusten besiedelnden Mikroorganismen in der Lage, Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen und so einen wesentlichen Beitrag zur Nährstoffversorgung auf derartigen Rohbodenstandorten zu leisten (BRANKATSKH et al. 2013).

Auf der Makroskala hängt der sichtbare Ablauf der Bodenbildung stark von der sich ansiedelnden Vegetation ab. Im Hühnerwassereinzugsgebiet konnte eine sehr rasch ablaufende Vegetationsentwicklung beobachtet werden (ZAPLATA 2013), die bereits nach wenigen Jahren das Vorstadium einer ersten Bewaldung erreichte und an der Bodenoberfläche eine Streuaufgabe erkennen lässt. Im Boden selbst tragen einsetzende Prozesse der chemischen Verwitterung zur Ausbildung charakteristischer Bodenmerkmale bei. Zu den ersten beobachteten Prozessen gehören Lösungs- und Auswaschungsvorgänge, bei denen leicht lösliche Bestandteile aus dem Substrat entfernt werden. Im Falle des Hühnerwassereinzugsgebietes war die Auflösung und Auswaschung von Gips, der in dem verwendeten Kippsubstrat vermutlich als Auswir-

kung früherer schwefelsaurer Niederschläge in der Region enthalten war, anhand erhöhter, nach rund 10 Jahren Bodenentwicklung wieder zurückgehender Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser zu erkennen (HÜTTL et al. 2014, SCHAAF et al. 2013). Da das hier verwendete Kippsubstrat zudem kalkhaltig ist, sind aufgrund der guten Pufferung Versauerungserscheinung bisher ausgeblieben. Dass die Entkalkung als weiterer bodenbildender Prozess jedoch stattfindet, lässt sich ebenfalls an der Zusammensetzung des Sickerwassers anhand der steigenden Hydrogencarbonat-Konzentrationen zeigen (ELMER et al. 2013). Sie wird im Weiteren durch die zunehmende Akkumulation von organischer Substanz zusätzlich gefördert (ZÖNNCHEN, SCHAAF & ESPERSCHÜTZ 2014).

#### 4. Schlussfolgerungen

Während die natürliche Bodenentwicklung an zahlreichen von Sand geprägten Standorten der Niederlausitz seit Beginn des Holozäns verbreitet zur Ausbildung von Braunerden oder Podsolen geführt hat, haben unterschiedliche menschliche Eingriffe verschiedene Re-Initialisierungswege für die Bodenbildung verursacht (Abb. 6). Die landwirtschaftliche Übernutzung von Standorten der Niederlausitz führte vor allem im Mittelalter und teilweise auch später in der frühen Neuzeit zu massiven Zerstörungen von Böden, einerseits durch die Erosion der Oberbodenhorizonte und andererseits durch die Überdeckung der Böden mit kolluvialen Ablagerungen oder Flugsandschichten.

In beiden Fällen begann die rezente Bodenbildung unterhalb der neu entstandenen Oberflächen. Im Falle der gekappten Profile infolge von Erosionserscheinungen bildete der während der vorangegangenen Bodenbildungsphase bereits leicht verwitterte Cv-Horizont das Ausgangssubstrat der neuen Bodenentstehung. Auch im Falle der Bodenreubildungen auf Flugsanden, unter denen die nun fossilen Horizonte ihrer Vorgängerböden im Untergrund erhalten sind, können zumindest stellenweise „vererbte“ Bodenmerkmale angetroffen werden. Zu beobachten ist dies an Standorten, die mit früherem Solum- oder Bodenmaterial aus dem abgetragenen Oberboden (Ah) oder verwitterten Unterboden (Bv und teilweise Cv) überdeckt worden sind. Dieses Bodenmaterial unterlag bereits bodenbildenden Prozessen (beispielsweise der Humusanreicherung oder der Verbraunung), so dass einige Merkmale der neu entstehenden Böden keine in situ-Bildungen darstellen. Auf den Flugsandfeldern oder Dünen dagegen, die gerade im Mittelalter ehemalige Ackerflächen teilweise meterhoch mit überwiegend unverwittertem Substrat überdeckten, musste die Bodenentwicklung neu auf den meist sehr nährstoffarmen umgelagerten Sanden beginnen. Die Bodenbildung ist an diesen Standorten auch nach mehreren Jahrhunderten bis knapp einem Jahrtausend oftmals erst bis zur Klasse der Ah/C-Böden fortgeschritten und erst in jüngster Zeit durch die Etablierung großflächiger Kiefernmonokulturen durch eine beginnende Podsolierung überprägt worden. Entsprechend sind die Kennzeichen und Merkmale der aktuellen Bodenlandschaften häufig vor dem

