



EXKURSIONS FÜHRER

Ausgabe 114 / 2011

Die Tagung wird veranstaltet von der **Deutschen Bodenkundliche Gesellschaft** in Zusammenarbeit mit der **Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Bodenkunde** (*Prof. Dr. Martin Kaupenjohann*) und dem **Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum** (*Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard Hüttl*).

Die Veranstalter bedanken sich recht herzlich bei den folgenden Institutionen und deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die sich an der Vorbereitung und Durchführung des Exkursionsprogramms beteiligt haben:

- Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Geopedologie und Landschaftsentwicklung
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Forschungs-zentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften
- Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde
- Humboldt Universität zu Berlin, Geographisches Institut
- Landesanstalt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde
- Landesumweltamt Brandenburg
- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
- Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren
- Tempelhof-Projekt GmbH
- Technische Universität Berlin, Section Building Technology and Design, Working Group „Watergy“
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg
- Leuphana Universität Lüneburg, Professur Biologie und Bodenkunde
- Technische Universität Berlin, Fachgebiet Standortkunde und Bodenschutz

Wir bedanken uns weiterhin bei Frau Prof. M. Böse, Herrn PD Dr. F. Alaily und Herrn Dr. A. Werner für die einleitenden Texte in diesem Exkursiosführer.

Inhaltsverzeichnis

Zur Geomorphologie im Exkursionsgebiet.....	7
Bodengesellschaften Berlins	13
Landwirtschaft in Brandenburg.....	17
G1 Initiale Ökosystementwicklung, Rekultivierung und alternative Landnutzung in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft.....	22
G2 Die Binnensalzstellen Brandenburgs im Spannungsfeld zwischen Moorschutz und Prioritärem Lebensraum.....	28
G4 Auenböden der Elbe als Archiv für die Stoffdynamik im Einzugsgebiet.....	42
G5 CarboZALF – ein interdisziplinäres Landschaftsexperiment zum Kohlenstoffhaushalt von Agrarlandschaften.....	60
G6 Böden und Waldbewirtschaftung in Brandenburg	69
G7 Böden als Archive der Landschaftsgeschichte im Vorfeld des Tagebaus Jänschwalde.....	84
H1 Kurzumtriebsplantagen – Kohlenstoffsенке und Stickstoffdynamik	97
H2 Geothermie Forschungsbohrung in Groß Schönebeck - von der Planung bis zur Stimulation.....	105
H3 Bodenprofile am ehemaligen Mauerstreifen Im Südosten Berlins – Erkundungen mit dem Fahrrad und Bohrstock.....	113
H4 Problematik und Folgenutzungsstrategien von ehemaligen Rieselfeldern in der Bioenergieregion Ludwigsfelde	121
H5 Geologische CO ₂ -Speicherung – Pilotstandort Ketzin.....	131
H6 Trümmerschuttböden und Freisetzung von Sulfat.....	135
H7 Böden und Substrate für die intensive gärtnerische Produktion	142
H8 Dachbegrünung am Potsdamer Platz und die Auswirkungen auf ein „Urbanes Gewässer“	144
H9 „Take off Tempelhof“: Freiflächenentwicklung eines innerstädtischen Flughafens ohne Flugverkehr.....	152

Vorwort

Die Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 2011 findet in der Deutschen Hauptstadt Berlin und der Landeshauptstadt Potsdam statt. Berlin ist bis zum 2. Weltkrieg zur drittgrößten Stadt Europas angewachsen und war Weltmetropole der Wissenschaft. Mit dem Exodus eines großen Teils der wissenschaftlichen Elite während der Zeit des Dritten Reiches und mit den Kriegszerstörungen kam es zu starken Einbrüchen in der wissenschaftlichen Produktivität.

Bestreben der Berliner Politik in enger Abstimmung mit dem Land Brandenburg ist es seit der Wiedervereinigung Deutschlands, Berlin mit den umgebenden Brandenburger Wissenschaftsstätten wieder zu einem national und international herausragenden Wissenschaftsstandort auszubauen.

Für die bodenkundliche Forschung sind hier neben den entsprechenden Instituten und Fachgebieten an TU, HU und FU Berlin das Geoforschungszentrum in Potsdam, das Zentrum für Agrar- und Landschaftsforschung (ZALF) in Müncheberg, das Leibnitz-Institut für Agrartechnik Bornim in Potsdam (ATB), das Leibnitz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau in Großbeeren, das Leibnitz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin und das Helmholtz-Zentrum mit BESSY ebenfalls in Berlin von besonderer Bedeutung.

Berlin ist auch kulturelle Metropole mit seinen etwa 250 Museen, 3 Opernhäusern, zahlreichen Bühnen und Theatern, weltberühmten Orchestern und seiner Attraktivität für junge, kreative Menschen aus aller Welt. Etwa 8 Mill. Menschen besuchten Berlin im Jahr 2010.

Berlin an Spree und Havel mit zahlreichen Kanälen und Seen ist eine grüne Stadt am Wasser, die mehr Brücken als Venedig aufzuweisen hat. Etwa 50% der Stadtfläche sind Wälder, Park- und Grünanlagen sowie Gewässer. Selbst einige Ackerflächen gibt es noch in der Stadt. Bemerkenswert ist auch der große Artenreichtum von Flora und Fauna. Etwa 60% aller Gefäßpflanzen, die es in Deutschland gibt, kommen in Berlin vor. Bei den Brutvögeln sind es sogar

mehr als 70%. Selbst gefährdete Arten wie Fischotter, Seeadler und Wachtelkönig sind in der Stadt zu Hause. (Kowarik, 2008, Natürlich Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 256 S. ISBN 978-3-9810058-9-9)

Potsdam ist vom Bahnhof Zoologischer Garten in Berlin mit der Regionalbahn in weniger als 20 Minuten zu erreichen. Berühmt sind die Schlösser und Gärten Potsdams, die als Residenzen der Hohenzollern im Laufe von drei Jahrhunderten geschaffen wurden. Weltoffenheit und internationaler kultureller Austausch der preußischen Herrscher sind noch immer im historischen Holländischen Viertel oder der Russischen Kolonie Alexandrowka sichtbar. International herausragende Leuchttürme des Wissenschaftsstandortes Potsdam sind heute neben der Universität Potsdam und dem bereits genannten ATB, die im Wissenschaftspark Potsdam-Golm angesiedelten Max-Planck- und Fraunhofer-Institute, das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und das zur Helmholtz-Gemeinschaft gehörende Deutsche Geoforschungszentrum, beide auf dem Telegraphenberg, auf dem der historische Einsteinturm zu besichtigen ist.

Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft hat entschieden, die Jahrestagung nach nunmehr 30 Jahren wieder in Berlin durchzuführen. Das Motto unserer diesjährigen Tagung lautet „Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen“. Im Jahr 1981, als unser verehrtes Ehrenmitglied Herr Prof. Dr. Dr. hc. Hans-Peter Blume die Tagung federführend organisierte, stand die Tagung unter dem Motto: „Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume“. Die damals durchgeführten Exkursionen, als Europa noch getrennt und der westliche Teil Berlins von einer Mauer umgeben war, waren vor allem den durch menschliche Aktivitäten in Städten hervorgerufenen Bodenveränderungen gewidmet (Straßenrandböden, Böden auf und neben Mülldeponien, Einfluss der Abwasserverrieselung, Grundwasserabsenkung, Eutrophierung und Schadstoffbelastung, Blume, H.-P. (red.) 1981: Exkursionsführer zur Jahrestagung der DGB und eines Internationalen Symposiums über Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume in Berlin (West). Wir freuen uns nun, nach 30 Jahren mit dem Exkursionsprogramm hier anknüpfen zu können und die Route von den Berliner Stadtböden über den Berliner Mauerweg hinweg bis in die Regionen

Brandenburgs führen zu können. Schwerpunkte der Exkursionen sind Urbane Böden und Ökologie, Großexperimente in der Landschaft, Klimawandel und Auenböden sowie Neuartige Bodennutzungssysteme.

Wir Wünschen allen Exkursionsteilnehmern spannende Diskussionen am Profil, weiterführende Kontakte zu unseren Kolleginnen und Kollegen und auch einfach Freude an den schönen Böden und Landschaften, die wir Ihnen zeigen möchten. Gleichzeitig danken wir allen Organisatoren und Helfern, die dieses anspruchsvolle Programm ermöglicht haben und wünschen auch ihnen gewinnbringende Begegnungen bei ihren Exkursionen.

Martin Kaupenjohann und Reinhard F. Hüttl

Zur Geomorphologie im Exkursionsgebiet

MARGOT BÖSE

Freie Universität Berlin, Fachbereich Physische Geographie
Malteserstr. 74-100, Haus H – Raum H 127 12249 Berlin
Email: m.boese@fu-berlin.de

Das Exkursionsgebiet in Brandenburg umfasst Teile des Altmoränengebietes der Saalevereisung und des Jungmoränengebietes der Weichselvereisung. Als deutliche Grenze in der Landschaft ist das Glogau-Baruther Urstromtal anzusehen, das als Abflussbahn der Schmelzwasser des letztglazialen maximalen Eisvorstoßes diente (Liedtke 1981). Das südlich angrenzende Altmoränengebiet ist geprägt durch die markante Erhebung des südlichen Landrückens, bestehend aus dem Fläming und der Niederlausitz einschließlich des Muskauer Faltenbogens. Während der Fläming und Teile der Niederlausitz als Stauchmoränenkomplex dem Warthe-Stadial der Saalevereisung zuzurechnen sind, ist der Muskauer Faltenbogen bereits als Stauchungsbereich während der Elstereiszeit angelegt worden, lediglich die nördlich vorgelagerte Eisrandlage der Jerischker Moräne wird dem Warthe-Stadial zugeschrieben (Kupetz 1996, 1997).

Die Stauchmoränenkomplexe weisen eindeutige Charakteristika der Altmoräne auf. Obwohl der Fläming heute fast keine natürlichen Seen hat, gab es offensichtlich in der Eem-Warmzeit Bedingungen für die Bildung von limnischen Sedimenten in glazial angelegten Hohlformen. Im Weichselglazial wurden diese Hohlformen dann durch periglaziäre Prozesse wie Solifluktion und äolischen Sandeintrag endgültig verfüllt und das Relief ausgeglichen (Hermsdorf u. Strahl 2008). Andererseits finden sich im Bereich des Flämings zahlreiche Trockentäler, die sogenannten Rummeln, die einerseits als periglaziale Täler unter Permafrostbedingungen bei verstärktem Oberflächenabfluss entstanden sind, stellenweise aber auch durch Erosion im Holozän infolge von

Rodungen zumindest überprägt worden sein können. Der Fläming weist als Besonderheit einen schmalen nordwest-südöstlich ausgerichteten Sand-Lößstreifen auf (Atlas zur Geologie von Brandenburg, 1997, Geologische Übersichtskarte - Oberflächengeologie), der durch die heutige agrarische Landnutzung nachgezeichnet wird. Die sich südöstlich anschließende Niederlausitz hat durch den Braunkohleabbau seit Mitte des 19. Jahrhunderts, vor allem aber seit der Mitte des 20. Jahrhunderts einen intensiven Landschaftswandel durchlaufen und ist durch großräumige Rekultivierungsgebiete, aber auch noch aktive Tagebaue geprägt. Historischer Kohleabbau wird auch im Muskauer Faltenbogen dokumentiert, der heute aufgrund seiner geologischen und morphologischen Besonderheiten ein Geopark ist. In der Stauchmoräne haben die weniger widerstandsfähigen Ablagerungen, besonders die Braunkohle, zu einer Reliefumkehr geführt und strukturparallele Senken gebildet, die z. T. noch durch menschliche Aktivitäten wie Kohle- und Sandabbau für die Glasindustrie verstärkt worden sind (www.muskauer-faltenbogen.de).

Das insgesamt in Brandenburg unreife Gewässernetz zeigt sich bereits beispielhaft am Übergang vom Alt- zum Jungmoränengebiet. Die Neiße als Nebenfluss der Oder durchbricht von Süden kommend den Muskauer Faltenbogen, fließt aber weiter direkt nach Norden, wobei sie das Glogau-Baruther Urstromtal quert. Die Spree fließt ebenfalls von Süden kommend durch die Höhenrücken der Niederlausitz, folgt dann ein kurzes Stück dem Urstromtal, in das sie Schwemmkegel geschüttet hat, bildet im flachen Urstromtal das weitverzweigte Gewässernetz des Spreewaldes aus, um dann in nördlicher Richtung durch die Grundmoränenplatten der Weichselvereisung

Richtung Berliner Urstromtal zu fließen. Weiter westlich queren die Nuthe und die Plane ebenfalls das Baruther Urstromtal mit einer generellen nördlichen Abflussrichtung.

Das Baruther Urstromtal weist kein gleichsinniges Gefälle auf und Terrassen sind nur undeutlich ausgebildet (Juschus 2001, S.70 f). Der durchgehende Abfluss zum Maximalstand der Weichselvergletscherung wurde beim Rückschmelzen des Eisrandes bald durch lokale nördliche Umfließungsrinnen abgelöst (Franz 1962). Lokal sind in dem Urstromtal Dünengebiete erhalten, deren Anlage in die Dryas-Zeiten des Spätglazials zu stellen sind. Lokal kam es auch durch Rodungen und Siedlungsaktivitäten in prähistorischer und historischer Zeit zu Sandumlagerungen, was durch archäologische Funde und fossile Böden belegt ist (de Boer 1995).

An der Nordseite des Glogau-Baruther Urstromtales münden Flächensander und in Rinnen angelegte Schlauchsander auf unterschiedlichen Terrasseniveaus. Der Südrand des Flämings weist keine weichselzeitlichen glazifluviatilen Unterschneidungskanten auf, was bedeutet, dass die Talung bereits in der Saalekaltzeit angelegt und dann durch die weichselzeitlichen Schmelzwässer nur partiell überformt wurde (Juschus 2001).

Das Brandenburger Stadium entspricht der weitesten Ausdehnung des letztglazialen Inlandeises. Der hier beschriebene Bereich liegt an der Süd bis Südwestflanke des Oderlobus, eines weit nach Süden vorgedrungenen Eisstromes. Dieser Eisvorstoß entspricht nach neusten geochronologischen Untersuchungen (Lüthgens et al. 2010a und b) nicht dem klassischen LGM, dessen Altersabschätzung bisher um 20.000 BP lag. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass das Brandenburger Stadium durch einen raschen, weitreichenden Gletschervorstoß, möglicherweise lokal bis in das Baruther Urstromtal, mit relativ geringer Eismächtigkeit und wenig reliefformender Energie gebildet wurde, der sehr bald zu stagnierendem Eis wurde und dessen Schmelzwässer die Landschaft stärker

beeinflusst haben als das Eis selbst. Dafür spricht auch, dass der Eisrand kaum durch markante Endmoränen nachgezeichnet ist, vielmehr herrschen Sanderinnenkanten und Sanderansätze vor, wie beispielweise am Beelitzer Sander, am Krausnicker Sander oder am Taubendorfer Sander.

Im südlichen Jungmoränengebiet des Brandenburger Stadiums zeichnen sich immer wieder präweichselzeitliche Landschaftsformen ab, die auch heute noch das Relief prägen (Lüthgens und Böse 2007, Lüthgens et al. 2010a, Lippstreu 1995, Kühner 2003). Toteis führte andererseits zu zahlreichen Kamesbildungen im Raum westlich und südlich von Potsdam (Weisse 2001), aber auch an der Ostseite der Havel und des Schwielowsees; die sandigen Schmelzwasserablagerungen sind Ursache für die Bezeichnung der Mark Brandenburg als „Streusandbüchse“. Das Abtauen des Toteises dauerte allerdings mehrere Jahrtausende (Lüthgens und Böse, in press), in der Fläche geschah es, wenn man den Datierungen von Heine et al. (2009) folgt, zwischen 21.2 ± 1.1 und 18.8 ± 0.9 ka. Allerdings konservierte begrabenes Toteis die subglazial angelegten Rinnen bis in das Spätglazial, so dass sich erst dann ein seenreiches Jungmoränengebiet, häufig mit von den Flüssen genutzten Durchlaufseen wie an der Havel oder am Müggelsee entwickelte. In der Regel beginnt die limnische Sedimentation erst mit dem Bölling-Interstadial. Neben den Rinnenseen und Seenrinnen, die überwiegend NE-SW ausgerichtet sind, gibt es vor allem auf den Grundmoränenplatten wie dem Teltow und dem Barnim noch zahlreiche kleine Toteissenken und -seen, genannt Pfuhe oder Sölle.

Eine Besonderheit stellen Gebiete bei Sperenberg, südlich von Berlin, und Rüdersdorf, westlich von Berlin dar, da dort durch halokinetische Bewegungen mesozoische Schichten bis unmittelbar unter die Oberfläche gedrückt wurden. Seit dem Mittelalter hat es dort Abbau von Kalksteinen gegeben, der Tagebau bei Rüdersdorf, in dem Otto Torrell

1875 Glescherschrammen erkannte, was der Inlandeistheorie zum Durchbruch verhalf, ist auch heute noch aktiv.

Die Frankfurter Eisrandlage, nördlich von Berlin gelegen, (Liedtke 1981) wird bisher als ein Rückschmelzhalt von der Brandenburger Eisrandlage interpretiert. Es gibt Sanderansätze vor allem auf der Barnim-Platte, die auf einen stationären Eisrand hindeuten. Allerdings haben neuere Untersuchungen in Kiesgruben und Kartierungen ergeben, dass die sogenannte Frankfurter Eisrandlage sich offensichtlich aus unterschiedlich alten Geländeformen zusammensetzt und damit das einfache Bild von einer Ausbildung der Geländeformen als Rückzugshalt zunehmend an Gültigkeit verliert.

Das Berliner Urstromtal, das in südost-nordwest Richtung deutlich südlich der Frankfurter Eisrandlage verläuft und ihr als Schmelzwassersammelader der von Norden kommenden Schmelzwässer zugeschrieben wird, ist ebenfalls eine Tiefenlinie, die bereits präweichselzeitlich angelegt ist (Böse 1989). Im Urstromtal sind Terrassen ausgebildet, die auch darauf zurückzuführen sind, dass nicht nur die Schmelzwässer der Frankfurter Eisrandlage hier abgeflossen sind, sondern auch über Rinnen Schmelzwässer der jüngeren Pommerschen Eisrandlage dem Urstromtal zugeführt wurden. Das Berliner Urstromtal weist auf der höheren Terrasse periglaziale Dünen in Form von deutlichen Parabeldünen auf, so beispielsweise im Spandauer und im Frohnauer Forst, im Gebiet des Volksparks Rehberge und den Friedhöfen entlang der Seestraße in Berlin, sowie im Gebiet der Dahme-Einmündung östlich des Müggelsees. Auf die westlich von Berlin gelegene kleinere Grundmoränenplatte Glien wurden durch Westwinde die Dünen des Krämers aufgeweht. Aber auch im südlich des Urstromtals gelegenen Gebiet zwischen den Flüssen Dahme und Spree gibt es ausgedehnte Dünengebiete. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Dünengebiete durch Auswehung aus glazifluvialen Rinnen und Talungen entstanden sind und damit an breite

Tiefenlinien im Relief gebunden sind. Nur vereinzelt treten Dünen auf Sandern auf.

Auch das Berliner Urstromtal wird nur zwischen dem Eintreten der Spree östlich von Fürstenwalde und ihrer Einmündung in die Havel in Berlin-Spandau von einem natürlichen Gewässer durchflossen, östlich und westlich davon gibt es keine größeren, durchgehenden Flussläufe im Urstromtal. Die Havel fließt hingegen strikt in südliche Richtung, das weiter nördlich gelegene Eberswalder und das Berliner Urstromtal querend. Dabei nutzt sie im Berliner Stadtgebiet eine Seenkette als Durchlaufseen, die ihre Fortsetzung im Schwielowsee bis zum Ansatz des Beelitzer Sanders haben, die Havel zweigt aber bei Caputh in Richtung Werder im spitzen Winkel nach Nordwesten ab.

Eine morphologische Auffälligkeit stellt das Oderbruch dar, dessen Genese als saalezeitlichen Ausschüfungswanne gedeutet wird, die in engem genetischen Zusammenhang mit den deutlichen Höhen südlich von Bad Freienwalde zu sehen sind, die aus augestauchtem tertiären und quartären Schichten bestehen. Brose et al. (2003) sehen das Oderbruch zwar als saalezeitlichen Anlage an, das Becken wurde aber durch eine „Ur-Oder“ im Eem-Interglazial mit fluvialen und limnischen Sedimenten verfüllt. Hierfür sprechen z.B. die auf der Wriezener Terrasse aufgefundenen limnischen eemzeitlich Sedimente (Lüthgens et al. in press). Nach Brose wurde das Oderbruch als Folge der Schmelzwasseraktivität des Weichselglazials erst proglazial aufgefüllt, dann in jüngeren Phasen ausgeräumt, da es Teil des Thorn-Eberswalder Urstromtals war (Brose et al., 2006; Hermsdorf and Strahl, 2008, Lüthgens et al., in press). Liedtke (1996) hingegen geht von einer Bildung der Wanne als morphologische Geländeform im Saaleglazial aus, die im Weichselglazial mit mächtigen Toteismassen, dem sogenannten Beckentoteis, verfüllt wurde, die dann zunächst von den Schmelzwässern überflossen und später randlich umflossen wurden.

Das Oderbruch ist ein Teil des Eberswalder Urstromtales, das sich heute mit einer Geländekante gegen den westlichen Urstromtalboden absetzt. Die fluviale Einschneidung durch die Oder und die tributäre Finow waren durch den sich spätglazial einstellenden Abfluss zum Ostseebecken gesteuert. Im Zuge der holozänen Litorina-Transgression erhöhte sich später das Vorfluterniveau. Der heutige Verlauf der Oder westlich der sogenannten Neuenhagener Oderinsel östlich von Oderberg ist ein künstlicher Durchstich aus dem Jahre 1753. Vorher war die Oderinsel eine Halbinsel, die westlich umflossen wurde. Die Neuenhagener Oderinsel wird durch einen Stauchendmoränenbogen an ihrer Südseite geprägt, während im Inneren Beckentone anzutreffen waren, die zu einer großflächigen Anlage von Tongruben geführt haben. Heute ist der Abbau eingestellt (in: Schroeder (Hrsg) 1994).