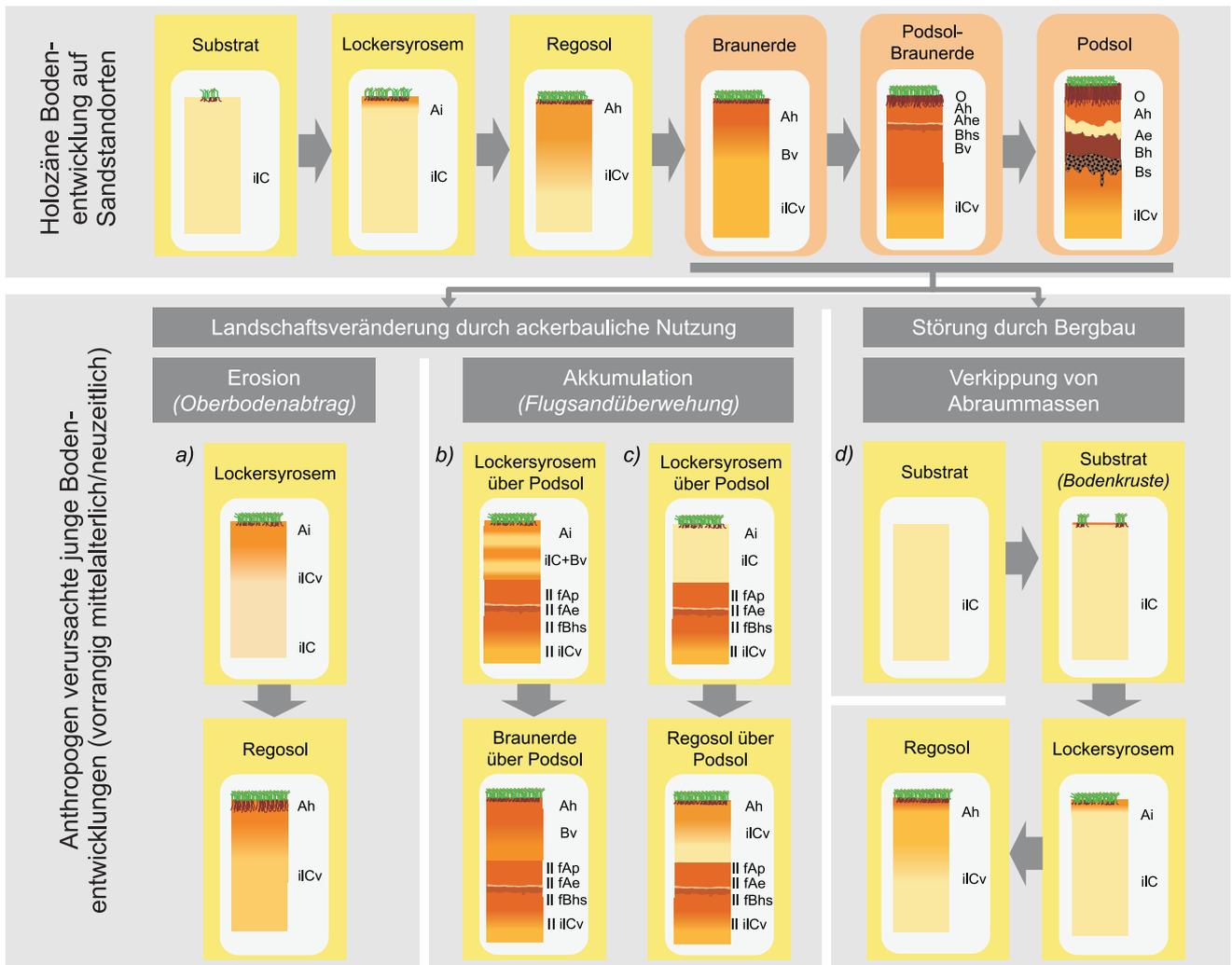


Abb. 6: Schematische Bodenprofile der holozänen Bodenentwicklung auf sandigen Standorten sowie typische Chronosequenzen junger Böden in der Niederlausitz nach verschiedenen anthropogen verursachten Störungen: a – Erosion des Oberbodens führt zu gekappten Profilen und Freilegung des Untergrunds; b – Überwehung von Böden mit verlagertem Bodenmaterial (mit pedogenetischen Merkmalen, aus erodierten Ah-, Bv- oder Cv-Horizonten); c – Überwehung von Böden mit unverwittertem Substrat; d – Initialbodenentwicklung auf Neulandstandorten (Kippsubstrate) in der Bergbaufolgelandschaft

Fig. 6: Schematic soil profiles of Holocene soil development on sandy sites and typical chronosequences of young soils in Lower Lusatia after different anthropogenic disturbances: a – erosive loss of top soil and exposure of subsoil material; b – aeolian sedimentation with relocated soil material (with pedogenic characteristics of Ah, Bv, or Cv horizons); c – aeolian sedimentation with non-weathered substrate; d – initial soil development at reclaimed land (dumped substrate) in the post-mining landscape

Hintergrund einer genaueren Kenntnis der jüngeren und meist anthropogen überprägten Landschaftsgeschichte zu verstehen.

Deutlich jüngeren Datums sind die Böden der Bergbaufolgestandorte der Niederlausitz, wo Rohböden und an älteren Standorten bereits Ah/C-Böden anzutreffen sind. Der ursprüngliche Boden wurde durch den Bergbaueingriff vollständig zerstört, und die zu beobachtende neue Bodenbildung findet auf anthropogen umgelagerten (gekippten, teilweise verspülten), natürlichen Substraten aus dem Vor-

schnitt des Tagebaus statt, die sich von den ursprünglich anstehenden Substraten häufig sehr deutlich hinsichtlich ihrer Textur, Struktur aber auch ihrer bodenchemischen Eigenschaften unterscheiden. Durch gezielte Meliorationsmaßnahmen wird versucht, die Bodengenese zu beschleunigen und wesentliche