Das nördliche Ende des Oderbruchs ist nicht nur auf der Neuenhagener Oderinsel sondern auch weiter westlich geprägt durch die markanten Formen des Nördlichen Landrückens, dessen Entstehung dem weichselglazialen Pommerschen Eisvorstoß zuzuordnen ist. Dieser wird als ein eigenständiger Eisvorstoß aus der Ostseesenke heraus gedeutet, da er flächenhaft eine eigene Grundmoräne ausgebildet hat. Die Ausbildung der Endmoränen ist deutlich, bestehend aus Stauchmoränen und Blockpackungen und geht einher mit einer großen Anzahl an Rinnenseen, die sowohl durch Eisausschurf als auch durch Schmelzwassererosion subglazial angelegt worden sind. Neueste Untersuchungsergebnisse zur Zeitstellung der Pommerschen Eisrandlage haben ergeben, dass dieser kräftige Eisvorstoß offensichtlich dem klimatischen LGM des MIS 2 entspricht und um 20 ka stattfand (Lüthgens et al., submitted). Die bisherigen Alterabschätzungen (um 16.000 BP, Schlaak 2002) sind demnach wohl als zu jung anzusehen und die Eisdynamik des Inlandeises ist neu zu bewerten.

Eine morphologisch fast klassische glaziale Serie im Sinne von Penck und Brückner (1909)

ist südlich von Chorin ausgebildet. In dem Durchbruchstal liegen heute die Ruinen des Klosters Chorin, südlich schließt sich ein Sandergebiet, bestehend aus dem Amtswegsander, der Mönchsheide und dem kleineren, seitlich aufgesetzten Klosterbrückesander an. Letzterer wurde von Lüthgens et al. (submitted) geochronologisch bearbeitet. Beteiligt an der Bildung waren auch die Schmelzwässer der Parsteiner Staffel – Brose (1994) gliedert drei Phasen der Parsteiner Staffel aus, einer ersten deutlichen Rückzugsstaffel der Pommerschen Eisrandlage. Ihre Schmelzwässer mündeten in das Eberswalder Urstromtal und bildeten dort die obere Terrasse aus.

Auch westlich des Gebietes von Chorin sind der Haupteisrandlage Sander vorgelagert, wie der Bugsin-Sander, der große Teile der Schorfheide bildet. An seinem proximalen Bereich liegt der Aufschluss von Althüttendorf, dessen Sedimente für die Datierungen der Pommerschen Eisrandlage maßgeblich waren (Lüthgens et al., submitted). Südlich haben die Schmelzwässer auf ihrem Weg zum Eberswalder Urstromtal eine kuppige Grundmoränenplatte umflossen, die älter ist als der Pommersche Haupteisvorstoß. Auf dieser Grundmoränenplatte liegt der Schulzensee..

Das ebenfalls bereits prä-weichselzeitlich angelegte Eberswalder Urstromtal (Cepek 1994) wird häufig fälschlich als Schmelzwasserabflussbahn des Pommerschen Eisrandes beschrieben. Der westliche Teil des Urstromtales war jedoch zum Pommerschen Maximalstand nicht in Funktion, da die Schmelzwässer vom Oderbruch aus über Rinnen nach SSW zum Berliner Urstromtal abflossen. Erst beim Rückschmelzen zur nächst jüngeren Parsteiner Staffel wurde das Urstromtal durchgängig in westliche Richtung genutzt und dabei mehrere Terrassen ausgebildet (Schlaak 2002). Auf den höheren Terrassen sind, vor allem an der Südseite des Urstromtales, Dünen aufgeweht, deren Entstehung in die Älteste Dryas fallen. Eine erneute aeolische Überprägung während der

Jüngerer Dryas ist durch den fossilen Finow-Boden belegt (Schlaak 1998).

Das gesamte Jungmoränengebiet unterlag im Spätglazial wiederholt periglazialen Prozessen, was neben den Dünen auch zur Ausbildung von heutigen Trockentälern führte. Im Bodenbereich kam es zu Eis- und Sandkeilbildungen, Kryoturbationen und zur Ausbildung von Geschiebedecksand. Im Holozän ist das Relief und das Gewässernetz vielfältig durch die anthropogene Nutzung überprägt worden (Böse 2004, Böse und Brande 2000).

Literatur

- Atlas zur Geologie von Brandenburg 1997, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow.
- Böse, M. 1989: Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. Berliner Geographische Abhandlungen 51, Berlin.
- Böse, M. 2004: Naturraum und Ressourcen: Berlin und Brandenburg im Überblick. In: Wieckert, R & Ellger, Chr.: Berlin + Brandenburg zwischen Kiez, Metropole und ländlicher Peripherie, Exkursionsführer 29. Schulgeographentag Berlin 2004, Teil 1, Allgemeine Darstellungen: 27-43; Berlin.
- Böse, M. & Brande, A. 2000: Regional Pattern of Holocene Sand Transport in the Berlin-Brandenburg Area. In: Dulias, R. & Pelka-Gosciniak, J. (Hrsg.): Aeolian Processes in different Landscape Zones. – University of Silesia, Faculty of Earth Sciences & Association of Polish Geomorphologists: 51-58; Sosnowiec.
- Brose, F. 1994: Eisrückzug im Parsteiner Becken. In: Schroeder, J. H. (Hrsg.) 1994: Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, No. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See, S. 95-103, Berlin.
- Brose, F., Piotrowski, A., Schroeder, J.H., 2003: Entwicklung des Oderbruchs:
- Neue Daten zur Sedimentfüllung der Oderbruchdepression. In: Schroeder, J.H.,
- Brose, F. (Hrsg.), Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 9. Oderbruch - Märkische Schweiz - Östlicher Barnim, Berlin, pp. 57- 5.
- Brose, F., Luckert, J., Müller, H., Schulz, R., Strahl, J., Thieke, H.-U., 2006: Das Eem von Vevais – ein bedeutendes Geotop in Ostbrandenburg. (The Eemian of Vevais - an important geotope of the Eastern Brandenburg area). Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 13 (1/2), 155-164.
- Cepak, A. G. 1994: Stratigraphie und Lithofazies. In: Schroeder, J. H. (Hrsg.) 1994: Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, No. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See, S. 26-38, Berlin.
- De Boer, W. M. 1995: Äolische Prozesse und Landschaftsformen im mittleren Baruther Urstromtal sei dem Hochglazial der Weichseleiszeit. Berliner Geographische Arbeiten 84, Berlin.
- Schroeder, J. H. (Hrsg.) 1994: Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, No. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See, Berlin.
- Franz, H.-J. 1962: Morphogenese der Jungmoränenlandschaft des westlichen Brandenburger Stadiums. Teil 2: Die Schmelzwasserabflüsse und die durch sie geschaffenen Ablagerungen und Formen. Wissenschaftliche Zeitschrift der pädagogischen Hochschule Potsdam, math.-nat. R. 71/2 S 49-60; Potsdam.
- Heine, K., Reuther, A.U., Thieke, H. U., Schulz, R., Schlaak, N., Kubik, P. W. 2009: Timing of Weichselian ice marginal positions in Brandenburg (northeastern Germany) using cosmogenic in situ ¹⁰Be. Zeitschrift für Geomorphologie 53, 4, S433–454, Berlin, Stuttgart.
- Hermisdorf, N., Strahl, J., 2008: Eemian deposits in the Brandenburg area. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 15 (1/2), 23-55.
- Juschus, O. 2001: Das Jungmoränenland südlich von Berlin – Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe. Dissertation HU Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/juschus-olaf-2001-05-04/HTML/>
- Kupetz, M. 1996: Der Muskauer Faltenbogen – ein Geotop von europäischer Bedeutung. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 3, 1, 125-136, Kleinmachnow.
- Kupetz, M. 1997: Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenboge. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 4, 2, 1-20, Kleinmachnow.
- Kühner, R. 2003: Ausbildung und Gliederung des saalezeitlichen Sedimentkomplexes im Bereich der Hornoer Hochfläche. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 10, 1/2, S. 111-121, Kleinmachnow.
- Liedtke, H. 1981: Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. Forschungen zur deutschen Landeskunde. 2. Aufl., Trier.
- Liedtke, H., 1996. Die eiszeitliche Gestaltung des Oderbruchs. Heidelberger Geographische Arbeiten 104, 327-351.
- Lippstreu, L. mit Beiträgen von F. Brose und J. Marcinek 1995: Brandenburg. In: L. Benda (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands, S. 116-147, Stuttgart.

- Lüthgens, C. & Böse, M. 2007: Neubewertung der geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees. *Eiszeitalter und Gegenwart, Quaternary Science Journal* 56/4, S. 256-282; Hannover.
- Lüthgens, C., Böse, M. (in press): From Morphostratigraphy to Geochronology – on the dating of ice marginal positions. *Quaternary Science Reviews*.
- Lüthgens, C., Böse, M., Krbetschek, M.R. (2010a): On the age of the young morainic morphology in the area ascribed to the maximum extent of the Weichselian glaciation in north-eastern Germany. *Quaternary International* 222, 72-79.
- Lüthgens, C., Böse, M., Lauer, T., Krbetschek, M., Strahl, J., Wenske, D. (in press): Timing of the last interglacial in Northern Europe derived from Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of a terrestrial Saalian-Eemian-Weichselian sedimentary sequence in NE-Germany. *Quaternary International*.
- Lüthgens, C., Krbetschek, M.R., Böse, M., Fuchs, M.C. (2010b): Optically Stimulated Luminescence Dating of fluvio-glacial (sandur) sediments from north-eastern Germany. *Quaternary Geochronology* 5, 237-243.
- Lüthgens, C., Böse, M., Preusser, F., (submitted to *Boreas* for publication). The age of the Pomeranian ice marginal position in north-eastern Germany determined by Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of glaciofluvial (sandur) sediments.
- Penck, A., Brückner, E., 1909. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Tauchnitz, Leipzig.
- Schlaak, N., 1998: Der Finowboden - Zeugnis einer begrabenen weichsel- spätglazialen Oberfläche in den Dünengebieten Nordostbrandenburgs. In: Baume, O. (Hrsg.): *Beiträge zur quartären Relief- und Bodenentwicklung*. Münchener Geographische Abhandlungen, Reihe A, Band A49, S.143-148.
- Schlaak, N. 2002: *Geologie und Oberflächeformen*. In: Gränitz, F., Grundmann, L. (Hrsg.): *Um Eberswalde, Chorin und den Webellinsee. Landschaften in Deutschland. Werte der deutschen Heimat*. Band 64, Köln, Weimar, Wien.
- Weiß, R. 2001: In: *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg* (Hrsg. J.H. Schroeder), Nr. 4: *Potsdam und Umgebung*, 2. erw. Aufl., Berlin.
- www.muskauer-faltenbogen.de

Bodengesellschaften Berlins

F. ALAILY

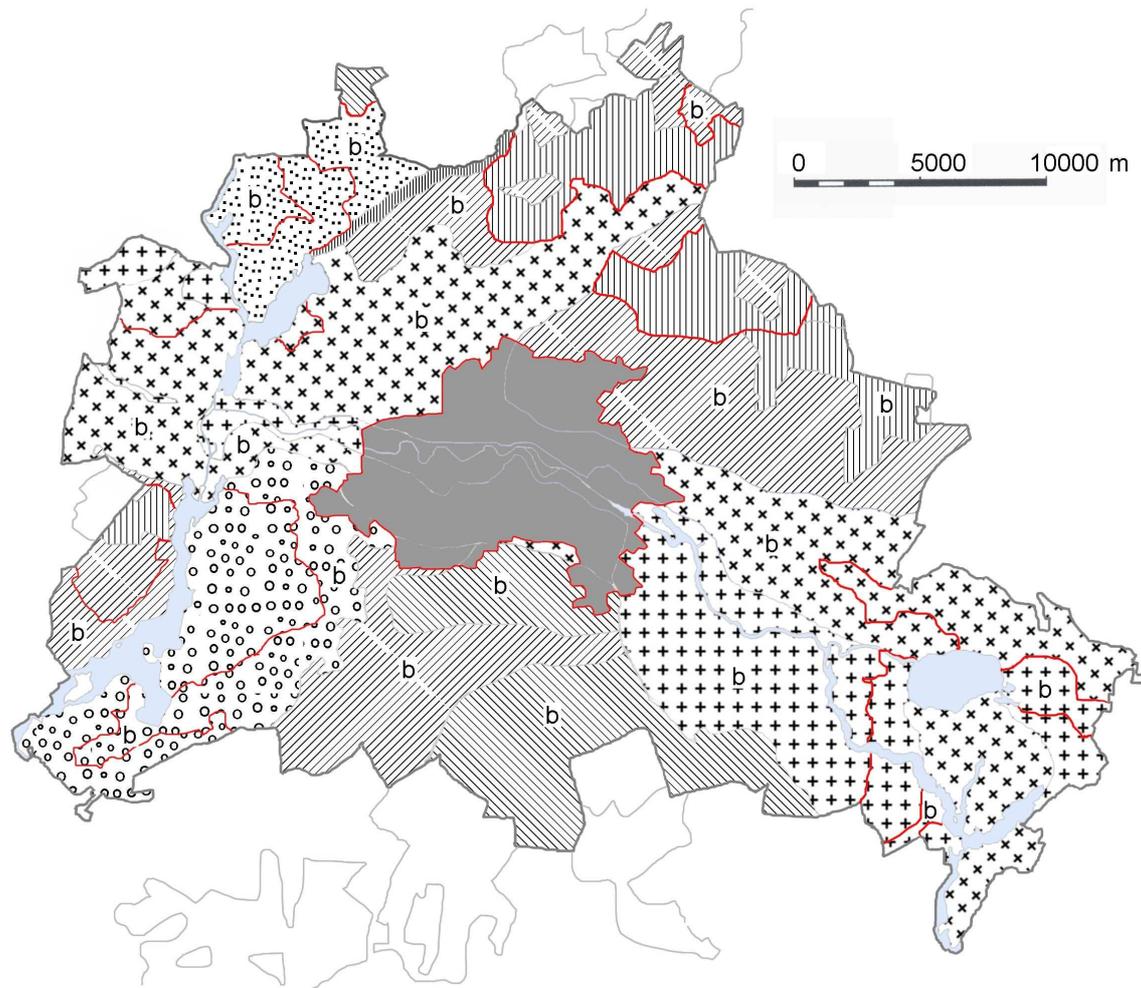
Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Standortkunde und Bodenschutz
Ernst-Reuter-Platz 1, Sekr. BH 8-1, 10587 Berlin
Email: Fayez.Alaily@alumni.tu-berlin.de

Die Bodenkarte von Berlin im Maßstab 1:50000 befindet sich in dem Umweltatlas Berlins und ist aus dem Internet zu bekommen. Für Berlin-West wurde eine Bodenkarte im Maßstab 1:75000 von Grenzius (1987) erstellt. In diesem Kapitel sind die häufigsten und die auffallenden Böden und ihre Gesellschaften dargestellt. In Kursivschrift sind Bodenbezeichnungen nach der WRB-2006 (BGR 2008) angegeben. Ein Überblick über das Bodenmuster Berlins ist aus Abb. 1 zu bekommen.

Im Norden und Süden von Berlin sind auf den Grundmoränen-Platten Parabraunerde (cutanic Luvisol) und Fahlerde (cutanic albic Luvisol) auf Geschiebemergel sowie Podsol-Braunerde (dystric Cambisol) und Bänderparabraunerde (lamellic Luvisol) aus Geschiebesand weit verbreitet. Alle Oberböden dieser Landschaft bestehen aus Geschiebedecksand. Die Bt-Horizonte der lessivierten Böden sind durch Toncutane nachweisbar und sind oft mit sandgefüllten periglaziellen Frostkeilen vernetzt. Letztere können auf Luftbildern mit mittlerem Bildmaßstab von 1:10000 erkannt werden (Alaily 1980). Die Maschen der Frostkeilnetze haben einen Durchmesser von 3-8 m und die Frostkeile erreichen Tiefen von 1-3 m (Blume 1981). Unter natürlichen Bedingungen wirken sie als Drainage-Netz (Hoffmann 1976) und erschweren damit die Pseudovergleyung der Böden. Die Entkalkungstiefe der lessivierten Böden liegt zwischen 0,8 und 1,0 m. Frostkeile kommen selten bei der Podsol-Braunerde (=Rostbraunerde) und Bänderparabraunerde vor und sind schwer zu erkennen. Wegen relativ günstiger ökologischer Eigenschaften der Parabraunerde und Fahlerde werden sie bevorzugt für ackerbauliche Nutzung benutzt.

In tiefer gelegenen Bereichen mit Grundwasseranschluss sind die Grundmoränenböden mit sandigen Gley-Braunerden vergesellschaftet (Blume 1981). Im Norden von Berlin (bei Schildow und Lübars) kommen in einer subglazialen Abflussrinne (Tegeler Fließ) nährstoffreiche Niedermoore (eutric Histosol) vor, die mit Kalktuffniedermoor (eutric Histosol (alcalic)) , Kalktuffgleyen (calcic Gleysol (alcalic)), Podsol-Braunerde und Parabraunerde vergesellschaftet sind (Alaily et al. 2000). Die Carbonate des Kalktuffs stammen aus dem Geschiebemergel und sind an Pflanzenteilen abgelagert. Die Kalktuff-Mächtigkeit beträgt mehrere Zentimeter. Im Bereich der Pfuhe (Toteis-Seen), die auf der Geschiebemergelhochfläche vorkommen, hat sich in Abhängigkeit vom Relief ein kleinflächiges Muster hydromorpher Böden entwickelt, deren Morphe-, Wasser- und Luftdynamik sich im Jahreslauf infolge stark schwankender Wasserstände stark ändert: In nassen Jahren sind die Pfuhe ganzjährig mit Wasser gefüllt und in trocknen Jahren können sie völlig austrocknen. Einige Pfuhe sind teilweise oder gänzlich mit Kolluvium erfüllt.

In der hügeligen Landschaft der sandig-kiesigen Stauchmoränen und Kamesbildungen des Grunewaldes und Düppeler Forstes sind Podsol-Braunerden zu finden. Die Podsolierungintensität nimmt im allgemeinen zum Hangfuß zu. Die Böden dieser Landschaft sind meist unter forstwirtschaftlicher Nutzung, sie bestehen aus schlecht sortiertem Sand und sind sehr trocken, gut durchlüftet und nährstoffarm. In den Schmelzwasserrinnen und Toteisdepressionen haben sich Seen gebildet, die großenteils mit oligotrophen und mesotrophen Niedermooren (rheic Histosol)



- | | | |
|------------------|--|---|
| Kames
Dünen | +++
+++
+++
+++
+++ | Gleye - Niedermoor - Podsol-Braunerde
Gleysols - Rheic Histosol - Dystric Cambisol |
| | x x x x
x x x x
x x x x
x x x x | Podsol-Braunerde - Podsol-Gley - Niedermoor
Dystric Cambisol - Gleyic Podzol - Rheic Histosol |
| |
.
.
. | Podsol-Braunerde - Modergley
Dystric Cambisol - Dystric Gleysol |
| Sand
Talsande | o o o o
o o o o
o o o o
o o o o | Podsol-Braunerde - Kolluvisole - Niedermoor
Dystric Cambisol - Colluvic Regosols - Rheic Histosol |
| |

 | Geköpft und begrabene Braunerde und Parabraunerde
Irragric Anthrosols |
| Grundmoränen | \ \ \ \ \
\ \ \ \ \
\ \ \ \ \
\ \ \ \ \ | Podsol-Braunerde - Parabraunerde
Dystric Cambisol - Luvisols |
| | / / / / /
/ / / / /
/ / / / /
/ / / / / | Parabraunerde - Fahlerde
Cutanic Luvisol - Cutanic Albic Luvisol |
| |

 | Eutrophe Niedermoor - Kalkgley
Eutric Histosol - Calcic Gleysol |
| | ■ | Schuttpararendzinen - Hortisole
Technosols - Hortic Anthrosols |
| | b | vergesellschaftet mit Hortisolen und Schuttpararendzina
associated with Hortic Anthrosols and Technosols |

Abb. 1: Bodenregionen Berlins

verlandet sind. In terrestrischen Senken, ohne Anschluss zum Grundwasser, sind oft Kolluvisole (colluvic Regosols) aus erodierten Oberböden zu finden.

Eine ähnliche Bodengesellschaft wie bei den Stauchmoränen und Kamesbildungen ist in den Dünen- und höher gelegenen Talsand-Landschaften zu finden. Auch hier dominieren Podsol-Braunerden, die Hang abwärts stärker podsoliert sind. Diese sind vergesellschaftet mit Gleyen und Mooren in den Senken (Neumann 1976). An den Moorrändern sind Gleypodsole (endogleyic Podzol) zu finden, die im Laufe des Holozän durch Grundwasserschwankungen zu Podsol-Gley (epigleyic Podzol) umgewandelt wurden (Alaily 2002, 2004). Letztere bestehen aus O-Ge-Gh-Hor. Dieser Boden ist frei von Eisen und Mangan, sein Gh-Horizont ist stark mit Huminstoffen und Aluminium angereichert. Mit diesen Eigenschaften repräsentiert der Podsol-Gley einen durch Grundwasseranstieg ertrunkenen Podsol. Heute ist das Grundwasser bei den meisten Mooren gesunken, dadurch bekommen die Podsol-Gleye (Feuchtpodsole) terrestrische Bodendynamik und können dann zu den Humuspodsolon (carbic Podzol) eingeordnet werden. In Vergleich zu Geschiebesand, Kamesbildung und Stauchmoränen bestehen die Dünen- und Talsande aus sehr gut sortiertem Feinsand. Daher sind die terrestrischen Böden dieser Landschaft weniger trocken und enthalten etwas mehr pflanzliche Nährstoffe.

Aus Talsandbereichen in tieferen Lagen, z.B. entlang der Spree sind ausschließlich Grundwasserböden (Gleysols) und Niedermoore (rheic Histosols) entstanden. Die Bodengesellschaft besteht vorwiegend aus sandigen Modergleyen mit mäßigen Nährstoffreserven und vereinzelt schluffigem Mergel Mullgleye und Ca-reichen Niedermooren (Blume 1981). Im Teufelsbruch des Spandauer Forstes sind Gley-Braunerden mit höheren Nährstoffgehalten zu finden und in nassen Senken kommen nährstoffreichere Moore und an den Ränder Mull-Anmoore vor (Blume 1981).

In den Auen der Flusseen führte eine geringe Fließgeschwindigkeit des Fluß- und Grundwassers und relative geringe Spiegelschwankungen bei überwiegend grobkörnigen Flusssanden zu Auenboden-Gley-Übergangsformen. Hinter Uferwellen sind oft Niedermoore zu finden (Blume 1981).

Die meisten Berliner Böden sind direkt oder indirekt anthropogen beeinflusst (Blume et al. 1976). Stärkere Erosionsschäden wurden in den Wäldern während der letzten Jahrzehnte durch Kahlschläge (nach Kriegsende) sowie Trittschäden der Bodenvegetation und insbesondere durch Militärfahrzeuge (bei Manöveraktivitäten) verursacht. Außerdem haben im Bereich der Forsten SO₂-reiche Niederschläge, sowie Kiefermonokulturen, die Versauerung der Böden gefördert (Blume 1981). Parabraunerden unter Ackernutzung (z.B. Rudow, Gatow, Lübars) weisen gegenüber ihren äquivalenten Waldböden mächtigere humose Ap-Horizonte, höhere Nährstoffgehalte und pH-Werte auf, verursacht durch Pflugarbeit und Düngung. Bei den Rieselfeldern, die alle auf den Grundmoränenplatten vorkommen und um die Stadt verbreitet sind, sind Podsol-Braunerden und Parabraunerden zu Braunerden bzw Pseudogley-Parabraunerden umgewandelt (irragric Anthrosols). Ihr pH-Wert ist gestiegen und sie wurden stark mit organischen Stoffen, P, Schwermetalle, insbesondere Zn, angereichert, wogegen sie an Mn und Fe verarmten. Großteile der Rieselfeldböden sind durch Planierarbeit geköpft oder begraben worden.

Außerdem führten Grundwasserentnahmen (z.B. Grunewald, Spandauer Forst) zu teilweiser Austrocknung der Böden und zur starken Zersetzung und Abbau von Torf. Im locker bebauten Bereich kommen, neben den natürlichen Bodengesellschaften, vor allem Hortisole (hortic Anthrosols) und Trümmerschutt-Pararendzinen (urbic Technosol (calcaric)) vor (Runger 1975). Hinzu kommen Böden von Ruderalstandorten im weitesten Sinne sowie Böden von Flächen der Entsorgung (z.B. Mülldeponien). Erwähnenswert sind die Methan-Rohböden (garbic

Technosol (reductic)) aus Abdeckungsmaterial der Mülldeponien (Grenzius 1987). Die Böden der Innenstadt sind überwiegend überbaut und versiegelt. Dort befinden sich vor allem Pararendzinen aus Trümmerschutt und stark mit Humus angereicherte Gartenböden (Hortisole). Ungestörte natürliche Böden sind in diesem Bereich selten zu finden.

Literatur

- Alaily, F. (1980): Bedeutung und Fernerkundung von Frostkeil-Polygonen in Berlin.- Berliner Naturschutzblätter, 71, 613-618.
- Alaily, F., A. Brande, M. Facklam und M. Renger (2000): Bodengesellschaften und Genese von Kalktuff im Naturschutzgebiet "Kalktuffgelände am Tegeler Fließ" (Berlin-Blankenfelde).- Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, Neue Folge, 39, Berlin, 111-125.
- Alaily, F. & A. Brande (2004): Soil associations in the surroundings of oligotrophic mires in the Berlin region.- International peat journal, 12, 21-31.
- Alaily, F. & A. Brande (2002): Bodenentwicklung am Rande oligotropher Moore im Raum Berlin.- Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde 165, 305-312.

- BGR (2008): World Reference Base for Soil Resources 2006, Deutsche Ausgabe.- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 128 S.
- Blume, H.-P. (1981): Bodenschaften.- in Exkursionsführer zur Jahrestagung der DBG: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 31, 20-23.
- Grenzius, R. (1987): Die Böden Berlins (West).- Diss., FB 14 Landschaftsentwicklung der TU-Berlin, 520 S.
- Hoffmann, R. (1976): Genese und Ökologie polygenetischer Parabraunerden mit Periglazialerscheinungen im Berliner Raum.- Diss., FB 14 Landschaftsentwicklung der TU-Berlin,.
- Neumann, F. (1976): Struktur, Genese und Ökologie hydromorpher Bodengesellschaften West-Berlins.- FB 14 Landschaftsentwicklung der TU-Berlin,.
- Runge, M. (1975): West-Berliner Böden anthropogener Litho- und Pedogenese.- Diss., FB 14 Landschaftsentwicklung der TU-Berlin,.

Landwirtschaft in Brandenburg

A. WERNER

Institut für Landnutzungssysteme Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Str. 84; D-15374 Müncheberg; werner@zalf.de; www.zalf.de

Bewirtschaftungs- und Anbausituation in Brandenburg

Mit dem Land Brandenburg wird oft gedanklich eine Landwirtschaft verbunden, die von sandigen Böden, großen Betrieben und sehr großen Feldern geprägt ist. Brandenburg wird typischerweise auch mit einem Flächenland verbunden, mit hohem Anteil an peripheren Gebieten.

Das Land Brandenburg verfügt über 1,3 Mio. ha (Berlin: 2.250 ha) agrarische Landnutzungsfläche, von denen ca. 78% Ackerland sind (anonym 2011). Ein wichtiger Anteil der Ackerfläche wird mit Wintergetreide bestellt (Jahr 2007: 48%, 2011: 44%) mit einem mittleren Ertragsniveau für deutsche Verhältnisse (z.B.: 2007: 5,8 t • ha⁻¹, D: ca. 5,5 t • ha⁻¹). Ursächlich für diese ungünstige Ertragssituation in Brandenburg sind die sandigen bis lehmig-sandigen Böden und die geringen durchschnittlichen Niederschlagssummen pro Jahr (600 mm • a⁻¹). Diese für ein deutsches Bundesland niedrigste jährliche Regenmenge differenziert zudem noch in drei wesentliche Regionen (Jenssen et al. 2007) und zwischen den Jahren. So erfährt der östliche Teil von Brandenburg bis zu 100 mm • a⁻¹ weniger als der Durchschnitt und in einigen wenigen der letzten Jahre sind in manchen Regionen auch nur 330 mm • a⁻¹ gefallen.

Grünlandflächen finden sich überwiegend auf grundwassernahen Standorten und dabei auf Niedermooren oder Auenstandorten. Große Grünlandgebiete finden sich im Rhin- und Havelluch, in der Region Elbe-Elster sowie im Odertal. Diese Gebiete wurden in der DDR zur intensiven Milch- und Rindfleischproduktion genutzt, inzwischen dominiert dort eher Mutterkuhhaltung und Rohfuttermittelgewinnung für Ergänzungsfütterung. Grünlandvegetation

auf weiteren mineralischen Böden sind oft naturschutzfachlich wertvolle Mager- oder Trockenrasen.

Zwei Anbauregionen haben in Brandenburg besondere ackerbauliche Tradition und Leistungsfähigkeit: das östlich gelegene Oderbruch mit schweren Tonböden und die Uckermark mit ihren Parabraunerden im Nordosten. Beide Regionen sind für hohe naturale Ertragsleistungen bekannt. Die Uckermark befindet sich seit über 4.000 Jahren in landwirtschaftlicher Nutzung, eine für diese Region lange Zeit. In den übrigen Regionen erfolgt auch durchgehend ackerbauliche Nutzung der Standorte mit durchaus ansehnlichen Ertragsleistungen bei eher trockenheitsverträglichen Kulturpflanzen (Winterroggen, Wintertriticale, Mais etc.).

Der früher in Brandenburg wichtige Anbau von Kartoffeln ist weitestgehend verschwunden. Die leichten Böden lassen zwar prinzipiell eine gute Erntbarkeit der Kartoffeln zu, allerdings mindern hoher Steinbesatz und die regelmäßige Vorsommertrockenheit die Anbauwürdigkeit. Zudem sind Absatzmärkte inzwischen an andere Regionen Europas verloren gegangen.

Auf sandigen Böden südwestlich von Berlin hat Spargelanbau unter Beregnung lange und noch erfolgreiche Tradition. Gemüseanbau findet im Oderbruch und Obstbau in westlichen wie östlichen Landesteilen jeweils mit geringen Anteilen an der Gesamtfläche von BB statt.

Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe ist mit 6.704 recht hoch (s. Tabelle 1). Ein großer Anteil dieser Betriebe sind viele kleine Betriebe, die oft im Nebenerwerb bewirtschaftet werden sowie eine ganze Reihe für Deutschland eher mittelgroße Betriebe (100-400 ha). Die mittlere Betriebsgröße von

200 ha ist in Brandenburg fünfmal so hoch wie die in Deutschland. Eine solche Angabe ist aber wenig aussagekräftig, da in Brandenburg ca. 80% der landwirtschaftlichen Fläche bewirtschaftet werden durch nur ca. 20% der landwirtschaftlichen Betriebe, also großen Betrieben mit mehreren tausend Hektar Betriebsfläche bewirtschaftet.

Aktuell entwickelt sich der Anbauumfang des Getreides etwas rückläufig, oft zugunsten des Anbaus von Silomais für Biogasanlagen und Futterzwecke. Das Land Brandenburg verfolgt seit einigen Jahren politische eine ‚Biomassestrategie‘ (MUGV 2010). Von den ca. 5.000 Anlagen in Deutschland stehen etwa 200 in Brandenburg und produzieren ca. 150 MW Energie.

Tabelle 1: Strukturdaten der Landwirtschaft von Brandenburg und Land Berlin im Jahr 2007 (aus: anonym 2011)

	Einheit	Berlin	Brandenburg	Berlin & Brandenburg
Landwirtschaftliche Betriebe	Anzahl	85	6.704	6.789
...davon				
Einzelunternehmen	Anzahl	63	5.067	5.130
...davon				
Haupterwerb	Anzahl	49	1.756	1.805
Nebenerwerb	Anzahl	14	3.311	3.325
Personengesellschaften ¹	Anzahl	11	667	678
Juristische Personen	Anzahl	11	970	981
Arbeitskräfte	Anzahl	460	38.568	39.028
...davon				
Familienarbeitskräfte ²	Anzahl	117	8.359	8.476
Ständig Beschäftigte	Anzahl	233	17.372	17.605
Nicht ständig Beschäftigte	Anzahl	110	12.837	12.947
Betriebe mit ökologischem Anbau	Anzahl	4	613	617
	Hektar	249	133.805	134.054

¹ einschließlich Personengemeinschaften
² einschließliche Betriebsinhaber

Historischer Exkurs zur landwirtschaftlichen Landnutzung in Brandenburg

Mit der politischen Entwicklung in der DDR war nach dem zweiten Weltkrieg die Entstehung von landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften (LPG) verbunden. Diese basierten auf der kollektiven Nutzung von Privateigentum, während die zeitgleiche Wiederbelebung der Genossenschaften in der Bundesrepublik die wirtschaftliche Selbständigkeit als Einzelunternehmer förderte. Die politischen Ziele der DDR zu ihrer Landwirtschaft verfolgten zum einen die Verbesserung der Versorgung mit Nahrungsgütern und Rohstoffen durch

Steigerung der Produktion in der Land- und Nahrungsmittelwirtschaft. Zugleich sollten die Lebensbedingungen auf dem Land schrittweise denen der Stadt angepasst werden. Das dazu genutzte Leitbild waren industriemäßige Produktionsmethoden. Mit diesen Entwicklungen entstand zudem eine umfangreiche und wirksame Agrarindustrie. Der Agrarsektor war in der DDR politisch besonders gestellt, erfuhr große Aufmerksamkeit und erwirtschaftete 1989 das zweithöchste Nettoprodukt aller Wirtschaftsbereiche.

Mit diesen politisch motivierten strukturellen Veränderungen der Landwirtschaft nach dem zweiten Weltkrieg waren auch besondere Entwicklungen in der Landnutzung verbunden: Zusammenlegung von LPGen in mehreren

Phasen zu größeren betrieblichen Einheiten und oft zu sehr großen Bewirtschaftungseinheiten (Felder, Herden) sowie eine organisatorische Trennung von Tier- und Pflanzenproduktion. Sicherlich auch bedingt durch die besonders schwierigen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen in Brandenburg entstand die erste LPG (Worin) in dem damaligen Bezirk Frankfurt (Oder).

Große Betriebe und große Schläge sind keine Besonderheit der Landwirtschaft von Brandenburg in der Zeit von 1952 bis 1989. Schon im 19. Jahrhundert und Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts waren manche ‚Rittergüter‘ in der Hand von ‚Investoren‘ bzw. ‚Großgrundbesitzern‘ aus den reicheren westlichen Industriegebieten des damaligen deutschen Gebieten und verfügten über ausgedehnte Ländereien mit großen Feldern. Diese wurden z.B. bei größeren Arbeitsgängen von mehreren Gespannen gleichzeitig bewirtschaftet.

Mit der politisch-ökonomischen Wende wurde ab 1990 der o.a. Schritt einer organisatorischen Trennung (die auch so in Praxis, Lehre und Forschung gelebt wurde!) von Tier- und Pflanzenproduktion schnell und weitestgehend zurückgenommen. In Brandenburg oft durch Abschaffung der Tierbestände. Dieser Prozess sowie der hohe Anteil an den teureren Fremdarbeitskräften in den neuen Betrieben und die gelegentlich unzulängliche Kapitalausstattung der Betriebe hat die Tierbesatzdichte in Brandenburg in den letzten 20 Jahren weiter verringert (Abb. 1). Das Land Brandenburg gehört inzwischen zu den viehärmsten Regionen Deutschlands (Rus und Brunsch 2007). Damit ist auch das Aufkommen an organischen Düngern aus der Tierproduktion für die Humusreproduktion der ohnehin sorptionsschwachen Böden eher zu gering. Die Leistungsfähigkeit der Tierproduktion ist dennoch sehr hoch (Bsp.: Landesdurchschnitt Milchproduktion: 8.331 kg Milch • Kuh • a⁻¹, anonym 2011).

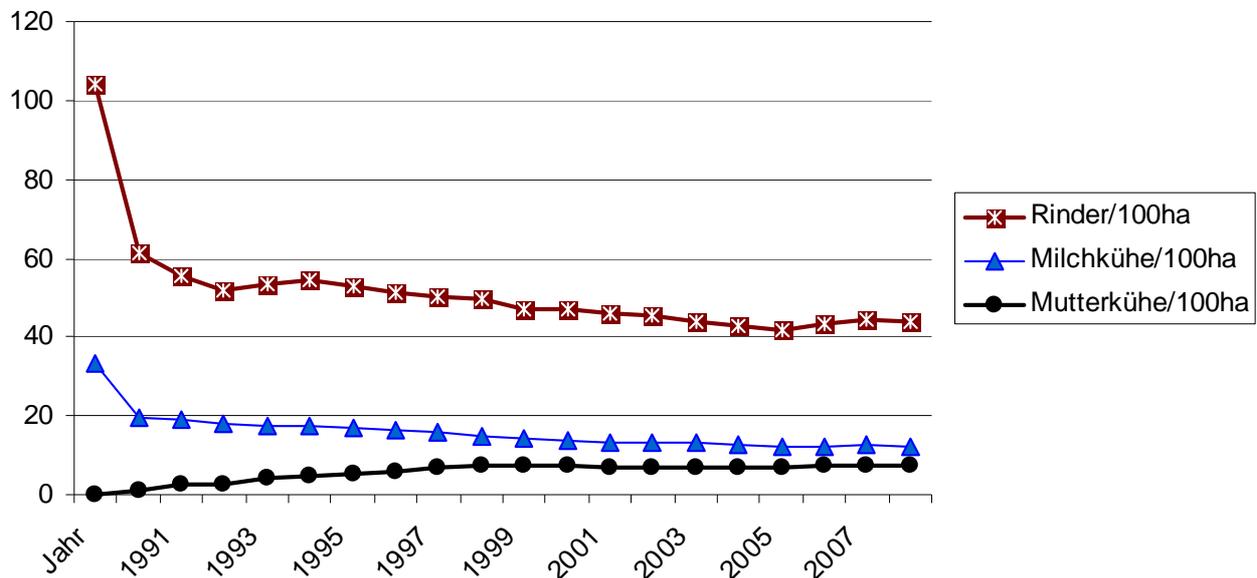


Abb. 1: Entwicklung der Tierbesatzdichte (Rinder, Milchkühe und Mutterkühe) in Brandenburg (1989-2009) und der Deutschen Demokratischen Republik (1988). [Daten für 1988 errechnet anhand Abnahmeraten der Tierbestände der Gesamtregion, da unterschiedliche Regionsgrenzen: Bezirk Frankfurt (Oder): 1988, Land Brandenburg: 1989-2009] (eigene Darstellung; Datenquellen: LVL 2002, MIL 2011, Rus und Brunsch 2007)

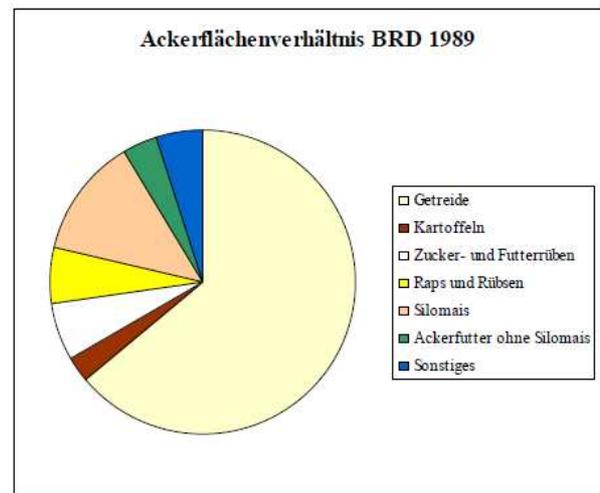
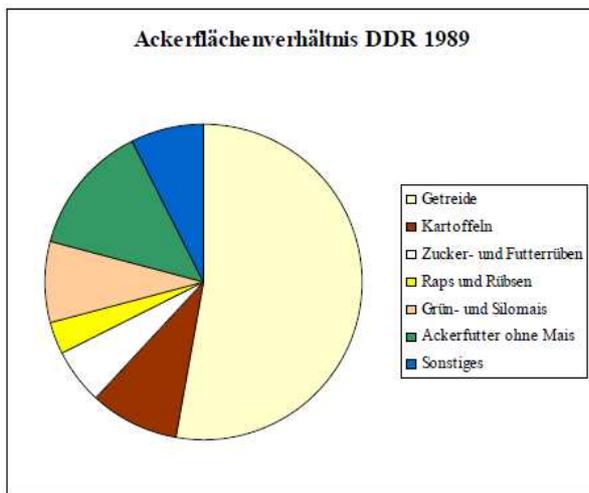


Abb. 2: Anteile an Fruchtarten 1989 in der Bundesrepublik Deutschland (rechts) bzw. der Deutschen Demokratischen Republik (links). (George 2004)

Gleichzeitig werden die Grünlandflächen weniger intensiv bewirtschaftet, das Futter für Wiederkäuer stammt auch in Grünlandregionen vorwiegend vom Acker. Extensivierungsprämien, Wiedervernässung von Niedermooren und Förderung von Mutterkuhhaltung bewirkten in Brandenburg einen weiteren Rückgang in der Intensität der Grünlandnutzung. Für viele Tier- und Pflanzenarten ist eine solche Offenhaltung ein Gewinn. Gefahr droht durch gänzliche Auflassung der Fläche bei unzulänglicher Wirtschaftlichkeit in einer reinen Marktsituation.

Auch der in Brandenburg noch typische und in hoher Dichte vorkommende Weißstorch ist an sich zeitlich stark verändernde Vegetationshöhen bei Grünland und (früherem) Feldfutter gebunden, um seine typische Futtergrundlage (Mäuse, Regenwürmer, Amphibien) zu sichern. Sein Rückgang ist aufgrund der in den letzten 20 Jahren geänderten Landnutzungsmuster eventuell vorprogrammiert. Andere Arten, wie die Wachtel profitieren vom Wandel in den Fruchtarten (zunehmender Getreide-, insbesondere Weizenanbau, George 2004).

Zudem sind durch inzwischen bessere Arbeitsqualität der ackerbaulichen Gerätetechnik, eine hohe Saatgutqualität und einem wirksameren Pflanzenschutz die Kulturpflanzenbestände in der Vegetationszeit sehr homogen und quasi lückenlos dicht. Für die erwähnten Feldvögel, aber auch für

Feldhamster und Feldhasen sowie Amphibien werden zukünftig die mit Ackerfutterpflanzen sowie den gelegentlich lückigeren Pflanzenbeständen in den anderen Kulturen verbundenen besonderen Lebensräume fehlen.

Landschaftliche Besonderheiten der Brandenburger Landwirtschaft

Mit einem hohen Anteil an Schutzgebieten für biotische Ziele (zahlreiche Landschaftsschutzgebiete, mehrere Naturparke, ein Nationalpark und drei Biosphärenreservate) weist Brandenburg einen hohen Anteil an Flächen mit Schutzstatus auf. Die Entwicklung dahin war durchaus mit erheblichen Konflikten in der Landnutzung behaftet und diese ist noch nicht gänzlich frei davon. Die mit diesen Schutzstatus verbundenen Auflagen haben eher nur wenig Wirkung auf die aktuelle landwirtschaftliche Flächennutzung da fast immer für die aktuelle Landnutzung eine Art Bestandeschutz gewährt wird. Die Unterschutzstellung verunsichert aber Landnutzer hinsichtlich der Begrenzung von zukünftigen Anpassungs- und Veränderungsmöglichkeiten der Landnutzung. Gelegentlich sind durch regionale Initiativen mit den besonderen Schutzstatus verbundene Produktions- und Vermarktungsmöglichkeiten entstanden. So ist der Flächenanteil des Ökolandbaus in Brandenburg, auch aufgrund der großen Biosphärenreservate (Schorfheide-Chorin, Spreewald, Elbtal) mit 10,7% der

größte in Deutschland und dabei deutlich höher als der bundesweite Durchschnitt (5,6%). In der hohen Flächenausstattung mit Ökolandbau spiegelt sich aber auch wider, dass landwirtschaftliche Betriebe auf schwierigen Anbaustandorten ihre Landnutzung eher zum Ökolandbau ändern, da die Ertragssituation ohnehin oft niedrig ist. Die beim Wechsel zu dieser Bewirtschaftungsweise eintretenden naturalen Ertragseinbußen sind dann absolut nicht so hoch.