zur Bodenfruchtbarkeit beitragende Eigenschaften in kurzer Zeit zu erreichen. Entscheidend ist vor allem die Förderung der Humusanreicherung im Oberboden, die durch die Applikation organischer Dünger und den Verbleib von Ernterückständen auf der Fläche während der Rekultivierungs-Anlaufrotation gefördert werden soll.

Gerade die Beispiele der eher zögerlichen Neubildung junger Böden nach mittelalterlichen Störungseingriffen verdeutlichen, dass die Bodenentwicklung als ein sehr langfristiger Prozess anzusehen ist. Auch nach rund eintausend Jahren ist auf Flugsanddecken die Bodenentwicklung vielerorts bisher noch nicht über das Stadium der Ah/C-Böden hinausgekommen. Die Untersuchungen an Rohbodenstandorten der Bergbaufolgelandschaften zeigen zwar, dass erste bodenbildende Prozesse bereits nach kurzer Zeit beginnen. Sichtbar werden diese Veränderungen des Substrats jedoch zunächst nur im mikroskopischen Bereich, während die Bodenprofile der Bergbaufolgelandschaften insgesamt eine erst sehr geringe pedogenetische Differenzierung aufweisen. Diese Langfristigkeit der Bodenbildung unterstreicht deutlich den Wert und die besondere Schutzbedürftigkeit des Schutzgutes „Boden“.

### Zusammenfassung

In der Niederlausitz finden sich sehr unterschiedliche Beispiele für junge Bodenbildungen, die oftmals durch menschliche Eingriffe ausgelöst wurden. In dem Beitrag werden neben den jüngsten Bodenentwicklungen auf Bergbaufolgestandorten auch jüngere Böden auf seit dem Mittelalter mit Flugsanden überdeckten Standorten vorgestellt. Obwohl die Genese der auf diesen Flugsanddecken anzutreffenden Böden bereits seit bis zu 1000 Jahre andauert, sind hier erst Böden der Klasse der Ah/C-Böden entwickelt. Auf den Bergbaufolgestandorten wird versucht, die Bodenbildung durch spezielle Meliorationsmaßnahmen zu fördern. Untersuchungen an diesen besonders jungen Böden lassen gut die Prozesse der initialen Bodenentwicklung erkennen.