Aufgrund der eher noch jungen Landschaftsgenese dominieren in den Landschaften vorwiegend Regionen mit Binnenentwässerung. Für ältere Landschaften typische Abflusssysteme für (Niederschlags)Wasser haben sich nur begrenzt ausgebildet. Dies hat zur Folge, dass in den letzten fünfzig Jahren umfangreiche Entwässerungssysteme eingerichtet wurden. Deren Unterhalt stößt aber in den letzten zwanzig Jahren kontinuierlich auf Probleme. Niederschlagsreiche Jahre führen deshalb in einigen Regionen immer wieder zu ‚Binnenüberflutungen‘ mit erheblichen Bewirtschaftungserschwernissen für die Landwirte.

Die landschaftlichen Besonderheiten aber auch die speziellen strukturellen Bedingungen der Landnutzung in Brandenburg (geringe ‚Reife‘ der Landschaften mit den besonderen Stoff- und Wasserflüssen, geringe Besiedlungsdichte, Extremstandorte bei Bodenqualität und Wasserführung, Grenzstandorte, Landschaftsneugestaltung nach Tagebau etc.) führen zu einer besonders hohen ‚Forscherdichte‘ in Brandenburg. Es existiert eine besonders große Zahl an wissenschaftlichen Einrichtungen in Berlin und Brandenburg mit fachlichem Bezug zu Landnutzung, Landschaftsgenese, Klimawandel, Regionalentwicklung, Landschaftsökologie sowie neuen Entwicklungskonzepten. Diese finden interessante Forschungsobjekte quasi vor der Haustüre. Aber auch Projekte mit Forschungspartnern aus ganz Deutschland führen zu einem häufigen Kontakt mancher lokaler Akteure mit Forschern und ihren Arbeitsgegenständen.

Literatur

- anonym (2011): Basisdaten der Agrarstatistik. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. Internetressource: <http://www.statistik-berlin-brandenburg.de/home.htm> (am 20. März 2011)
- George, K. (2004): Veränderungen der ostdeutschen Agrarlandschaft und ihrer Vogelwelt. Dissertation, Univ. Halle-Wittenberg. In: Beiträge zur Avifauna Sachsen-Anhalts 12: 138 S.
- Jenssen, M., Hofmann, G., Pommer, U. (2009): Die natürlichen Vegetationspotentiale Brandenburgs als Grundlage klimaplastischer Zukunftswälder. Beiträge zur Gehölkunde 2007, Hrsg.: Gesellschaft Deutsches Abo-retum e.V, ISBN: 3-928521-27-5, Hansmann Verlag, Hemmingen, S.17-29.
- Lutze, G., Schultz, A., Wuntke, B., Voss, M., Kiesel, J., Wenkel, K.-O. (2010): Brutvogelausstattung der Agrarlandschaften Brandenburgs - zwischen Artenreichtum und Artenarmut. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz. 9(2010): 79-93
- LVL (2002): Tierzuchtreport 2001, (Kurzfassung). Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Frankfurt (Oder)
- MIL (2010): Tierzuchtreport 2009, Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MIL), Potsdam
- MUGV (2010): Biomassestrategie des Landes Brandenburg. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Internetressource: <http://www.statistik-berlin-brandenburg.de/home.htm> (am 20. März 2011)
- Rus, Ch., Brunsch, R. (2007): Tierproduktion in Nordostdeutschland. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin (42 S.)

Initiale Ökosystementwicklung, Rekultivierung und alternative Landnutzung in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft

W. SCHAAF⁽¹⁾, W. GERWIN⁽²⁾, D. FREESE⁽¹⁾, CH. BÖHM⁽¹⁾, J. KRÜMMELBEIN⁽³⁾

(1) BTU Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung

(2) BTU Cottbus, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften

(3) BTU Cottbus, Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung

Einleitung/ Ziel der Exkursion

Das Niederlausitzer Braunkohlerevier ist nach dem Rheinland das zweitgrößte Abbaugbiet Deutschlands. In insgesamt fünf Tagebauen wird hier Braunkohle durch das Bergbauunternehmen Vattenfall Europe Mining AG gefördert und vorrangig für die Stromerzeugung in den drei in der Region ansässigen Großkraftwerken verwendet. Die Förderung im Tagebauverfahren verursacht einen großflächigen Eingriff in die Landschaft, der entsprechend dem Berggesetz durch Rekultivierungsmaßnahmen wieder ausgeglichen werden muss.

Die Bergbaufolgelandschaft bietet für wissenschaftliche Arbeiten in diesem Zusammenhang vielfältige Möglichkeiten. Neben der praktischen Begleitforschung zu weiterentwickelten Rekultivierungsmaßnahmen und der Suche nach neuartigen Landnutzungssystemen für diese neu entstehenden Landschaftsausschnitte, bietet die Bergbaufolgelandschaft Raum für ökologische Grundlagenforschungsvorhaben.

Exkursionsraum und –route

Die Exkursion führt in den Tagebau Welzow-Süd, einen der noch aktiven Bergwerke in der Niederlausitz. Der Tagebau wurde in den 1970er Jahren aufgeschlossen. Die Freilegung der Braunkohle (2. Lausitzer Flöz) erfolgt mit der Förderbrückentechnik, die die Umlagerung von bis zu 60 m mächtigen Abraummassen in einem Schritt ermöglicht. Im bereits ausgekohnten Bereich des Tagebaus werden

verschiedene Landnutzungsmöglichkeiten und Renaturierungsversuche mit Beteiligung der BTU Cottbus durchgeführt. Neben dem Anbau von schnell wachsenden Baumarten zur Biomasseproduktion wurde hier mit dem 6 ha großen künstlichen Wassereinzugsgebiet „Hühnerwasser“ eine weltweit einmalige Fläche geschaffen, die für ökosystemare Forschungsansätze genutzt wird (Abb. 1).

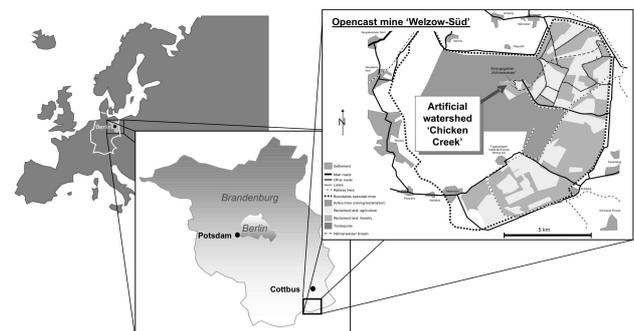


Abb. 1: Lage des Einzugsbiets im Tagebau Welzow-Süd

Wassereinzugsgebiet „Hühnerwasser“

Der Sonderforschungsbereich/Transregio 38 (SFB/TRR 38) von BTU Cottbus, TU München und ETH Zürich nutzt im Tagebau Welzow-Süd ein künstliches Wassereinzugsgebiet als Modellsystem für initiale Ökosysteme. Mittels eines breit angelegten interdisziplinären Forschungsprogramms werden hier Strukturen und Prozesse der initialen Ökosystemgenese erfasst und analysiert (SCHAAF et al. 2010b).

Das dazu genutzte Gelände wurde in gemeinsamer Vorbereitung von Vattenfall Europe Mining AG und BTU Cottbus 2004 geplant und bis Mitte 2005 realisiert. Dieses Wassereinzugsgebiet „Hühnerwasser“ ist als Quellgebiet für ein in der Bergbaufolgelandschaft zu rekonstruierendes Fließgewässer („Hühnerwasser“) konzipiert und nimmt eine Fläche von rund 6 ha ein (GERWIN et al., 2009). Es befindet sich an der Südost-Abdachung einer künstlich geschaffenen Erhebung mit einer Höhendifferenz über der umgebenden Bergbaufolgelandschaft von ca. 10 m. Das durchschnittliche Gefälle beträgt 2 %. Erbaut wurde das Gelände mit Hilfe der Tagebau-Großtechnik. Auf der Förderbrückenkippe wurde mit Absetzertechnik eine Basisschüttung aufgebracht, die im Bereich des Einzugsgebietes mit einer 1 bis 2 m mächtigen Tonschüttung als Vertikalsperre für Sickerwasser überdeckt wurde. Oberhalb der Tonschicht wurde eine durchschnittlich 2-3 m mächtige Deckschüttung aus vornehmlich sandigen Substraten aufgebracht. Die Fläche wurde nach der Schüttung planiert und oberflächlich geglättet (Abb. 2). Neben einem terrestrischen Teilbereich befindet sich an der tiefsten Stelle des Areals eine Senke, die die Entwicklung eines Standgewässers zulässt. Weiterhin ermöglicht die Geländebeschaffenheit die Entstehung von periodischen und episodischen, später ggf. auch permanenten (Klein-) Fließgewässern.

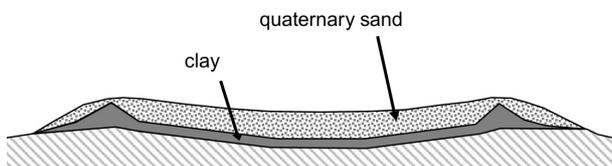


Abb. 2: Schematischer Querschnitt durch das Einzugsgebiet

Insgesamt wurde bei der Planung des Geländes größter Wert darauf gelegt, dass bergbau-spezifische Eigenschaften in dem Gebiet nicht zum Tragen kommen. So wurde darauf geachtet, dass das für zahlreiche Bergbaustandorte gerade in der Lausitz charakteristische Phänomen der starken Boden- und Wasserversauerung aufgrund der Verwitterung

von Pyrit und Markasit aus tertiären Sedimentschichten in dem Untersuchungsgelände nicht auftreten wird. Die Planung für das künstliche Wassereinzugsgebiet schloss dementsprechend die Verkippung tertiärer, kohle- und pyrit-haltiger Substrate aus. Das Substrat der Deckschüttung stammt aus saalezeitlichen Ablagerungen des Pleistozäns im Bereich des Lausitzer Höhenrückens.

Weiterhin wurden auf dem Untersuchungsgelände abgesehen von Planierungsarbeiten keinerlei Meliorationsmaßnahmen (wie z.B. Kalkung, Düngung) oder Ansaaten bzw. Bepflanzungen durchgeführt, so dass eine für die Region standorttypische un gelenkte Sukzession ablaufen kann (Abb. 3)

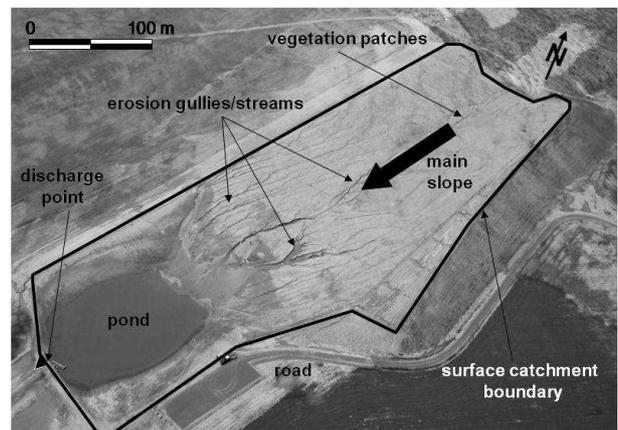


Abb. 3: Luftbild und Hauptmerkmale des Einzugsgebietes Hühnerwasser im Mai 2007

Nach Abschluss der Bauarbeiten („Punkt Null der Entwicklung“) im Herbst 2005 wurden erste Beobachtungseinrichtungen auf der Fläche installiert, um zum einen den Ausgangszustand der Ökosystementwicklung sowie andererseits die bereits unmittelbar nach dem Nullpunkt der Genese beginnende Strukturentwicklung zu dokumentieren. Im Rahmen des SFB/TRR 38 hat seitdem ein umfangreiches Monitoringprogramm die sehr dynamische und rasche Entwicklung der Fläche dokumentiert (SCHAAF et al., 2010a). Zu dem Monitoringprogramm gehören hydrologische, bodenkundliche, botanische, bodenzoologische, limnologische und meteorologische Untersuchungen (Abb. 4). Regelmäßig werden zudem Befliegungen mit einer

Mikrodrohne durchgeführt, um Luftbilder der Oberflächenstrukturen zu erzeugen (Abb. 5).

Zu Kennzeichnung der Ausgangsbedingungen wurden bereits 2005 an rund 130 Rasterpunkten in unterschiedlichen Tiefenbereichen (0-30, 30-100 cm) Proben des Substrats entnommen. Der tiefere Untergrund wurde zusätzlich an ausgewählten Rasterpunkten in den beiden Tiefenstufen 100-200 und 200-300 cm beprobt. Untersuchungen des überwiegend sandigen Substrats ergaben, dass es der Fragestellung des Vorhabens entsprechend einen weitgehend initialen Zustand zu Beginn der Bodenbildung repräsentiert (Tab. 1). Die pH-Werte liegen im neutralen bis schwach alkalischen Bereich und es konnte in allen Proben Carbonat aus den eiszeitlichen Geschiebesubstraten nachgewiesen werden. Der Tonmineralbestand setzt sich überwiegend aus Illit zusammen, was die noch wenig fortgeschrittene Bodenbildung bestätigt.

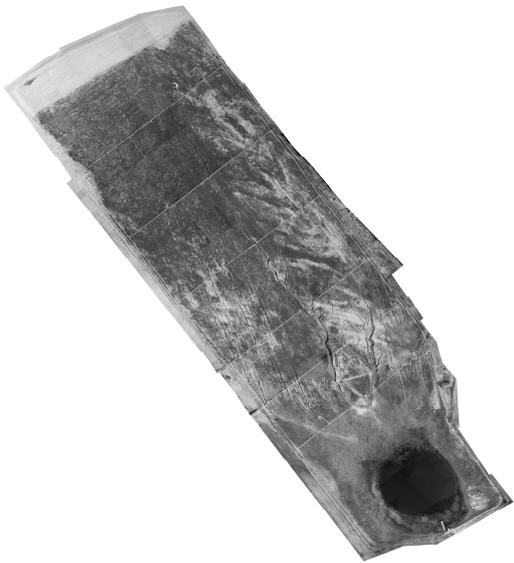


Abb. 5: Luftbildmosaik aus der Mikrodrohnen-Befliegung im Juli 2010

Energielandschaft Welzow

Bei den Rekultivierungsflächen des Lausitzer Braunkohlebergbaus handelt es sich größtenteils um marginale Standorte, die ein hohes Flächenpotential für den Anbau biogener Festbrennstoffe darstellen. Am Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung der BTU Cottbus wird der Anbau von schnellwachsenden Gehölzen zur Bioenergie-

produktion in der Bergbaufolgelandschaft des Lausitzer Braunkohlereviere seit nunmehr 15 Jahren untersucht. Bei den schwerpunktmäßig untersuchten Landnutzungssystemen handelt es sich einerseits um reine Kurzumtriebsplantagen (Energiewälder), andererseits werden auch Agroforstsysteme untersucht. Hierbei werden schnellwachsende Gehölze in Form von Gehölzstreifen angelegt und die dazwischen befindlichen Ackerstreifen mit Ackerkulturen bestellt. Diese Form der streifenweisen Agroforstwirtschaft wird auch als Alley-Cropping-System bezeichnet.



Abb. 6: Alley-Cropping-Fläche im Rekultivierungsbereich des Tagebaus Welzow-Süd

Die Energiewald- und Alley-Cropping-Flächen im Tagebau Welzow-Süd umfassen zusammen eine Fläche von über 50 ha und sind Bestandteil der sogenannten Energielandschaft Welzow. Das Gebiet gehört mit einer mittleren Jahresniederschlagssumme von 570 mm zu den trockensten Gebieten Deutschlands. Der grundwasserferne und bezüglich der Substratzusammensetzung sehr heterogene Standort befindet sich im Initialstadium der Bodenentwicklung und ist durch ziemlich arme bis mittlere, quartäre Kipp-Lehmsande und -tone sowie arme, tertiäre, kohleführende Kipp-Reinsande gekennzeichnet.

Die Flächen werden in Eigenverantwortung von regionalen Landwirtschafts- oder Forstunternehmen und in Zusammenarbeit mit der Vattenfall Europe Mining AG bewirtschaftet.

Tabelle 1: Bodenkundliche Parameter der initialen Böden im Einzugsgebiet Hühnerwasser (Mittelwerte (m) und Standardabweichung (s) der Proben aus der Rasterkartierung; Probenzahl in 0-30 cm: 124, 30-100 cm: 120, 100-150 cm: 29, 150-200 cm: 28, >200 cm: 18)

Tiefe	pH (H ₂ O)	EC [µS/cm]	Skelett [%]	Sand [%]	Schluff [%]	Ton [%]	C _T [mg/g]	C _{org.} [mg/g]	N _T [mg/g]	S _T [mg/g]	CaCO ₃ [%]
0 – 30 cm											
m	8.05	207.4	14.5	84.8	9.1	6.1	2.7	1.6	0.1	0.2	0.87
s	0.43	293.6	6.6	5.4	3.4	2.1	1.5	1.0	<0.01	0.1	0.66
30 -100 cm											
m	8.02	187.8	10.7	82.4	10.3	7.3	3.3	2.2	0.1	0.2	0.94
s	0.46	131.8	5.8	5.7	3.5	2.5	1.7	1.2	<0.01	0.2	0.85
100 – 150 cm											
m	7.82	238.9	7.8	82.2	9.9	7.9	3.4	2.1	0.1	0.2	1.09
s	0.49	99.4	3.4	5.4	2.7	2.5	2.2	1.6	<0.01	0.2	0.85
150 – 200 cm											
m	7.73	231.8	12.4	82.9	9.6	7.5	3.0	2.0	0.1	0.2	0.89
s	0.66	111.0	3.2	4.8	2.5	2.2	1.6	1.2	<0.01	0.2	0.63
>200 cm											
m	7.8	257.2	9.3	83.8	8.9	7.3	3.1	1.9	0.1	0.2	1.0
s	0.45	111.0	4.3	4.4	2.0	1.9	1.2	0.9	<0.01	0.1	0.6
Gesamt											
m	7.87	247.9	12.2	83.4	9.7	6.9	3.1	1.9	0.1	0.2	0.93
s	0.72	12.1	6.0	5.6	3.3	2.4	1.6	1.2	<0.01	0.2	0.67

Im Energiewald wurde bislang ausschließlich die, wie sich in Vorversuchen zeigte (GRÜNEWALD et al., 2009), auf derartigen Standorten ertragreichste Baumart Robinie (*Robinia pseudoacacia L.*) angebaut.

Die Alley-Cropping-Flächen umfassen Varianten mit 12 m und 24 m breiten Ackerstreifen und ca. 11 m breiten, sowohl in Nord-Süd- als auch in Ost-West-Richtung verlaufenden Gehölzstreifen. Diese bestehen aus je 4 Doppelreihen Robinie. Um deren Windschutzfunktion kontinuierlich aufrechtzuerhalten, sollen jeweils immer nur 2 Reihen beerntet werden. Die Umtriebszeit wurde sowohl beim Energiewald als auch auf den Alley-Cropping-Flächen auf 3 bis 6 Jahre festgelegt. Teile des Energiewaldes wurden

bereits einmal beerntet. Andere Bereiche sowie Teile der im Alley-Cropping-System befindlichen Gehölzstreifen sollen im Winter 2010/2011 zum ersten Mal beerntet werden. Auf den Ackerstreifen des Alley-Cropping-Systems wurde 2007 ein Luzerne-Gras-Gemisch ausgebracht, das regelmäßig gemulcht wurde und zur Bodenverbesserung zunächst 3 Jahre auf der Fläche verblieb. Leguminosenhaltige Pflanzengemeinschaften werden neben Winterroggen und Winterzwischenfrüchten mittelfristig auch weiterhin ein wichtiger Bestandteil der geplanten Fruchtfolge sein. Auf den Flächen fanden und finden zahlreiche Forschungsarbeiten statt. Die grundlegenden Untersuchungen umfassen die Charakterisierung der standörtlichen Verhältnisse, Untersuchungen zu Pflanzenernährung

und Düngung sowie zum Wachstum und der Ertragsbildung. Generell sind auf den marginalen Rekultivierungsstandorten nur geringe Erträge zu erzielen. Nach der ersten Rotation können bei Robinie im Durchschnitt 3 tatro ha⁻¹ a⁻¹ erwartet werden (BÖHM et al., 2009). Aufgrund des verstärkten Zuwachses nach der ersten Beerntung sind mittelfristig 6 tatro ha⁻¹ a⁻¹ zu erwarten. Die Abbildung 7 zeigt den Wachstumsverlauf vierjähriger Robinien im Untersuchungsgebiet.

Auf den Alley-Cropping-Flächen werden im Rahmen des Forschungsprojektes Agro-Forst-Energie mittels umfangreicher meteorologischer, boden- und vegetationskundlicher sowie bewirtschaftungs- und ertragsbezogener Datenerhebungen die Interaktionen zwischen Gehölz- und Ackerstreifen sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht charakterisiert, quantifiziert und bewertet (FREESE et al., 2010). Dieses Projekt eignet sich in besonderem Maße zur Untersuchung der Bedeutung agroforstlicher Konzepte für die Wiederherstellung der Einkommensfunktion marginaler Standorte. Eine zentrale Fragestellung auf diesem trockenheitsexponierten Standort ist, ob der zeitgleiche Anbau von Gehölzen und Ackerkulturen auf einer Fläche infolge einer optimierten Wassernutzung zu einer höheren Wertschöpfung führt.