### Summary

Very different examples of young soil development can be found in Lower Lusatia, mainly triggered by human influences. This paper introduces very young soil development in post-mining areas as well as young soils on sites covered by drift sand since the Middle Ages. Although soil genesis on these drift sand areas lasts for already up to 1000 years the soils still have to be classified as Ah/C-soils according to the German classification. At post-mining sites it is tried to facilitate soil development by application of specific amelioration treatments. Investigations of these particularly young soils illustrate clearly processes of initial soil development.

### Literatur

BAUMANN, K., RUMPELT, A., SCHNEIDER, B. U., MARSCHNER, B. & R. F. HÜTTL (2006): Seedling biomass and element content of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* grown in sandy substrates with lignite. – *Geoderma* **136**, S. 573–578, Amsterdam

BELNAP, J., KALTENECKER, J. H., ROSENRETER, R., WILLIAMS, J., LEONARD, S. & D. ELDRIDGE (2001): *Biological Soil Crusts: Ecology and Management*. – In: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, BUREAU OF LAND MANAGEMENT (Hrsg.): *Technical Reference 1730-2*, 118 S., Denver, Colorado

BIBUS, E., FRECHEN, M., KÖSEL, M. & W. RÄHLE (2007): Das jungpleistozäne Lößprofil von Nußloch (SW-Wand) im Aufschluss der Heidelberger Zement AG. – *Eiszeitalter und Gegenwart Quaternary Science Journal* **56**, S. 227–255, Stuttgart

BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P. & T. SCHATZ (1998): *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa, Wirkungen des Menschen auf Landschaften*. – 328 S., Gotha (Klett-Perthes)

BOERO, V. & U. SCHWERTMANN (1989): *Iron Oxide Mineralogy of Terra Rossa and its Genetic Implications*. – *Geoderma* **44**, S. 319–327, Amsterdam

BRANKATSCHK, R., FISCHER, T., VESTE, M. & J. ZEYER (2013): Succession of N cycling processes in biological soil crusts on a Central European inland dune. – *FEMS Microbiology Ecology* **83**, S. 149–160, Hoboken, NJ

BRONGER, A., WICHMANN, P. & J. ENSLING (2000): Overestimation of efficiency of weathering in tropical „Red Soils“: its importance for geoecological problems. – *Catena* **41**, S. 181–197, Amsterdam

BUSSEMER, S., SCHLAAK, N. & P. GÄRTNER (2009): Neue paläopedologische Befunde zu Habitus und Verbreitung des Finowbodens. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **16**, S. 79–86, Cottbus

DÖHLER, S., DAMM, B., TERHORST, B., THIEL, C. & M. FRECHEN (2015): Late Pleistocene and Holocene landscape formation in a gully catchment area in Northern Hesse, Germany. – *Quaternary International* **365**, S. 42–59, Amsterdam

ELMER, M., GERWIN, W., SCHAAF, W., ZAPLATA, M. K., HOHBERG, K., NENOV, R., BENS, O. & R. F. HÜTTL (2013): Dynamics of initial ecosystem development at the artificial catchment Chicken Creek, Lusatia, Germany. – *Environmental Earth Sciences* **69**, S. 491–505, Berlin, Heidelberg

FISCHER, T., VESTE, M., SCHAAF, W., DÜMIG, A., KÖGEL-KNABNER, I., WIEHE, W., BENS, O. & R. F. HÜTTL (2010): Initial pedogenesis in a topsoil crust 3 years after construction of an artificial catchment in Brandenburg, NE Germany. – *Biogeochemistry* **101**, S. 165–176, Berlin, Heidelberg

GERWIN, W., SCHAAF, W., BIEMELT, D., FISCHER, A., WINTER, S. & R. F. HÜTTL (2009): The artificial catchment „Chicken Creek“ (Lusatia, Germany) – A landscape laboratory for