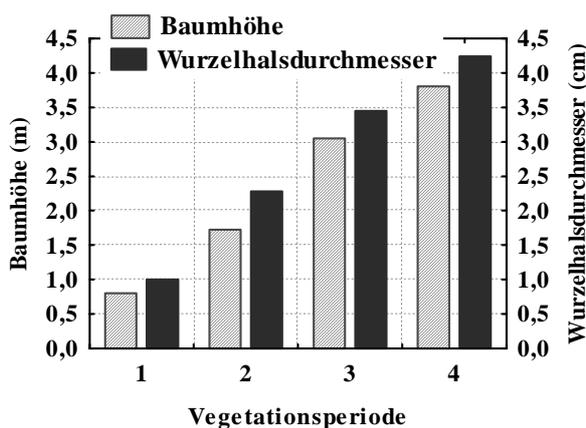


Abb. 7: Entwicklung des Wurzelhalsdurchmessers sowie der Baumhöhe bei vierjährigen Robinien einer Kurzumtriebsplantage im Rekultivierungsbereich des Tagebaus Welzow-Süd

Weitere Informationen zu den an der BTU Cottbus laufenden Projekten zum Agrarholzanbau sind auf folgender Internetseite einsehbar: <http://www.tu-cottbus.de/multiland/de/>.

Landwirtschaftliche Rekultivierung

Im Rahmen der Exkursion in den Tagebau Welzow-Süd werden anhand einer Posterpräsentation Ergebnisse aus einem landwirtschaftlichen Rekultivierungsversuch in einem anderen Tagebau (Jänschwalde) vorgestellt.

Der ebenfalls aktive Tagebau Jänschwalde (51°47' N; 14°35' E) liegt etwa 20 km entfernt vom Tagebau Welzow-Süd. Der Betrieb erfolgt grundsätzlich ähnlich wie in Welzow-Süd: das die Braunkohle überlagernde Deckgebirge von einer Mächtigkeit von etwa 50 m wird abgetragen und auf die zu rekultivierende Seite transportiert. Dort wird das Substrat aufgeschüttet und eingeebnet. Hierfür werden relativ schwere Raupen benutzt (KOMATSU D65PX-15, Gesamtgewicht 20.77 t, Kontaktflächendruck 32.85 kPa; KOMATSU D65EX-15, Gesamtgewicht 19.72 t, Kontaktflächendruck 58.84 kPa; Caterpillar D8RIL, Gesamtgewicht 36.5 t, Kontaktflächendruck 97.09 kPa), die die Dammartigen Strukturen nivellieren. Die Fläche wurde im Winter 2006/2007 hergestellt, was auf relativ hohe Substratwassergehalte deutet (Werte liegen nicht vor).

Nachdem die Fläche aufgeschüttet und eingeebnet und bevor auf den insgesamt 6 ha 24 Teilflächen eingerichtet wurden, auf denen unterschiedliche Fruchtfolgen, unterschiedliche Bodenhilfsstoffe und eine Tiefenlockerungsmaßnahme hinsichtlich ihrer Wirkung auf die strukturelle Bodenentwicklung getestet werden sollen, wurde eine Status-quo-Beprobung durchgeführt, die folgende Ergebnisse erbrachte: Der Gehalt an CaCO₃ im Substrat ist relativ hoch und liegt im Mittel bei 2,3 % bei einem mittleren pH-Wert (0,01n CaCl₂) von 8,4. Die Körnung des Substrates liegt

überwiegend im sandigen Bereich, die Sandgehalte schwanken auf der Fläche zwischen 70 % und 90 %. Die Lagerungsdichte schwankt zwischen 1,35 g/cm³ und 1,9 g/cm³. Die Vorbelastung schwankt relativ weit zwischen 30 kPa und 70 kPa und ist nicht mit der Lagerungsdichte korreliert. Die Vorbelastung übersteigt den in der entsprechenden Tiefe bei 35 Gew.-% Wassergehalt herrschenden Überlagerungsdruck um das 2- bis 10-fache. Die Luftleitfähigkeit (bei -60 hPa Matrixpotential) ist insgesamt sehr gering, die gesättigte Wasserleitfähigkeit ist sehr heterogen und schwankt über 5 Zehnerpotenzen. In der Posterpräsentation werden die Ergebnisse der Status-quo-Beprobung vorgestellt sowie die Entwicklung einzelner Parameter im Zeitverlauf nach Flächenherstellung.

Literatur

- Böhm, C., Quinkenstein, A., Freese, D., Hüttl, R. F. (2009): Wachstumsverlauf von vierjährigen Robinien in einer Kurzumtriebsplantage auf Niederlausitzer Rekultivierungsflächen. *AFZ – Der Wald* 10, 532-533.
- Freese, D., Böhm, C., Quinkenstein, A., Schneider, B. U., Hüttl, R. F. (2010): Feld und Wald auf einem Schlag (Agroforst – flächenschonende Alternative für die Energieholzproduktion). *Neue Landwirtschaft* 9/2010, 76-78.
- Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Fischer, A., Winter, S., Hüttl, R. F. (2009): The artificial catchment „Chicken Creek“ (Lusatia, Germany) – A landscape laboratory for interdisciplinary studies of initial ecosystem development. *Ecol. Eng.* 35, 1786-1796.
- Gerwin, W., Schaaf, W., Biemelt, D., Winter, S., Fischer, A., Veste, M., Hüttl, R.F., 2010: Overview and first results of ecological monitoring at the artificial watershed Chicken Creek (Germany). *J. Phys. Chem. Earth* (doi: 10.1016/j.pce.2010.11.003).
- Grünwald, H., Böhm, C., Quinkenstein, A., Grundmann, P., Eberts, J., v. Wühlisch, G. (2009): *Robinia pseudoacacia* L.: A lesser known tree species for biomass production. *BioEnergy Research* 2, 123-133.
- Krümmelbein, J., Horn, R., Bens, O., Raab, T., Hüttl, R.F. (2010): Soil Physical Parameters of A Recently Established Agricultural Recultivation Site after Brown Coal Mining in Eastern Germany. *Soil&Tillage Research* 111, 19-25.
- Schaaf, W., Biemelt, D., Hüttl, R.F. (Hrsg., 2010a): Initial development of the artificial catchment “Chicken Creek” – monitoring program and survey 2005-2008. *Ecosystem Development*, 2, Cottbus.
- Schaaf, W., Bens, O., Fischer, A., Gerke, H. H., Gerwin, W., Grünwald, U., Holländer, H. M., Kögel-Knabner, I., Mutz, M., Schloter, M., Schulin, R., Veste, M., Winter, S., Hüttl, R. F. (2010b): Patterns and processes of initial terrestrial ecosystem development. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* (doi 10.1002/jpln.201000158))

Die Binnensalzstellen Brandenburgs im Spannungsfeld zwischen Moorschutz und Prioritärem Lebensraum

A. BAURIEGEL⁽¹⁾, M. FACKLAM⁽²⁾, H. RÖßLING⁽³⁾, J. HERING⁽⁴⁾

- (1) Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Inselstraße 26, 03048.Cottbus
Tel.: +49 (0)355/865-2012
Mail: albrecht.bauriegel@lbgr.brandenburg.de
- (2) TU-Berlin, Fakultät VI, Institut für Ökologie , Fachgebiet Standortkunde und Bodenschutz
Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin
Tel.: +49 (0)30/314-73537
Mail: michael.facklam@tu-berlin.de
- (3) Naturschutzfond Brandenburg
Zeppelinstraße 136, 14471 Potsdam
Tel.: +49 (0)331/971-64 862
Mail: holger.roessling@naturschutzfonds.de
- (4) Ministerium des Innern
Henning-von-Tresckow-Str. 9-13,14467 Potsdam
Tel: +49(0)331/866 2106
Mail: joris.hering@mi.brandenburg.de

Einleitung

Im Land Brandenburg sind über 100 Binnensalzstellen historisch dokumentiert. Sie verdanken ihre Entstehung einer geogen induzierten Grundwasserversalzung. Im Rahmen des EU LIFE-Natur Projektes „Schutz und Entwicklung der Binnensalzstellen Brandenburgs“ wurden 18 Gebiete über den Zeitraum 2006 bis 2010 bodenkundlich detailliert untersucht. Die Arbeiten hatten zum Ziel, die pedogenen Eigenschaften sowie die Dynamik der Binnensalzstellen zu erfassen und zu bewerten. Die Ergebnisse waren eine Voraussetzung für die Konzeption von effektiven Managementstrategien zum Schutz dieses prioritären Lebensraumes.

Ziel der Exkursion

Im Fokus der Exkursion steht neben der Diskussion der Pedogenese und der saisonalen Variabilität der Binnensalzstandorte auch die Frage, inwieweit sich Nutzungs- und Bewirtschaftungsstrategien auf diesem Lebensraumtyp mit den Erfordernissen des Moorschutzes verbinden lassen. Dieses Span-

nungsfeld soll an drei Exkursionspunkten diskutiert werden. Die Standorte repräsentieren sowohl die Versalzungsintensitäten als auch die verschiedenen Managementstrategien der Binnensalzstellen insgesamt. Ergänzend und durch den Exkursionsraum bedingt sollen Ergebnisse zur Pedogenese der roten Böden (Fuchserden) am Beispiel des Profils Teufelssee in den Rauenschen Bergen vorgestellt werden.

Exkursionsraum und -route

Der Exkursionsraum umfasst charakteristische Landschaftseinheiten Mittelbrandenburgs. Die Route führt über den Teltow, als Teil der glazigenen Hochflächen der Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen, weiter durch das Berliner Urstromtal bis hin zu dem präweichselzeitlich angelegten Stauchungskomplex der Rauenschen Berge. Die vorzustellenden Binnensalzstellen selbst liegen innerhalb der holozänen Niederungen des Dahme-Heideseen-Gebietes bei Storkow (G2/1, G2/2), der Notteniederung bei Zossen (G2/4) sowie der Nuthe-Nieplitz-Niederung bei Gröben (G2/5, G2/6). Der Exkursionspunkt

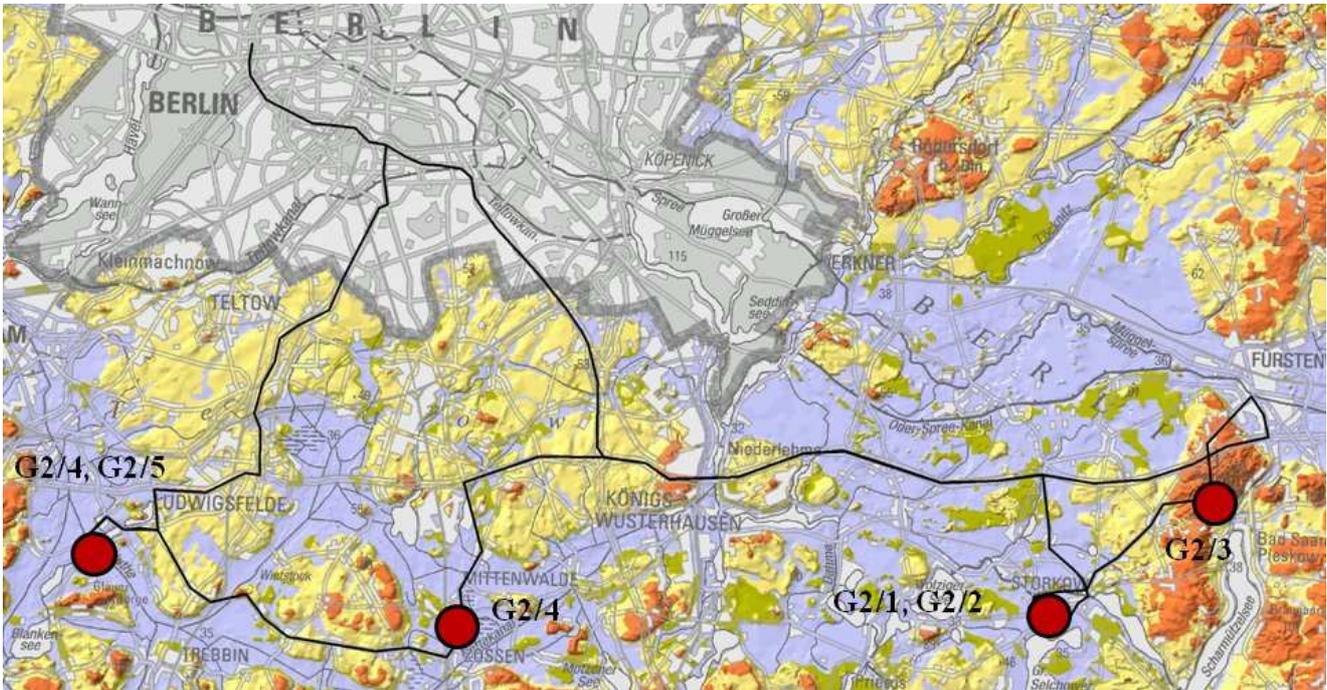


Abb. 1: Exkursionsroute

G2/3 befindet sich in der Hochfläche der Rauenschen Berge unweit der Domstadt Fürstenwalde (Spree).

Klima und Vegetation

Die klimatischen Verhältnisse sind subkontinental geprägt (Ostdeutsches Binnenklima). Die Jahresmitteltemperatur (Potsdam) liegt bei 8,7 Grad °C, das Temperaturmittel der Vegetationsperiode (Mai-September) befindet sich bei 15,7 Grad °C. Die Jahresniederschläge schwanken zwischen 519 mm (Storkow), 527 mm (Gröben, Zossen.) und 531 mm (Fürstenwalde), in der Vegetationsperiode fallen etwas über 50% der Niederschläge, der Juli ist der niederschlagsreichste Monat (TÖLLE 2000).

Als potentielle natürliche Vegetation wird auf den Hochflächen ein Kiefern-Traubeneichenwald für die sandigen bis lehmunterlagerten Gebiete und ein Winterlinden-Traubeneichen-Hainbuchenwald für die Moränenstandorte angenommen (KRAUSCH 2000). In Gunstpositionen sind aber auch naturnahe Buchenwälder (Rauen) anzutreffen. Auf den nährstoffärmeren Hochflächen- und trockenen Talsandstandorten dominieren die zwergstrauchreichen Blaubeer-Kiefernwälder. Die aktuelle Vegetation der Waldstandorte

setzt sich aus Buchen-Kiefern-Beständen im Revier Rauen und Kiefern-Eichen-Beständen zusammen. Auf den grundwasserbeeinflussten Standorten sind Stieleichen-Hainbuchenwälder und Stiel-eichen-Birkenwälder in Resten erhalten.

Geologie

Die Binnensalzstellen verdanken ihre Existenz einem Aufstieg von mineralisierten Tiefenwässern und stehen im Zusammenhang mit Fehlstellen im unteroligozänen Rupelton. Der durchschnittlich 80-100m mächtige Rupelton, dichtet die Süßwasserstockwerke gegenüber den tieferliegenden Salzwässern ab. Halo-kinetische Bewegungen sowie erosive quartäre Ausräumungszonen bewirkten Fehlstellen innerhalb der Sperrschicht des Rupeltons, durch die bei entsprechenden Druckunterschieden ein Salzwasseraufstieg in die jüngeren Grundwasserleiter erfolgt (HERMSDORF 2010). Dabei werden die vorhandenen Druckdifferenzen abgebaut und das Salzwasser wird im normalen Grundwasserstrom mitgeführt. Da das salzhaltige Grundwasser überwiegend an der Basis des Süßwasserkomplexes laminar transportiert wird, besteht meist eine räumliche Distanz zwischen Entstehungs- und Auftrittsort (HANNEMANN

& SCHIRRMEISTER 1998; SCHIRRMEISTER 2002).

Die vorzustellenden Binnensalzstellen sind, wie auch die historisch dokumentierten Standorte insgesamt, ausschließlich innerhalb der vermoorten holozänen Niederungs- bzw. Senkengebiete Brandenburgs anzutreffen (BAU-RIEGEL ET AL. 2010).

Die Rauenschen Berge bilden mit den Pfaffendorfer Höhen einen zusammenhängenden Stauchungskomplex, der prä-weichsel-zeitlichen Ursprungs ist und durch die Scharmützelsee-Rinne in N-S-Richtung zerschnitten wurde. Aufmerksamkeit haben die Rauenschen Berge vor allem wegen ihrer großen Findlinge, den Markgrafensteinen, erlangt. Der große Markgrafenstein mit einem ursprünglichen Umfang von 29,5m (KEILHACK 1921) wurde 1827 in drei Platten aufgespalten. Aus dem mittleren Teil wurde die große Schale aus porphyritischem Granit angefertigt, die heute im Lustgarten vor dem Alten Museum in Berlin aufgestellt ist. Die Rauenschen Berge besitzen einen komplizierten geologischen Aufbau, der zu großen Teilen von einer mehrfach glazigen zerbrochenen Tertiärscholle geprägt wird (LIPPSTREU & ZIERMANN 1969). Die in den miozänen Schichten lagernden, stark

glazigen gestörten Braunkohlenflöze (Briesker Schichten) wurden ab 1842 bis in die zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts im Tiefbau abgebaut (z. B. Grube Gnadenreich).

Allgemeine Bodenverbreitung

Der engere Exkursionsraum wird mit Ausnahme des Exkursionspunktes in den Rauenschen Bergen (G2/3) von den grundwasserbestimmten Niederungsstandorten der Urstromtäler dominiert. Auf den Talsanden des Berliner Urstromtals und des Dahme-Heideseen-Gebietes haben sich, sofern sie unter landwirtschaftlicher Nutzung stehen, überwiegend Gleye und Gley-Braunerden entwickelt. Die Grundwasserstände sind nutzungsbedingt meist abgesenkt, so dass die Vergleyung oft einen reliktschen Charakter besitzt. Die Talsandareale mit einem tieferliegenden Grundwasseranschluss stehen überwiegend unter forstlicher Nutzung, meist mit einer Kiefernbestockung. In diesen Arealen, die sehr oft mit Flugsanddecken und Dünen vergesellschaftet sind, haben sich tiefgründig vergleyte Braunerde-Podsol-Gesellschaften entwickelt. In den holozänen Flugsanden überschreitet die Podsolierung makromorphologisch oft nicht das Stadium

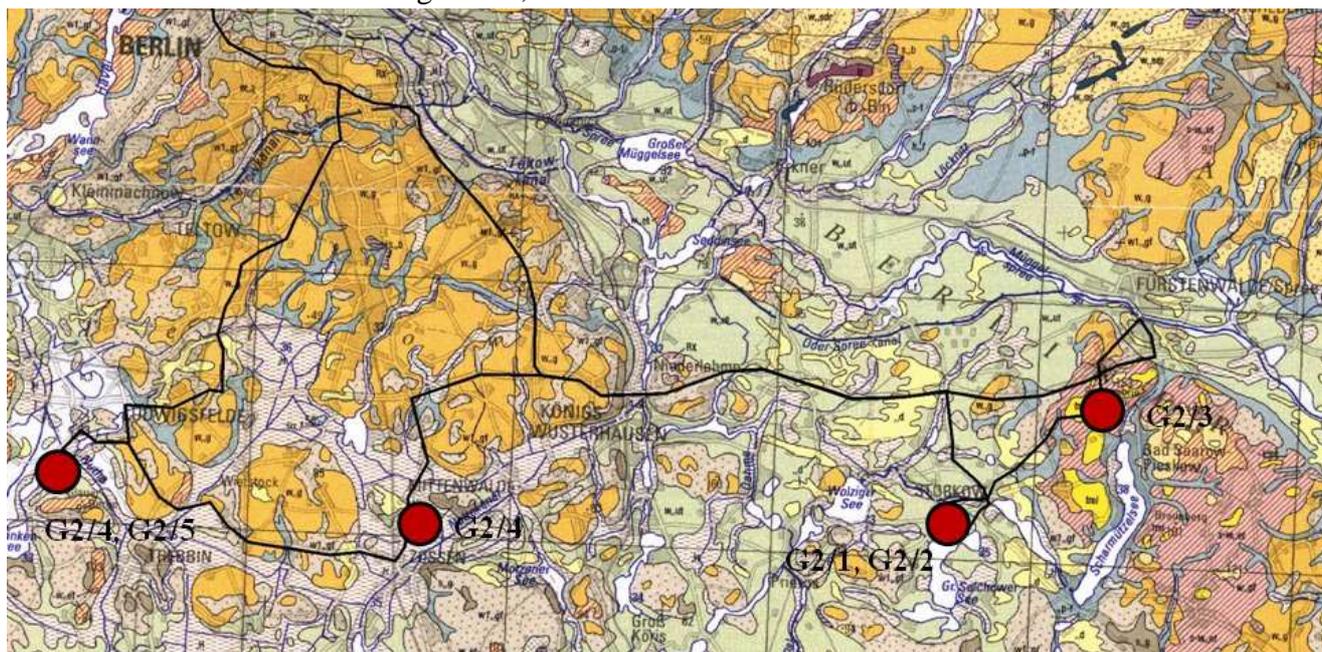


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 (Lippstreu et al., 1997)

eines podsoligen Regosols. Die Exkursionspunkte der Binnensalzstellen selbst befinden sich innerhalb der holozän vermoorten Niederungen. Diese Niedermoor-standorte unterliegen in Folge ihrer intensiven landwirtschaftlichen (Vor-) Nutzung und damit zusammenhängenden Meliorationsmaßnahmen starken Degradationserscheinungen. Die Torfkörper sind oft von mächtigen Mudden unterlagert, die auf Grund des Torfabbaus vielerorts bereits bis in den effektiven Wurzelraum reichen. Die dadurch bedingt veränderten bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften der Standorte sollen auch auf der Exkursion diskutiert werden.

Deutlich heterogener ist das Substrat- und Bodenformenspektrum in dem Stauchungskomplex der Rauenschen Berge. Das Substrat-Inventar reicht von tertiären, kohleführenden Sanden über Geschiebelehmen bis hin zu Schmelzwassersanden und deluvialen Sanden. Die dominierenden Bodenformen sind Braunerden, Podsol-Braunerden aus Sand sowie Fahlerde-Braunerden aus Sand über Lehm. Der Exkursionspunkt der „Fuchserde“ bildet innerhalb dieses Bodenformenspektrums eine Ausnahme.