- interdisciplinary studies of initial ecosystem development. – *Ecological Engineering* **35**, S. 1786–1796, Amsterdam
- GLASCHKER, U., FERDANI, M., KULISCH, C. & D. KRÄHE (2015): Management der Kippsubstratschüttungen für eine gezielte nachbergbauliche Gestaltung von Kippenflächen. – Tagung 38. Treffen des Arbeitskreises Bergbaufolgen, 29. – 30. Mai 2015, Cottbus, Exkursionsführer und Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften **254**, S. 63–78, Hannover
- HAUBOLD-ROSAR, M. & A. SCHARZENBERG (2009): Landwirtschaftliche Rekultivierung im Braunkohlentagebau Jänschwalde durch die Vattenfall Europe Mining AG. – *Glückauf* **145**, S. 480–487, Essen
- HOLLÄNDER, H. M., BORMANN, H., BLUME, T., BUYTAERT, W., CHIRICO, G. B., EXBRAYAT, J.-F., GUSTAFSSON, D., HÖLZEL, H., KRAUSSE, T., KRAFT, P., STOLL, S., BLÖSCHL, G. & H. FLÜHLER (2014): Impact of modellers decisions on hydrological a priori predictions. – *Hydrology and Earth System Sciences* **18**, S. 2065–2085, Göttingen
- HÜTTL, R. F. & E. WEBER (2001): Forest ecosystem development in post-mining landscapes: a case study of the Lusatian lignite district. – *Naturwissenschaften* **88**, S. 322–329, Berlin, Heidelberg
- HÜTTL, R. F., GERWIN, W., SCHAAF, W., ZAPLATA, M. K. & C. HINZ (2014): A Critical Zone Observatory for detecting ecosystem transitions: The constructed catchment Chicken Creek (Germany). – *Procedia Earth and Planetary Science* **10**, S. 46–51, Amsterdam
- KRÜMMELBEIN, J., BENS, O., RAAB, T. & M. A. NAETH (2012): A history of lignite coal mining and reclamation practices in Lusatia, eastern Germany. – *Canadian Journal of Soil Science* **92**, S. 53–66, Ottawa
- KÜSTER, M. & F. PREUSSER (2009): Late Glacial and Holocene Aeolian sands and soil formation from the Pomeranian outwash plain (Mecklenburg, NE-Germany). – *Eiszeitalter und Gegenwart Quaternary Science Journal* **58**, S. 156–163, Stuttgart
- KÜSTER, M., FÜLLING, A., KAISER, K. & J. ULRICH (2014): Aeolian sands and buried soils in the Mecklenburg Lake District, NE Germany: Holocene land-use history and pedo-geomorphic response. – *Geomorphology* **211**, S. 4–76, Amsterdam
- LANDESVERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION (LGB) (2015): BrandenburgViewer, bb-viewer.geobasis-bb.de
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (MLUV) (Hrsg.) (2005): Lockersyrosem. – Steckbriefe Brandenburger Böden **1.1**, Potsdam
- NICOLAY, A., RAAB, A. & T. RAAB (2013): Böden und Landschaftsentwicklung im Vorfeld des Tagebaus Jänschwalde. – Arbeitskreis Geoarchäologie – Jahrestagung, 2. – 4.5.2013, BTU Cottbus, Tagungsband und Exkursionsführer, Geopedology and Landscape Development Research Series **2**, S. 74–80, Cottbus
- NICOLAY, A., RAAB, A., RAAB, T., RÖSLER, H., BÖHNISCH, E. & A. S. MURRAY (2014): Evidence of (pre-) historic to modern landscape and land use history near Jänschwalde (Brandenburg, Germany). – *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.* **58/2**, S. 7–31, Stuttgart
- PORDER, S., VITOUSEK, P. M., CHADWICK, O. A., CHAMBERLAIN, C. P. & G. E. HILLEY (2007): Uplift, Erosion, and Phosphorus Limitation in Terrestrial Ecosystems. – *Ecosystems* **10**, S. 158–170, Berlin, Heidelberg
- RAAB, A., RAAB, T., TAKLA, M., NICOLAY, A., BÖNISCH, E. & H. RÖSLER (2011): Böden als Archiv der Landschaftsgeschichte im Vorfeld des Tagebaus Jänschwalde. – Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 3. – 9. September 2011, Berlin/Potsdam, Exkursionsführer, S. 84–96, Oldenburg, Berlin
- 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, Amsterdam
- RODRÍGUEZ-CABALLERO, E., CANTÓN, Y., CHAMIZO, S., AFANA, A. & A. SOLÉ-BENET (2012): Effects of biological soil crusts on surface roughness and implications for runoff and erosion. – *Geomorphology* **145-146**, S. 81–89, Amsterdam
- RÖSNER, U. (1994): Paläoböden im Löß als Indikatoren geomorphologischer Prozesse dargestellt an Beispielen aus Unter- und Oberfranken. – *Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft* **41**, S. 309–322, Erlangen
- SCHAAF, W., BENS, O., FISCHER, A., GERKE, H. H., GERWIN, W., GRÜNEWALD, U., HOLLÄNDER, H. M., KÖGEL-KNABNER, I., MUTZ, M., SCHLOTTER, M., SCHULIN, R., VESTE, M., WINTER, S. & R. F. HÜTTL (2011): Patterns and processes of initial terrestrial-ecosystem development. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **174**, S. 229–239, Weinheim
- SCHAAF, W., ELMER, M., FISCHER, A., GERWIN, W., NENOV, R., PRETZSCH, H., SEIFERT, S., WINTER, S. & M. K. ZAPLATA (2013): Monitoring the formation of structures and patterns during initial development of an artificial catchment. – *Environmental Monitoring and Assessment* **185**, S. 5965–5986, Berlin, Heidelberg

SIROCKO, F. (Hrsg.) (2010): Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung. Von der Eiszeit bis ins 21. Jahrhundert. –208 S., Darmstadt (WBG)

SPRÖTE, R., FISCHER, T., VESTE, M., RAAB, T., WIEHE, W., LANGE, P., BENS, O. & R. F. HÜTTL (2010): Biological topsoil crusts at early successional stages on Quaternary substrates dumped by mining in Brandenburg, NE Germany. – Géomorphologie: relief, processus, environnement **4**, S. 359–370, Marseille

STRUNK, H. (1990): Das Quartärprofil von Hagelstadt im Bayerischen Tertiärhügelland. – Eiszeitalter und Gegenwart **40**, S. 85–96, Stuttgart

TOLKSDORF, J. F. & K. KAISER (2012): Holocene aeolian dynamics in the European sand-belt as indicated by geochronological data. – Boreas **41**, S. 408–421, Oslo

UHLIG-MAY, F. & T. NEUMANN (2015): Zur Rekultivierung von Lausitzer Braunkohlentagebauen – Landschaft nach der Braunkohle. – . –Tagung 38. Treffen des Arbeitskreises Bergbaufolgen, 29. – 30. Mai 2015, Cottbus, Exkursionsführer und Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften **254**, S. 29–31, Hannover

YAIR, A., ALMONG, R. & M. VESTE (2011): Differential hydrological response of biological topsoil crusts along a rainfall gradient in a sandy arid area: Northern Negev desert, Israel. – Catena **87**, S. 326–333, Amsterdam

ZAPLATA, M. K. (2013): Prozesse der raum-zeitlichen Musterbildung initialer Vegetationsdynamik am Beispiel eines künstlich angelegten Einzugsgebietes. – Dissertation TU München, 43 S., München (unveröff.)

ZÖNNCHEN, C., SCHAAF, W. & J. ESPERSCHÜTZ (2014): Effect of plant litter addition on element leaching in young sandy soils. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science **177**, S. 585–595, Weinheim

#### **Anschrift der Autoren**

Dr. Werner Gerwin  
Brandenburgische Technische Universität  
Cottbus-Senftenberg  
Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und  
Bergbaulandschaften (FZLB)  
Konrad-Wachsmann-Allee 6  
03046 Cottbus  
werner.gerwin@b-tu.de

Prof. Dr. Thomas Raab  
Dipl.-Geogr. Alexander Nicolay  
Brandenburgische Technische Universität  
Cottbus-Senftenberg  
Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung  
Konrad-Wachsmann-Allee 6  
03046 Cottbus  
raab@b-tu.de  
alexander.nicolay@b-tu.de

Dr. Albrecht Bauriegel  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe  
Brandenburg  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus  
albrecht.bauriegel@lbgr.brandenburg.de