Exkursionspunkte

G2/1 Storkow und G2/2 Philadelphia

Die Exkursionspunkte befinden sich in direkter Nachbarschaft. Bei den Niedermoorstandorten handelt es sich um extensiv genutzte (G2/2, Luchwiesen Philadelphia), in Teilbereichen aber auch intensiv genutzte (G1/1, Marstallwiesen Storkow) Grünlandstandorte. Das Ausmaß der Torfdegradation ist innerhalb dieser Bereiche erheblich. Auf den Luchwiesen unterschreiten die Moormächtigkeiten die systematische Grenze für Niedermoore (AK BO-DENSYSTEMATIK 1998). Auf den Marstallwiesen ist mit der Sanddeckkultur ein anthropogenes Zeugnis dokumentiert.

Der Substrataufbau des Exkursionspunktes G2/1 setzt sich aus sehr schwach zersetzten Torfen im Liegenden sowie einer anthropogenen Sandauflage (Sanddeckkultur) im

Hangenden zusammen. Im Profilaufbau dokumentiert sich damit, dass es sich vormals um einen sehr nassen Standort mit einem längeren jahreszeitlichen Wasserüberstau gehandelt haben muss. Auf den Luchwiesen bei Philadelphia (G2/2) sind hingegen die mächtigen feinporenen Kalkmudden bzw. Seekreiden standortprägend, welche Carbonat-Gehalte von über 90% aufweisen. Die bodenhydrologischen Eigenschaften dieser Substrate unterscheiden sich stark von denen der benachbarten Marstallwiesen.

Das Ausmaß der Versalzungs- bzw. Aussüßungsdynamik ist an den Standorten unterschiedlich stark ausgeprägt und unterliegt starken saisonalen Schwankungen (Abb. 3). Die Luchwiesen in Philadelphia zählen mit sehr hohen Leitfähigkeiten (im Bodensättigungsextrakt) zu den am stärksten ausgeprägten Binnensalzstellen in Brandenburg.

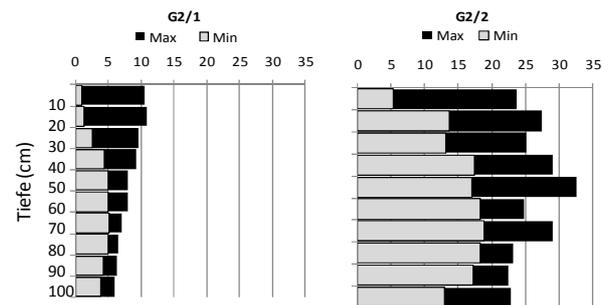


Abb. 3: Maximal- und Minimalwerte der elektrischen Leitfähigkeit (ECe) im Bodensättigungsextrakt (mS/cm) in 0-100cm Profiltiefe

Die Marstallwiese Storkow ist in ihrer Ausprägung deutlich sensibler, da die ECe-Werte auch innerhalb der Verdunstungsperiode bei längeren niederschlagsbedingten Feuchteperioden unter die Konkurrenzschwelle von 4 mS/cm (LARCHER 2001, MUNNS & TESTER 2008) fallen. Dies erfordert für beide Binnensalzstellen standortspezifische Managementstrategien.

An beiden Standorten sind neben den Chlorid-Gehalten (G2/1 >1500mg/l, G2/2 >8000mg/l im Sättigungsextrakt) auch die Sulfat-Gehalte relativ hoch (G1/2 >1000mg/l, G2/2 >2000mg/l). Für die Luchwiesen in Philadelphia können sie dem limnischen

Substrat der Seekreide zugeschrieben werden, für die hohe CaSO_4 -Gehalte nicht untypisch sind. Auf den Marstallwiesen ist hingegen ein anthropogener Aspekt nicht auszuschließen.

G2/3 Rauensche Berge

Auf den komplizierten geologischen Bau der Rauenschen Berge wurde bereits im Punkt 5 eingegangen. Die präweichselzeitlichen Stauungsvorgänge stehen aber in keinem direkten Zusammenhang mit der Genese der „Fuchserden“, da sich diese in periglaziär überprägten Schmelzwassersanden gebildet hat. Wie andernorts fallen diese Böden durch ihrem intensiv rot gefärbten Horizont (Munsell-Hue: 2.5YR und röter) auf. Kennzeichnend ist ihr kleinräumiges, aber nicht seltenes Auftreten. Ihr Verbreitungsraum umfasst das gesamte pleistozän geprägte Norddeutsche Tiefland sowie deren angrenzende Gebiete (HERING ET AL. 2004).

Als rotfärbender Bestandteil wird aufgrund der Färbung Hämatit angenommen, welches auch im vorgestellten Profil (G2/3) nachgewiesen werden konnte (KASTLER & JAHN 2010; Abb. 4).

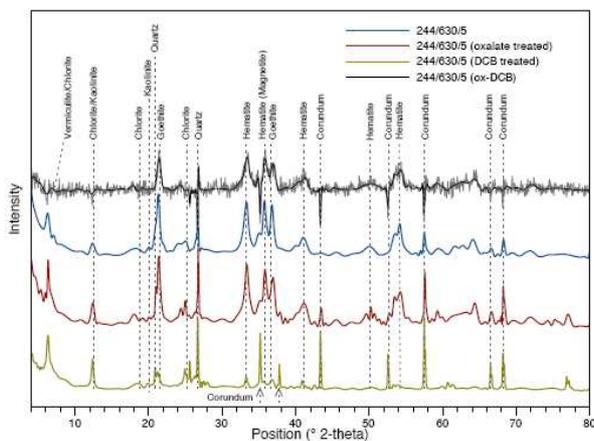


Abb. 4: XRD-Scans der Probe 244/630/5

Da aufgrund der Lage und der Bodenausgangsgesteine eine interstadiale Bodenbildung für diesen, wie auch für andere, Standorte ausgeschlossen werden muss, ist die Frage nach dem genetischen Hintergrund zu diskutieren. Auffällig sind im Weiteren die für die betreffenden Bodenausgangsgesteine untypisch hohen Eisengehalte. Es muss daher von einer allochthonen Eisen-Akkumulation ausgegangen werden, die z. T. durch die

geomorphologische Position erklärt werden kann. Bei den Eisenoxiden dominieren die stärker kristallisierten dithionitlöslichen Oxide (37,6 g/kg) gegenüber den oxalatlöslichen Oxiden (2,3 g/kg).

G2/4 Prierowsee Zossen

Das Gebiet des Prierowsees ist Teil der Nuthe-Notte-Niederung. Im näheren Umfeld der Stadt Zossen sind eine Reihe von Binnensalzstellen historisch dokumentiert. Auch dieses Niederungsgebiet ist vielen Nutzungsänderungen und Eingriffen in den Wasserhaushalt unterworfen gewesen. Als besonders massive Eingriffe sind der Bau des Nottekanals Mitte des 19. Jahrhunderts und die Komplexmelioration in den 1980er Jahren zu nennen. Diese Maßnahmen hatten zur Folge, dass dieses von MÜLLER-STOLL & GÖTZ (1962) noch als „umfangreiches Salzgebiet“ beschriebene Areal, heute nur noch fragmentarisch anzutreffen ist (RÖSSLING ET AL. 2010). Die Auswirkungen des veränderten Wasserhaushaltes zeigen sich auch in dem stark degradierten Zustand der Niedermoorstandorte. Die Torfe sind durch sehr hohe Zersetzungsgrade (H9 nach VON POST) gekennzeichnet. Ein Vergleich von Bohrungsdaten von 1961 und 2009 belegen zudem einen massiven Torfverlust. Typisch für die Niederungsstandorte um Zossen sind die oft weitflächigen Unterlagerungen von z. T. sehr mächtigen Mudden. Am Standort selbst erreicht die Mude bzw. Seekreide eine Mächtigkeit von 4,5m.

Die Intensität der Versalzung ist mit der am Standort Marstallwiesen Storkow vergleichbar. Die gemessenen Leitfähigkeiten unterschreiten oft auch innerhalb der Verdunstungsperiode die angenommene Konkurrenzschwelle von 4 mS/cm (ECe) nach LARCHER (2001) und MUNNS & TESTER (2008).

G2/5 und G/6 Gröben Kietz

Die Binnensalzstelle liegt ca. 15 km südöstlich von Potsdam in der Nuthe-Niederung. Die Alte Nuthe durchfließt das Gebiet von Süd nach

Nord, im Westen begrenzt die kanalartig begradigte Nuthe das Areal.

Die engere Untersuchungsfläche ist durch mächtigere Moore gekennzeichnet, die im oberen Profilteil stark zersetzt sind und zum Teil von Mudden unterlagert werden.

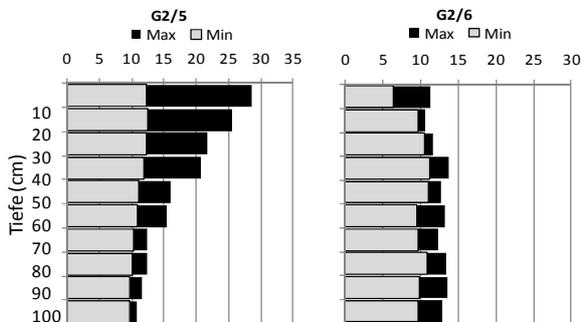


Abb. 5: Maximal- und Minimalwerte der elektrischen Leitfähigkeit (ECe) im Bodenättigungsextrakt (mS/cm) in 0-10dm Profiltiefe

Die Leitfähigkeiten und damit die Salzgehalte in der Bodenlösung am Standort Gröben sind über den Jahresgang hinweg deutlich höher als am Standort Storkow (G2/1), aber vergleichbar mit den Standort Philadelphia (G2/2). Unabhängig vom Witterungsverlauf und der Verdunstungsintensität überschreiten die gemessenen Leitfähigkeiten sowohl die Konkurrenzschwelle von 4mS/cm als auch den Wert von >15mS/cm, die die Standorte G2/2 und G2/5 auch nach der WRB (2006) als Solonchack einstufen. Dieser Befund deckt sich mit dem verstärkten Auftreten von Strand-Dreizack (*Triglochin maritimum*) an diesem Punkt.

Allerdings werden die Leitfähigkeiten auch in einem stärkeren Maße durch Sulfat-Anteile in der Bodenlösung mitbestimmt. Die Sulfat-Konzentrationen liegen z. T. extrem (4g/l) über dem als geogen angenommenen Anteil von bis zu 150mg/l. Sie können in diesem Ausmaß nicht nur den Prozessen der Torfdegradation zugeschrieben werden, da sie auch deutlich über den auf nicht versalzten und landwirtschaftlich genutzten Standorten (SCHWÄRZEL, 1997; BAURIEGEL, 2007) liegen. Ein anthropogener Einfluss ist daher als Ursache anzunehmen.

Literatur

- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands, Kurzfassung. Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., 86: S. 1-134, Oldenburg.
- BAURIEGEL, A.; M. FACKLAM; J. WALTER (2010): Pedogene Eigenschaften und Dynamik der Binnensalzstellen Brandenburgs; Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 19 (1, 2), S. 16-20
- BAURIEGEL, A., FACKLAM, M., HERING, J., RÖSSLING, H., LÜCK, E. (2007): Bodenkundliche Aspekte auf den Binnensalzstellen Brandenburgs. DBG Mitteilungen, Bd. 110, Heft 2, S. 559-560
- HANNEMANN, M. & SCHIRRMEISTER, W. (1998): Paläohydrogeologische Grundlagen der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze und der Salzwasseraustritte in Brandenburg. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 5, 61-72
- HERING, J; BAURIEGEL, A. UND KAYSER, M. (2004): Zur Genese ziegelroter Böden in den quartären Landschaften Brandenburgs, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. (Bd 103), S. 133-134.
- HERMSDORF, A. (2010): Überblick über die Grundwasserversalzung im Land Brandenburg und ihre Spezifikation für die Binnensalzstellen; Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 19 (1, 2), S. 9-16
- IUSS WORKING GROUP WRB (2007): World Reference Base for Soil Resources 2006, 1 Update, World Soil Resources Report No. 103, FAO, Rome. S.128
- KASTLER, M. & JAHN, R. (2010): Charakterisierung des Eisenmineralbestandes brandenburgischer Fuchserden Bericht für das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, unveröff. Bericht
- KEILHACK, K. (1921): Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt Fürstenwalde, Preuß.Geol. Landesanstalt, Berlin
- KRAUSCH, K.D. (2000): Vegetationskundliche Übersicht, In: J.H. Schroeder & F. Brose: Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr.7 Frankfurt (Oder) – Eisenhüttenstadt, Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V., Berlin
- LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen, 6. Auflage, UTB Ulmer-Verlag
- LIPPSTREU, L. & ZIERMANN, H. (1969): Zur glazigenen Dynamik im Stauchmoränenkomplex

der Rauenschen Berge südlich Fürstenwalde,
Geologie, 18 (6), Berlin

MUNNS, R. & TESTER, M. (2008): Mechanisms of
salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biology*

MÜLLER-STOLL, W.R. & GÖTZ, H.G. (1962): Die
märkischen Salzstellen und ihre Salzflora in
Vergangenheit und Gegenwart, *Wiss. Z. Päd.
Hochschule Potsdam, Math. Nat. R. 7*, 243-296

RÖBLING, H.; BAURIEGEL, A.; HAARING, C.;
HERMSDORF, A.; HERMANN, A.; LIST, U.
SONNENBERG, H.; ZAUF, M. (2010):
Regionale Überblicksdarstellungen und Gebiets-
steckbriefe; *Naturschutz und Landschaftspflege in
Brandenburg 19 (1, 2)*, S. 52-114

SCHIRRMEISTER W. (2002): Grundwasserversalzung
In: Stackebrandt, W & Manhenke, V.: Atlas zur
Geologie von Brandenburg, Landesamt für
Geowiss. und Rohstoffe Brandenburg (LBGR),
Kleinmachnow

SCHWÄRZEL, K. (1997): Untersuchungen zum Stoff-
und Wasserhaushalt von Niedermooren, Dip.-
Arbeit, TU-Berlin, unveröff.

TÖLLE, H., (2000): Waldgesellschaften Ostbranden-
burgs – Das Schlaubegebiet, Digitaler Druck und
Verlag GmbH, Bielefeld

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/1 (Marstallwiesen)

Profil-Nr.: 2440673 Bearbeiter: Hering TK25: 3749 (Storkow) Ort: Storkow/Mark
 Lage: 3428287,4 HW: 5788985,0 Kreis: LK Oder-Spree Datum: 14.07.2006
 Nutzung: Wiese Vegetation: Feuchtwiese

Relief: verebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	JAcza of-clS(Si)	5 cm	schwarzer (10YR 2/1), äußerst humoser, anmoonger Oberbodenhorizont, sekundär mit Salzen angereichert. gekkippter Kalklehm sand (SiZ)
2	Go-JAczp of-clS(Si)	35 cm	dunkel gräulich brauner (2,5Y 4/2) mittel humoser Oberbodenhorizont, mit teils oxidativen Hydromorphiemerkmalen, sekundär mit Salz angereichert. gekkippter Kalklehm sand (SiZ)
3	nHczw og-chn(hn)	40 cm	schwarzer (10YR 2/1), Torfhorizont, stark zersetzt unter wechselnden Grundwasserbedingungen, sekundär mit Salzen angereichert. Niedermoortorf (Radzellenortf)
4	nHzi og-Hn(Hn)	80 cm	stark brauner (7,5YR 4/6), Torfhorizont, schwach zersetzt, ständig wassergesättigt und sekundär mit Salzen angereichert. Niedermoortorf (Radzellenortf)

Bodenformensymbol: rvGMz/HNz:oj-clS(Si):og-Hn(Hnr)
Bodenformenbezeichnung: reliktsch beachter versalzter Anmoorgley über versalztem Niedermoor aus gekkippten Kalklehm sand (Flusssand) über Niedermoortorf (Radzellenortf)

WFB: Calcic, Hyposalic, Fibric Histosol (Sodic, Eutric, Drainic, Areninovic)

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen: Sanddeckkultur

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilklasse	Textur (% der huminstreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	0 - 5	-	3,2	28,2	47,3	12,3	2,3	3,6	78,7	18,2	3,0	
2	5 - 35	-	1,7	29,7	52,1	4,8	2,8	83,5	10,5	6,0		
3	35 - 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	40 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	7,7	7,5	16,8	3,6	8,28	7,9	0,69	12	-	-	23
2	8,1	7,6	7,7	4,5	4,02	3,5	0,28	14	1,06	1,05	0,99
3	7,6	7,5	52,7	11,9	29,77	28,3	1,79	17	1,65	1,12	0,68
4	5,5	5,0	87,2	-	44,97	45,0	1,88	24	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Fe ₃ ³⁾ (M-%)	P ₁ ³⁾ (M-%)	K ₁ ³⁾ (M-%)	KAK _{pot} (cmol/kg)	KAK _{eff} (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg) ⁴⁾								BS _{pot} (%)
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
1	0,44	0,077	0,61	33,7	-	-0,91	<0,02	0,201	<0,002	34,5	2,66	0,42	12,2	100
2	0,38	0,024	0,64	18,4	-	-2,30	<0,02	0,103	0,002	22,0	1,34	0,07	4,98	100
3	0,62	0,065	0,30	88,1	-	7,08	<0,02	0,192	0,011	127,5	10,2	0,13	25,0	100
4	0,60	0,018	0,12	5,7	-	4,25	0,07	0,296	0,002	1,79	0,51	0,15	0,06	44

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Nr.	TRD (gcm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	4,2		
1	0,750	67,8	61,8	59,0	50,9	17,0	44,8
2	1,149	53,8	47,2	45,6	40,9	8,7	38,5
3	0,310	82,1	74,8	77,1	72,0	33,1	45,7
4	0,127	91,3	78,7	69,8	56,2	19,4	59,3

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/2 (Philadelphia)

Profil-Nr.: 2420417 Bearbeiter: Bauregel TK25: 3749 (Storkow) Ort: Philadelphia
 Lage: RW: 3425055,9 HW: 5789973,4 Kreis: LK Oder-Spreee Datum: 14.07.2006
 Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese

Relief: Ebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	je-AcZp		sehr dunkel brauner (10YR 2/2), stark humoser, anthropogen geschüttelter Ackerhorizont mit sekundären Anreicherungen von Salz und Carbonaten
2	of-clis(Sf)	20 cm	gekkippter Kalklehm sand (Su2) aus Flusssand schwächer (10YR 2/1), vererdeter und vermullter, carbonatärmer Niederhorizont mit sekundären Anreicherungen von Salzen und Carbonaten
3	nHeZvm og-Hn(Ha)	40 cm	Niedermerckel (amorpher Torf) weiß (10YR 8/1), mittel humoser, oxydierter und reduktiver Grundwasserhorizont mit sekundär angelagerten Salzen, z. T. viele hellrostarbene Eisenverbindungen an Röhren und als tafelnartige Überzüge
4	fcF-Gzor H-Fk(Fkk)	100 cm	Seekreide weiß (10YR 8/1), humoser, reduktiver Grundwasserhorizont mit sekundären Salzanreicherungen
	fcF-Gzor H-Fk(Fkk)	270 cm	Seekreide

Bodenformensymbol: rv.GHz:of-clis(Sf)og-Hn(Ha)H-Fk(Fkk)
 Bodenformenbezeichnung: relictisch beacketer, versalzter Reliktmoorgley aus flachem gekkippten Carbonatlehm sand (Flusssand) über Niedermerckel (amorpher Torf) über Seekreide
 Mollic Glycic Histic, Hypersalic Solonchack (Chloridic, Siltic, Drainic)

WRB:

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der huminstreien Feinfraktion)											
			gS	mS	1S	gU	mU	1U	ΣS	ΣU	ΣT			
1	0 - 20	3	4,5	32,0	39,6	16,9	0,9	3,2	76,2	21,0	3,0			
2	20 - 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	40 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	100 - 270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%) (550°C)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	7,4	7,4	14,4	2,8	6,4	6,0	0,55	9	3,37	2,49	0,74
2	6,8	6,9	70,7	1,5	31,9	31,7	1,89	17	8,98	5,34	0,59
3	8,0	7,8	7,1	92	13,9	2,6	0,21	12	0,10	0,02	0,16
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe ₃ (M-%)	P ₁ ³⁾ (M-%)	K ₁ ³⁾ (M-%)	KAK _{pot} Milch (cmol/kg)	KAK _{eff} Ullrich (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg) ⁴⁾								BS _{pot} (%)
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
1	0,80	0,066	0,69	34,3	-	0,25	<0,004	0,34	0,001	53,6	0,53	<0,01	12,8	100
2	1,33	0,091	0,11	111,2	-	16,9	<0,004	1,15	0,002	163,5	1,80	0,08	27,9	100
3	0,07	0,011	0,02	7,7	-	-5,37	<0,004	0,08	0,003	19,6	0,40	0,01	14,9	100
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann potentiell austauschbare Kationen angegeben

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (gcm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5		
1	0,948	39	40	41	42	43	45
2	0,381	58,8	55,6	54,0	49,1	21,8	55,6
3	0,916	77,5	66,8	62,5	39,3	29,5	66,6
4	-	64,6	56,7	55,4	53,0	13,5	56,7

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/3 (Fürstenwalde)

Profil-Nr.: 2440630 Bearbeiter: Hering TK25: 3650 (Fürstenwalde)
 Lage: RW: 3433983,5 HW: 5795426,5 Kreis: Oder Spree Ort: Fürstenwalde
 Nutzung: Hochwald Vegetation: Fichten, Kiefern Datum: 26.05.2004
 Relief: Hang, konkav

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	-8 - -2 cm	organische Auflage
2	Of	-2 - -1 cm	organische Auflage, leicht zersetzt
3	Oh	-1 - 0 cm	organische Auflage, zersetzt
4	By-Ah pkY-(kk2)ls(Sp)	8 cm	rötlich brauner (5YR4/3) bis dunkel roter (2.5YR4/6) sehr schwach humoser Oberbodenhorizont kryoturbater schwach Kies führender Lehmsand (S12) aus Decksand
5	By1 pkY-(kk2)ls(Sp)	20 cm	dunkelroter (2.5YR4/6) humusreicher Unterbodenhorizont, mit dunkelrostfarbenen weichen Konkretionen und Humusflecken kryoturbater schwach Kies führender Lehmsand (S12) aus Decksand
6	By2 pkY-(k2)ls(Sp)	50 cm	dunkelroter (2.5YR3/6) humusreicher Unterbodenhorizont kryoturbater schwach Kies führender Lehmsand (S12) aus Decksand
7	By+Go pas-(kk2)ss(Sgf)	80 cm	rot (2.5YR5/8) bis gelblich roter (5YR5/8) fossiler Grundwasserhorizont mit hellrostfarbenen diffus verteilten Flecken und dunkelrostfarbenen Bändern deluvialer, schwach Kies führender Reinsand (mS) aus Schmelzwassersand
8	Go pas-ss(Sgf)	150 cm	gelber (10YR7/6), rötlich gelber (7.5YR6/8) bis roter (2.5YR3/6) fossiler Grundwasserhorizont, hellrostfarbene diffus verteilte Flecken und dunkelrostfarbene Bänder deluvialer Reinsand (mSls) aus Schmelzwassersand
9	1Gr pas-ss(Sgf)	220 cm	grauer (2.5Y7/2) fossiler, reduktiver Grundwasserhorizont deluvialer Reinsand Ss(fS) aus Schmelzwassersand

Bodenformensymbol: BBe:p-(k)ls(Sp)/p-s(Sgf)
 Bodenformenbezeichnung: Eisenbraune aus Kies führendem Kryolehmsand (Decksand) über Kryosand (Schmelzwassersand)

WRB: Hyperferralic Brunic Rubic Arenosol (Dystric)

sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	Textur (% der huminstreuen Feinrade)									
			gS	mS	fS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT	
4	0 - 8	fG2, mG1	7,0	58,1	24,2	0,6	0,6	89,3	1,7	8,6		
5	8 - 20	fG2, mG1	6,8	58,2	22,2	0,9	2,9	87,1	4,8	7,9		
6	20 - 50	fG2, mG1	4,0	66,0	29,0	1,0	1,0	89,0	3,0	8,0		
7	50 - 80	fG2, mG1	10,6	65,5	21,4	<0,1	<0,1	91,6	0,1	2,0		
8	80 - 150	-	5,3	67,6	24,8	0,4	0,4	97,7	1,1	1,4		
9	150 - 220	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Lfd.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂) (550°C)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe ₄ (g/kg)	Fe ₀ (g/kg)	Fe ₀ /Fe ₄
2	4,3	3,3	59,4	-	30,6	30,6	1,26	24	-	-	-
3	3,8	2,9	43,8	-	22,9	22,9	0,84	27	-	-	-
4	3,9	3,3	3,5	-	1,70	1,7	0,05	32	24,52	2,96	0,12
5	4,5	4,1	1,8	-	0,54	0,5	0,03	18	37,65	2,26	0,06
6	4,4	4,1	1,4	-	0,30	0,3	0,02	19	33,07	1,25	0,04
7	4,5	4,4	0,3	-	<0,09	<0,1	<0,02	12	4,43	0,59	0,14
8	4,7	4,5	0,2	-	<0,09	<0,1	<0,02	11	1,08	0,10	0,09

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ · 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd.-Nr.	Fe ³⁺ (M-%)	P ³⁺ (M-%)	K ⁺ (M-%)	KAK _{tot} (M-%)	KAK _{erf} (M-%)	austauschbare Kationen (cmol _c /kg)								BS _{pot} (%)
						H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
2	1,24	0,083	0,30	19,9	2,97	2,25	0,31	0,93	11,63	0,88	0,77	0,11	37	
3	1,73	0,061	0,38	17,6	4,64	5,58	0,72	0,12	5,96	0,26	0,28	0,04	-	
4	2,57	0,035	0,51	2,0	0,56	1,08	0,13	0,02	0,12	<0,01	0,03	0,05	-	
5	3,90	0,046	0,50	0,8	0,05	0,63	0,008	0,05	0,05	<0,01	0,02	<0,01	-	
6	3,77	0,037	0,50	0,4	0,08	0,27	0,006	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	-	
7	4,48	0,010	0,48	0,2	0,02	0,12	0,004	0,004	0,03	<0,01	0,01	0,03	-	
8	0,27	0,005	0,50	0,1	-0,02	0,05	0,002	0,003	0,04	<0,01	0,01	0,04	-	

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{tot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	4,2		
4	38	39	40	41	42	43	44
5	1,588	41,9	13,5	11,4	6,6	1,9	11,6
6	1,476	46,2	10,4	7,8	4,8	1,8	8,7
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/4 (Prierowsee)

Profil-Nr.: 2420572 Bearbeiter: Bauinigel TK25: 3745 (Zossen)
 Lage: RW: 3394119 HW: 5787744 Kreis: Teltow-Fläming Ort: Zossen

Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 26.11.2008

Relief: Ebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	nHezvm og-chn(Ha)	10 cm	sehr dunkel brauner (10YR 2/2), Torfhorizont, sehr stark zersetzt, zeitweise wasserführend und mit sekundären Salzanreicherungen <i>Niedermoor (amorpher Torf)</i>
2	nHcza og-chn(Ha)	40 cm	schwarzer (10YR 2/1), Torfhorizont, sehr stark zersetzt, stark entwässert und sekundären Salzen <i>Kalkniedermoor (amorpher Torf)</i>
3	teFzr-Gr1	45 cm	sehr dunkel braun (10YR 2/2) bis sehr dunkel grau brauner (10YR 3/2), sehr stark humoser, begrabener Seegrundhorizont unter reduktiven Bedingungen und angereichert mit sekundärem Salz <i>Kalktorfmoose</i>
4	teFzr-Gr2 H-Fkk(Fkk)	60 cm	sehr dunkel grünlich-brauner (2,5Y 3/2), humoser, begrabener Seegrundhorizont unter reduktiven Bedingungen und angereichert mit sekundärem Salz <i>Seekreide</i>

Bodenformensymbol: KMcz:og-chn(Ha)/H-Fkk(Fkk)
Bodenformenbezeichnung: versalztes Kalkniedermoor aus Kalkniedermoor (amorpher Torf) über Seekreide
WRB: Hyposalic, Hemic, Linnic Histosol (Sodic, Eutric, Drainic)
 sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	Textur (% der huminstreuen Feinfraktion)											
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	0 - 10	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	10 - 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	40 - 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	45 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d /Fe _o
1	7,4	7,2	60,2	17,1	30,9	28,9	2,3	12	-	-	-
2	7,3	7,0	70,1	5,6	36,2	35,6	2,2	16	-	-	-
3	7,3	7,1	57,7	34,2	31,9	27,8	2,1	13	-	-	-
4	7,8	7,5	16,1	81,6	16,7	6,9	0,6	11	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Fe _d ³⁾ (M-%)	P _i ³⁾ (M-%)	K ³⁾ (M-%)	KAK _{Mehlich} ³⁾ (cmol/kg)	KAK _{Ulrich} ³⁾ (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg)						BS _{pot} (%)	
						H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
1	0,82	0,26	0,2	119,7	-	29	30	31	32	33	34	35	37
2	0,36	0,14	0,16	156,0	-	6,13	<0,030	1,638	0,136	127,9	5,15	0,44	7,37
3	0,13	0,21	0,02	65,9	-	15,79	<0,030	0,024	0,020	187,2	6,74	0,12	14,76
4	0,03	0,03	0,02	19,2	-	3,61	<0,030	<0,010	<0,010	70,5	4,4	<0,01	23,12
						0	<0,030	<0,010	0,358	25,1	1,39	0,017	9,0

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,5	4,2		
1	0,212	86,7	55,9	52,8	47,0	19,3	1603
2	0,242	85,9	67,4	64,1	56,9	22,8	611,7
3	0,295	88,4	76,3	71,8	63,6	21,4	76,3

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/5 (Gröben)

Profil-Nr.: 2420570 Bearbeiter: Baunregel TK25: 3744 (Wildenbruch)
 Lage: RW: 3374626,9 HW: 5793315,1 Kreis: Patsdam - Mittelmark Ort: Gröben

Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 26.11.2008

Relief: Ebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	nHvm og-Hm(hmp)	10 cm	dunkel brauner (10YR 3/3), bis sehr dunkel grau-brauner (10YR 3/2) Torfhorizont, zeitweise wasserführend und mit sekundären Salzreicherungen <i>Niedermoor (Schilfforf)</i>
2	nHza og-Hm(hmp)	25 cm	dunkel brauner (10YR 3/3), bis sehr dunkel grau-brauner (10YR 3/2) Torfhorizont, stark entwässert und sekundären Salzen <i>Niedermoor (Schilfforf)</i>
3	IF-zr-Gr1 f-Fhh(Fhh)	40 cm	sehr dunkel braun (10YR 2/2) bis schwarzer (2.5Y 2.5/1), sehr stark humoser, begrabener Seegrundhorizont unter reduktiven Bedingungen und angereichert mit sekundärem Salz <i>Torfmoode</i>
4	IF-zr-Gr2 f-Fms(Fms)	60 cm	sehr dunkel grünlich-brauner (2.5Y 3/2), humoser, begrabener Seegrundhorizont unter reduktiven Bedingungen und angereichert mit sekundärem Salz <i>Sandmoode</i>
5	IF-zr-Gr3 f-Fmu(Fmu)	100 cm	sehr dunkel grünlich-brauner (2.5Y 3/2), humoser, begrabener Seegrundhorizont unter reduktiven Bedingungen und angereichert mit sekundärem Salz <i>Schluffmoode</i>

Bodenformensymbol: GHnz:og-Hn(Hn p)fl-Fhh(Fhh)/f-Fmu(Fmu)
Bodenformenbezeichnung: versalzter Niedermoorogley aus flachem Niedermoor (Schilfforf) über Torfmoode über Schluffmoode

WRB: Mollic Gleyic Histic, Hypersalic Solonchack (Chloridic, Siltic, Dranic)
sonst. Profilkennz.:
Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der huminstreien Feinfraktion)											
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	0 - 10	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	10 - 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	25 - 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	40 - 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	60 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ⁽²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2	5,9	5,8	42,9	-	21,1	21,1	1,79	12	-	-	-
3	5,8	5,7	53,7	-	25,6	25,6	2,37	11	-	-	-
4	6,4	6,0	25,6	-	13,9	13,9	0,88	16	-	-	-
5	2,5	2,4	10,9	-	4,47	4,5	0,35	13	-	-	-
5	4,1	3,9	6,4	-	3,14	3,1	0,30	10	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ · 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe ₃ ⁺ (M-%)	P _t ³⁾ (M-%)	K _t ³⁾ (M-%)	KAK _{pot} (cmol/kg)	KAK _{err} (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg)							BS _{pot} (%)	
						H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		Na ⁺
1	1,49	0,159	0,33	56,9	-	26,7	0,271	1,638	0,023	38,9	2,70	0,31	16,5	99
2	1,86	0,103	0,39	66,1	-	33,57	0,110	1,516	0,020	80,8	5,14	0,08	35,1	100
3	4,15	0,035	0,71	31,3	-	47,56	<0,030	2,092	<0,010	52,8	3,97	<0,01	29,2	100
4	3,23	0,014	1,12	-	-	22,84	0,027	<0,020	<0,010	0,368	11,3	1,72	<0,01	5,39
5	1,67	0,019	1,11	-	-	19,8	0,306	0,019	2,014	0,349	9,57	1,41	0,11	5,00

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kT (cm/d)
			1,8	2,0	4,2		
1	0,175	89,9	60,1	56,7	52,8	39,4	681,3
2	0,361	78,5	76,2	73,7	68,8	42,3	271,6
3	0,302	84,7	79,4	76,6	71,5	56,2	71,9
4	0,548	76,9	68,8	65,6	56,7	31,5	60,6

Standortsituation Exkursionspunkt: G2/6 (Gröben)

Profil-Nr.: 2440714 Bearbeiter: Baunegel TK25: 3744 (Wildenbruch)
 Lage: RW: 3374606,7 HW: 5793021,8 Kreis: Teltow Fläming Ort: Gröben-Kieiz
 Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 14.07.2006
 Relief: ebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	nH2vm og-Hn(Hnp)	10 cm	dunkel grau-brauner bis schwarzer (10 YR 3/2, 10 YR 2/1) organischer Oberbodenhorizont, stark zersetzt, vererdet und vermulmt mit sekundärer Salzanreicherung
2	nH2a og-Hn(Hnp)	45 cm	schwarzer (10 YR 2/1) organischer Unterbodenhorizont, sehr stark zersetzt, aggregiert, entwässert mit sekundärer Salzanreicherung
3	fFr+Hzr og-(Fhb)Hn(Hnp)	60 cm	sehr dunkel grauer, bis schwarzer (2,5 Y 3/1, 2,5 Y 2,5/1) organischer Unterbodenhorizont mit Mülle-, und Torfmerkmalen im reduktiven Milieu und sekundärer Salzanreicherung
4	fZr-Gt fl-Fhh(Fhh)	100 cm	Niedermoorort (Schiffort) mit Torfmulle sehr dunkel grauer (2,5 Y 3/1) organischer Unterbodenhorizont im reduktiven Milieu und sekundären Salzanreicherungen Torfmulle

Bodenformensymbol: **KMz:og-Hn(Hnp)/fl-Fhh(Fhh)**
 Bodenformenbezeichnung: **versalztes Mullniedermoor aus Niedermoorort (Schiffort) über Torfmulle**

WRB: Hyposalic, Hemic, Linnic Histosol (Sodic, Eutric, Drainic)

sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilklasse	Textur (% der huminstreifen Feinerde)											
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	0 - 10	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	10 - 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	45 - 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	60 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	4,9	4,6	71,9	-	34,23	34,2	2,78	12	-	-	-
2	4,6	4,5	73,1	-	38,62	38,6	2,48	16	-	-	-
3	2,8	2,8	79,6	-	39,54	39,5	2,19	18	-	-	-
4	2,3	2,2	77,3	-	36,87	36,9	2,20	17	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe ³⁺ (M-%)	P ³⁺ (M-%)	K ⁺ (M-%)	KAK _{pot} (cmol/kg)	KAK _{gr} (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg)							BS _{pot} (%)	
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		Na ⁺
1	1,73	0,109	0,23	-	73,2	0,26	0,31	0,48	0,43	56,23	3,55	0,21	12,28	-
2	1,70	0,064	0,27	-	106,2	-0,23	<0,02	0,12	0,36	67,48	5,85	0,15	32,50	-
3	4,47	0,023	0,07	-	121,4	5,49	7,77	<0,01	0,63	71,42	6,11	0,24	29,78	-
4	5,46	0,044	0,08	-	125,3	12,32	4,88	<0,01	<0,01	71,62	6,23	0,29	29,95	-

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{gr}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF		nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)		
			1,8	4,2				
1	0,352	77,7	64,0	63,8	57,9	29,8	34,2	127,9
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0,147	90,7	77,0	70,4	59,0	33,2	43,8	694,0

Die Exkursion G 3 muss aus organisatorischen Gründen leider entfallen.

Auenböden der Elbe als Archiv für die Stoffdynamik im Einzugsgebiet

B. URBAN¹, F. KRÜGER¹, T. WENIGER¹, J. PRÜTER², T. KEIENBURG², F. LANG³, M. GRAF³

¹ Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Ökologie, Fachgebiet Landschaftswandel,
Herbert-Meyer Str. 7, 29556 Suderburg
Mail: Frank.krueger@leuphana.de

² Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue,
Am Markt 1, 29456 Hitzacker
Mail: Tobias.Keienburg@elbtalaue.niedersachsen.de

³ TU-Berlin, Inst. f. Ökologie, Fachgebiet Bodenkunde,
Ernst-Reuter-Platz 1, Sekr. BH 10-1, 10587 Berlin
Mail: Markus.Graf@tu-berlin

Einleitung/Ziel der Exkursion

Die Stoffdynamik in rezent überfluteten Flusssauen steht seit Jahrzehnten im wissenschaftlichen Fokus. Hierbei stellen die durch Hochwasserereignisse beeinflussten Böden ein Archiv für die Schadstoffbelastung des Flusses bzw. dessen Einzugsgebietes dar. Neben den Schadstoffen aus Flusswasser und Sedimenten werden jedoch auch große Mengen an Nährstoffen und organischer Substanz in die aktive Aue eingetragen.

Die jahrzehntelange Einleitung von ungenügend gereinigten Abwässern aus Industrie und Kommunen in die Elbe und deren Nebenflüsse hatte zur Folge, dass im Hochwasserfall schadstoffbelastete Partikel zu einer nachhaltigen Kontamination der Auenböden mit Schwermetallen und einer Vielzahl organischer Schadstoffe führten (Miehlich 1983, Götz et al. (2007) Krüger & Gröngröft 2003, Krüger & Urban 2009, Umlauf et al. 2005, Witter et al. 2003). Auch wenn sich in den letzten zwei Jahrzehnten die Gewässerqualität wesentlich verbessert hat (laufende Zahlentafeln der ARGE-Elbe), werden noch heute die Ökosysteme entlang der Elbe durch Schadstoffe beeinträchtigt (Heise et al. 2008).

Die aktiven Auenbereiche der mittleren Elbe haben eine Reihe teils konkurrierender Funktionen zu erfüllen. Sie sind Lebensraum für selten gewordene Tier- und Pflanzenarten,

(temporäre) Senke für Nährstoffe, Schadstoffe und im Einzugsgebiet erodierte organische Substanz und noch immer wichtiger Standort für die lokale Landwirtschaft. (Von Haaren et al. 2006). Landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen wird auch im Zusammenhang des Hochwasserschutzes als günstig bewertet. Ohne landwirtschaftliche Nutzung würden im Vorland mittelfristig Weidenbüsche und Auenwälder aufwachsen, die bei konstantem Abflussquerschnitt durch ihre höhere Rauigkeit zu einer Verzögerung des Abflusses beitragen können.

Vor diesem Hintergrund wird im Elbevorland derzeit ein aufwendiges Flächennutzungsmanagement betrieben (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2007), für das auch die Schadstoffbelastung der Sedimente und Böden berücksichtigt wird.

Im Mittelpunkt der Exkursion steht der Zusammenhang zwischen Sedimentations- und Stoffdynamik in den Vorlandböden der Elbe, wobei die Eignung der organischen Substanz als Indikator für anthropogene Belastungen hinterfragt und der Einfluss wasserbaulicher Maßnahmen auf das Sedimentationsgeschehen im Elbevorland beleuchtet wird.

Darüber hinaus wird der Einfluss wasserbaulicher Maßnahmen auf die Sedimentationsdynamik und die Speicherung organischer Substanz in Auen betrachtet. Hierbei liegt ein Fokus auf den unterschiedlichen Stabilisie-

rungsmechanismen organischer Substanz in Böden und ihrer Ausprägung in verschiedenen Auenböden. Es stehen neun Bodenschurfe (Abb. 2), die auf kleinstem Raum eindrucksvoll die große Heterogenität von Sedimentation und Bodenentwicklung in Flussauen aufzeigt. Unter anderem wird auch ein Beispiel für den Boden des Jahres 2011 (Vega) gezeigt.

Exkursionsraum und -route

Die Exkursion führt in die rezent überfluteten Auen der unteren Mittel-Elbe im Bereich des Biosphärenreservates Niedersächsische Elbtal-Elbtal-Elbtal. Das Exkursionsziel ist die Mäanderschleife „Wehninger Werder“ zwischen den Elbe-Stromkilometern 513-515. Die Ortschaft Wehningen liegt rechtselbisch im Amt Neuhaus zum niedersächsischen Landkreis Lüneburg gehörig (Abb. 1). Wir erreichen das Untersuchungsgebiet auf schnellstmöglichem

Wege, indem wir auf die Autobahn A24 Richtung HH starten und bei Neustadt-Glewe auf die B 191 Richtung Ludwigslust und weiter Richtung Dömitz wechseln. Während der Fahrt wird eine Einführung in das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtal-Elbtal-Elbtal gegeben. Das Urstromtal der Elbe erreichen wir bei Neu-Kaliß, ca. 20 km vor dem Exkursionsziel. Wenige Kilometer vor Wehningen passieren wir die „Dorfrepublik Rüterberg“, einen Elbeort, der sich zu Zeiten des geteilten Deutschlands, eingezäunt im Niemandsland befunden hat.

Die anschließende Exkursion auf dem ca. 140 ha großen Wehninger Werder (Abb. 2) wird ca. 3 Stunden dauern. Vielleicht werden Gän- seschwärme und Seadler die faunistische Besonderheit des Elbtals belegen. Nach der Exkursion besteht die Möglichkeit zur Stärkung mit Kaffee und Kuchen in einer lokalen Gastwirtschaft

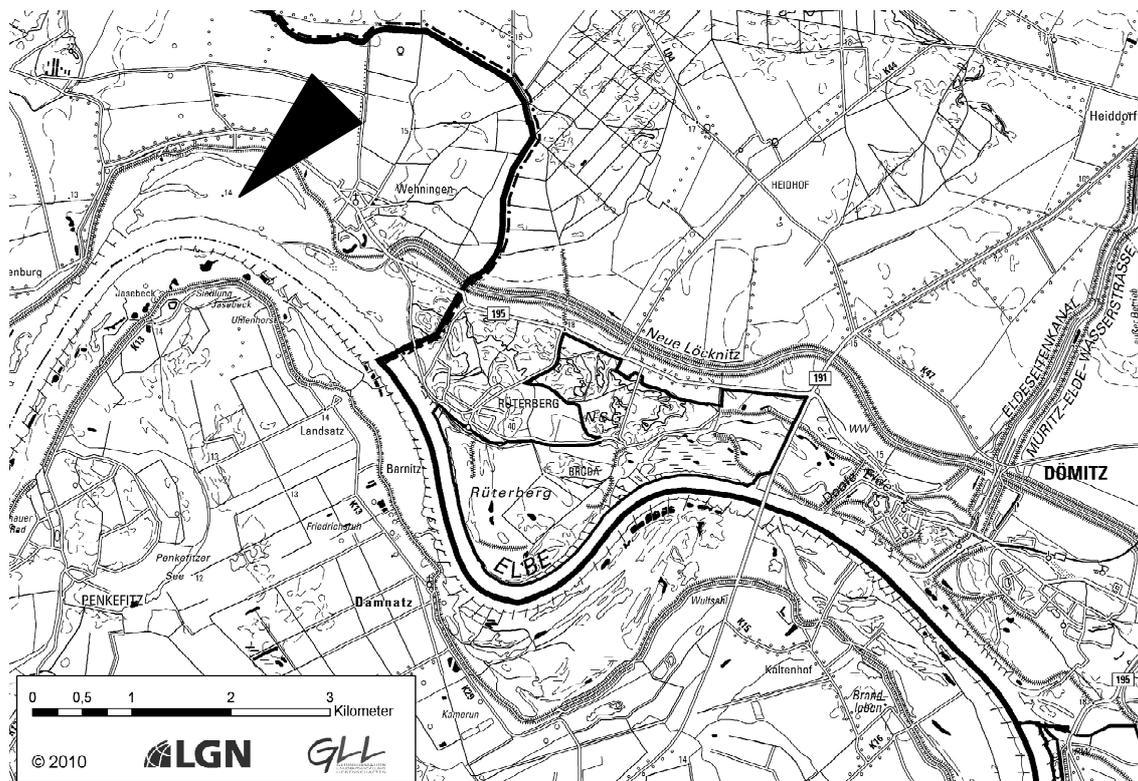


Abb. 1: Topografische Übersicht zur Lage des Untersuchungsgebietes „Wehninger Werder“.

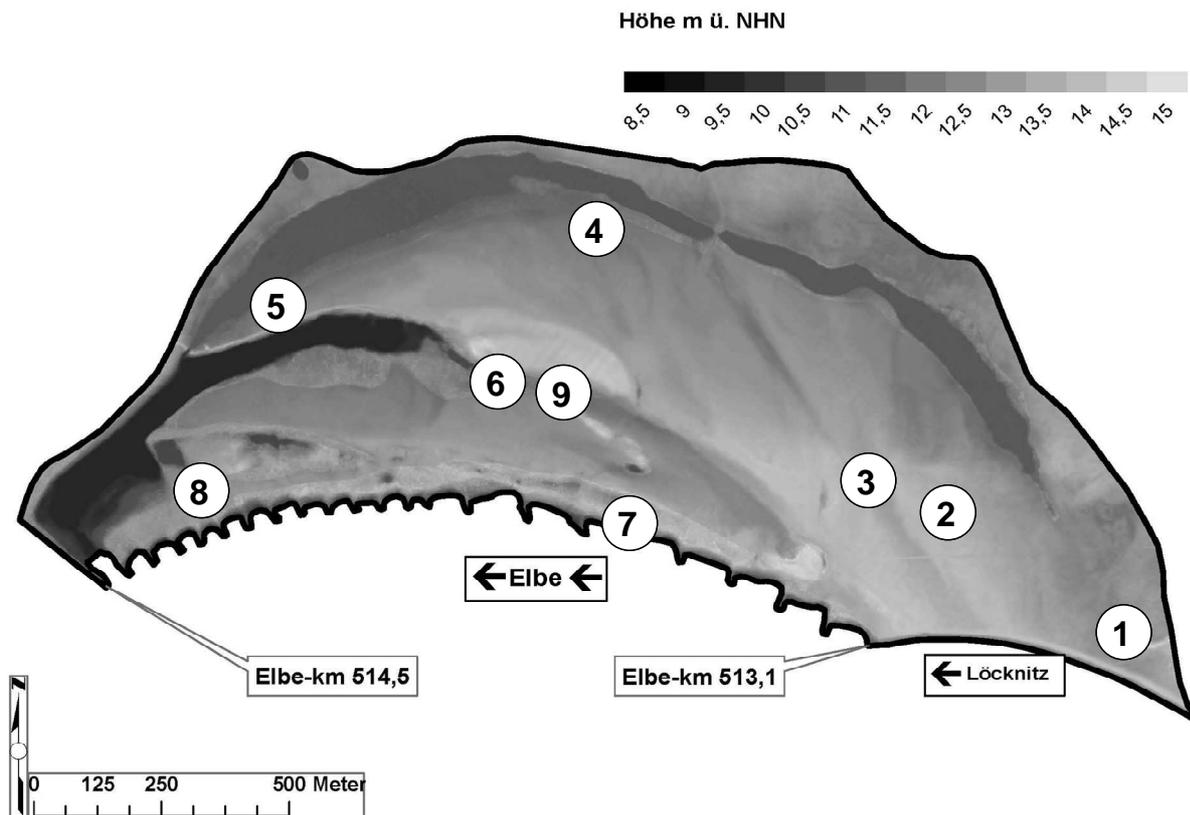


Abb. 2: Höhenmodell des Untersuchungsgebietes „Wehninger Werder“ und Lage der Bodenschurfe

Klima

Das Klima des Untersuchungsraumes kann als warmgemäßigtes humides Übergangsklima bezeichnet werden. Das von Südost nach Nordwest verlaufende Urstromtal der Elbe ist durch den Übergang von subozeanisch geprägtem nordwestdeutschen zum subkontinentalen nordostdeutschen Tiefland geprägt.

Im östlich 10 km entfernt liegenden Dömitz liegt die mittlere Jahres-Niederschlagsmenge bei 563 mm. Im westlich 10 km entfernt liegenden Hitzacker beträgt der mittlere Jahres-Niederschlag dagegen 623 mm (Reihe 1961-1990, DWD 2010). Hier zeigt sich die Wirkung des am südlichen Ufer der Elbe verlaufenden saalezeitlichen Höhenzuges „Hoher Drawehn“, der die feuchte atlantische Meeresluft bei westlichen Winden abfängt. Lee-seitig des Hohen Drawehns entsteht deshalb ein relativ trockeneres Lokalklima. Die Beschreibung der Lufttemperatur erfolgt auf der Basis gemittelter Werte, die im Zuge des Projektes „Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungs-

optionen“ vom PIK (2009) für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue ermittelt wurden. Die zentrale Lage des Untersuchungsgebietes „Wehninger Werder“ im Biosphärenreservat begünstigt die Übertragbarkeit der rechnerisch ermittelten Daten.

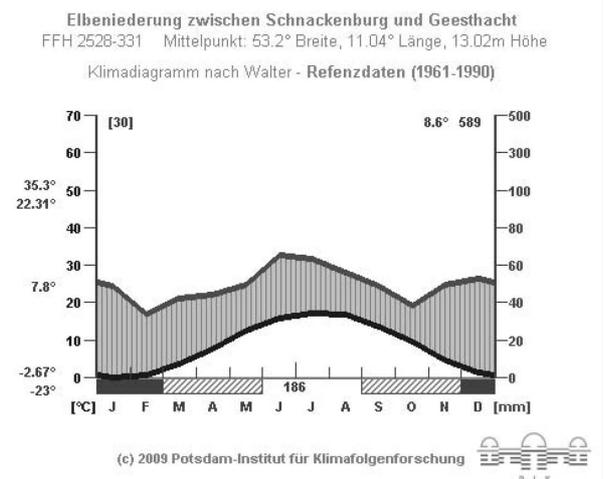


Abb. 3: Klimadiagramm nach Walter für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue (PIK 2010).

Für die Niedersächsische Elbtalaue wurden eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 8,6 °C und eine mittlere tägliche Temperaturschwankung von 7,8 °C im Jahresverlauf,

ebenso wie 24,97 Sommertage, 3,97 Heiße Tage, 81,27 Frosttage und 25,37 Eistage ermittelt (PIK 2010). Abb. 3 zeigt das Klimadiagramm für das Biosphärenreservat.

Geologie/Geomorphologie

Der Untersuchungsraum befindet sich innerhalb der norddeutschen Zechsteindiaperie, in der sich lokal Salzstöcke ausgebildet haben. In der Umgebung sind die Salzstöcke bei Dannenberg, Kaarßen, Lübtheen und Dömitz bekannt. Die Salzstöcke Lübtheen und Dömitz sind die Ursache für die lokalauf tretenden neogenen Deckschichten, die jedoch nur kleinräumig anzutreffen sind. So befindet sich 2 km südöstlich des Untersuchungsgebietes, bei der Ortschaft Rüterberg, ein pliozänes Relikt in der westlichen Randsenke des Dömitzer Salzstockes.

Der jungpliozäne Bergton-Diatomeenerde-Komplex und der Silbersand wurden durch die Tongrube in Rüterberg erschlossen und bis 1968 wirtschaftlich genutzt (Ruchholz 1991). Abgesehen von dem pliozänen Relikt in Rüterberg werden die Deckschichten des Untersuchungsraumes durch quartäre Sedimen

te gebildet. Im Urstromtal der Elbe finden sich holozäne Auenlehme und Auensande, die von weichselzeitlichen fluviatilen Sanden unterlagert sind. Nach Norden schließen sich weichselzeitliche Binnendünen an. Südwestlich von Hitzacker finden sich saalezeitliche Grundmoränen und Schmelzwasserablagerungen. Die Auenlehme des Untersuchungsgebietes sind 0,5 bis 1,8 m mächtig.

Darüber hinaus werden Bodenbildungen aus rezenten Ablagerungen, belastet und reich an organischer Substanz Gegenstand der Diskussion sein.

Böden

Der Wehninger Werder umfasst 140 ha, davon sind 16 ha Wasserflächen.

Im Untersuchungsgebiet wurden typische Böden aus Auenlehm und –sand erbohrt, wobei insbesondere die Auswertung historischer Karten und Querprofilschnitte der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (Rommel) sowie die durchgeführte bodenkundliche Kartierung (Weniger 2010) verdeutlichen, dass eine Zweigliederung des Untersuchungsgebietes

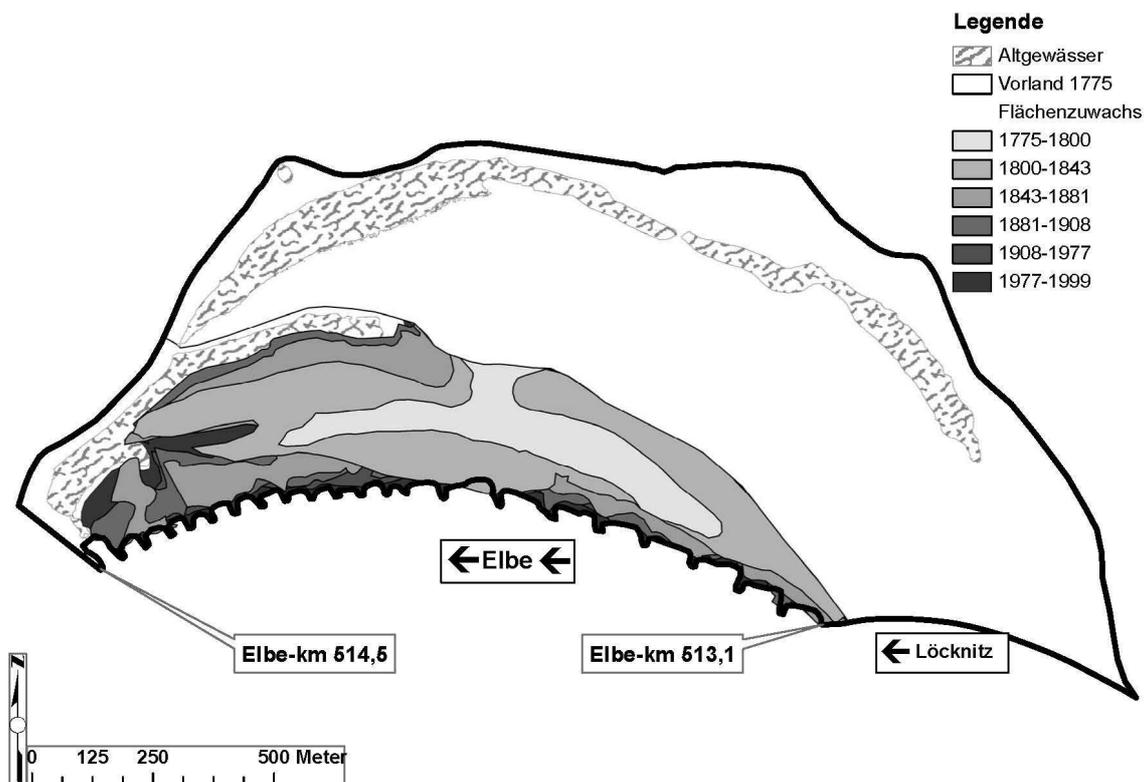


Abb. 4: Geschätztes Alter verschiedener Bereiche der Aue im „Wehninger Werder“

hinsichtlich der Entstehungsgeschichte vorgenommen werden muss. Das „Wehninger Werder“ lässt sich in einen elbfernen, alten und einen elbnahen, jungen Teil gliedern (Abb. 4).

Die Entstehung des jungen Auenabschnittes ist durch wasserbauliche Maßnahmen begründet, die dazu geführt haben, dass sich der Lauf der Elbe nach Süden verlagert hat und neue Auenlehm- und Sandsedimentationsräume entstanden sind. Insbesondere die feinkörnigen Substrate sind dabei im jungen Auenabschnitt durch höhere Anteile an organischer Substanz gekennzeichnet. Dieser junge Auenausschnitt ist insgesamt nicht älter als 225 Jahre und umfasst 35 ha. Im jungen Auenabschnitt wurden kartiert: Rambla (2,5 ha), Paternia (0,5 ha), Gley-Paternia (6,3 ha), Vega (5,5 ha), Gley-Vega (12,3 ha), Auengley (8,4 ha) und Sapropel (5,2 ha). Im alten, historischen Vorland, das ohne Wasserflächen insgesamt 82,5 ha umfasst, wurden folgende Boden(sub)typen erfasst: Paternia (2,8 ha), Vega (11,1 ha), Gley-Vega (21,5 ha), Vega-Gley (20 ha) und Auengley (27,3 ha).

Die Auenböden im jüngeren Auenabschnitt weisen höhere Kohlenstoff- sowie höhere Schadstoffgehalte und Vorräte auf. Sie sind entsprechend ihres Alters durch höhere pH-Werte und einen größeren Anteil amorpher Eisenoxide gekennzeichnet, denn sie bestehen zu großen Anteilen aus jungen Sedimenten, während die Böden im historischen Auenvorland nur oberflächlich von rezenten Sedimenten beeinflusst werden. Das Bodenartenspektrum reicht von Reinsanden bis zu starktonigen Schluffen und mittelschluffigen Tonen. Während die Tonanteile nur zwischen 0 bis 40 % streuen, variieren die Schluffanteile zwischen 0 bis 70 %.

Die mit Hilfe von Kunstrasen-Sedimentfallen ermittelten Einträge zwischen 2007 bis 2010 liegen im jungen Vorland zwischen 50 und 2700 g/m² (n=11), während in größerer Entfernung zur Elbe lediglich 120-450 g/m² (n=6) ermittelt wurden.

Die Tiefenverteilung der Schadstoffe in Flussauenböden wird durch die Schadstofffracht im Fluss und die Sedimen-

tationsbedingungen in der Aue gesteuert. Es ist beispielsweise zu erwarten, dass an Standorten mit hohem Sedimenteintrag historische Belastungen bereits begraben wurden. Die Menge des rezent abgelagerten Sediments variiert innerhalb der Aue kleinräumig, daher finden wir schadstoffbelastete Sedimentschichten gleichen Alters in unterschiedlichen Tiefen. Weiterhin spielt die Bioturbation eine wesentliche Rolle: Sie entscheidet neben dem Sedimenteintrag zusätzlich über die Tiefenverteilung partikulär gebundener Schadstoffe, wie z. B. Quecksilber oder Dioxine. Aus der Kenntnis der Dioxin-Verteilung eines datierten Bodentiefenprofils (Götz et al. 2007) aus der Pevestorfer Elbaue (Abb. 5) und den von uns gemessenen Quecksilberkonzentrationen am gleichen Standort lässt sich ableiten, dass Schwermetall- und Dioxinkontaminationen in den Böden der Elbauen unabhängig voneinander auftreten. Die höchsten Dioxingehalte sind in Sedimenten der Elbe in den 1950-1960er Jahren aufgetreten. Dagegen hat es neben einem Quecksilber Peak zum gleichen Zeitpunkt (1950-60) einen weiteren in der 1980er Jahren gegeben. Mögliche Zusammenhänge zwischen Quecksilber- und Dioxinkonzentrationen in verschiedenen Bodenprofilen werden im Rahmen der Exkursion diskutiert. Die Abhängigkeit vom Sedimentationsgeschehen führt zu der Annahme, dass Auenbereiche, die einen hohen Sedimenteintrag erfahren, möglicherweise in ihren Oberböden nur geringe Schwermetall-(Quecksilber-)kontaminationen aufweisen. Auenbereiche, die dagegen einen schwachen Sedimenteintrag erfahren, bzw. deren Sedimenteintrag durch anthropogene Ursachen, wie z.B. den Bau von Überfahrten oder Wehren gehemmt wird, können auch noch im Oberboden große Menge an Dioxin enthalten.

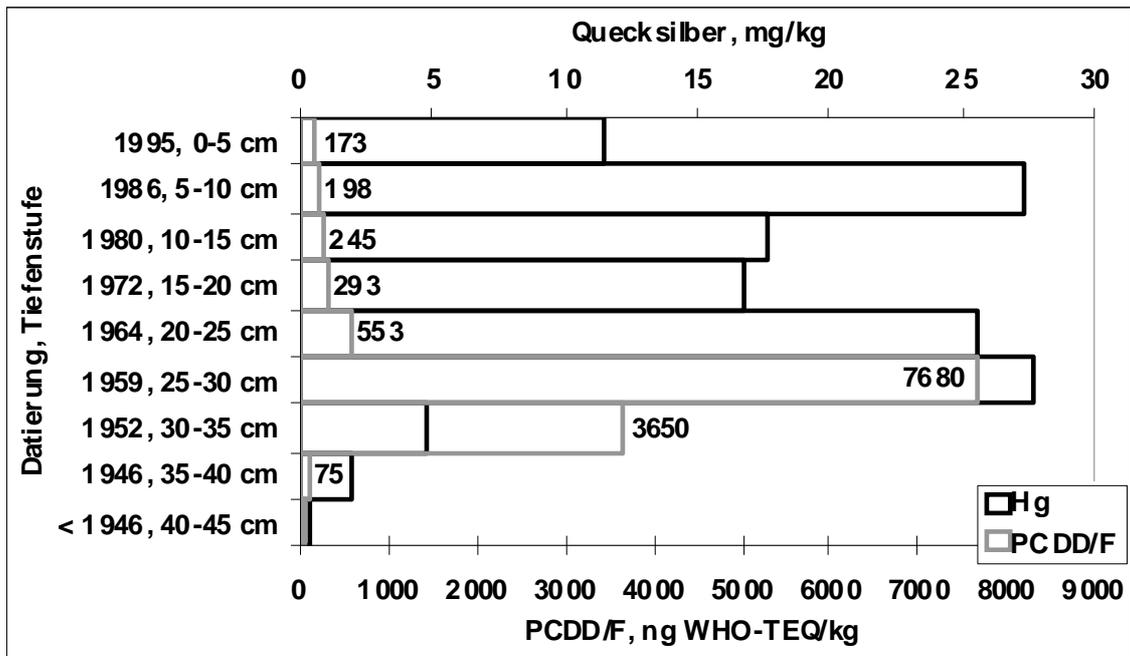


Abb. 4: Dioxin- (Götz et al. 2007) und Quecksilbergehalte in einem Auenboden Tiefenprofil bei Pevestorf.

Bodenprofile

G4/1: Vega aus Fluvilehm über Fluvisand über Auengley aus Fluviton über Fluvilehm.

Die deutlich sichtbare Zweigliederung des Profiles ist begründet durch Bodenumlagerung im Zuge der Anbindung des Löcknitzkanals an die Elbe im Bereich des Untersuchungsgebietes im Jahr 1973.

G4/2: Norm-Vega aus Fluvilehm über Fluvisand

Die Norm-Vega befindet sich in Plateaulage, sie wird nur bei mittleren Hochwässern überflutet. Typisch und namensgebend ist ihr brauner aM-Horizont, der keine hydromorphen Merkmale zeigt. Er weist einen relativ hohen Sandanteil auf, der aber durch einen sehr hohen Feinsandanteil gekennzeichnet ist. Der Belastungszustand ist mäßig. Unter anderem führt Bioturbation zur Tiefenverlagerung von Schwermetallen über den aoAh-Horizont hinaus. Der Oberbodenhorizont ist mit einem „o“ gekennzeichnet, um den Kohlenstoffreichtum des eingetragenen frischen Sedimentes zu kennzeichnen.

G4/3: Gley-Vega aus Organofluvilehm über Fluvilehm und tiefem Fluvisand

Die Gley Vega ist ebenfalls gekennzeichnet durch einen aoAh Horizont, gefolgt von einem typischen braunen Horizont aus „Auenlehm“. Dieser trägt aber im Profilbereich unterhalb von 70 cm erste deutliche Oxidflecken.

G4/4: Anmooriger Auengley aus Organoflu- viton über tiefem Fluvischluff/Sand

Der Auengley befindet sich auf niedrigem Geländeniveau, trotzdem treten reduktive Merkmale erst ab einer Tiefe von 1 m unter Geländeoberfläche (uGOF) auf, ohne dass ein reiner Gr gefunden wird. Das Substrat ist sehr feinkörnig. Es liegen sehr hohe Kohlenstoffgehalte im obersten aGo-oAa Horizont vor, der allerdings in seiner Mächtigkeit < 1 dm bleibt. Aufgrund der großen Entfernung zur Elbe sowie der zusätzlichen Behinderung des Sedimenteintrages durch das Wehr liegt hier ein sehr hohes Belastungsniveau vor.

G4/5: Gley-Vega aus Organofluviton über Organofluvischluff und Ton

Auch die Gley-Vega befindet sich im älteren Auenabschnitt des Untersuchungsgebietes.

Auch hier sind die Überflutung und der Sedi-
menteintrag durch das Wehr behindert. Es liegt
ein hohes Belastungsniveau vor. Reduk-tive
Merkmale treten erst in Tiefen > 145 cm uGOF
auf.

G4/6: Auengley aus Organofluviton über tiefem Fluvisand.

Der Auengley befindet sich in der gebiets-
trennenden Flutrinne, die von 225 Jahren noch
Elbe-Flussbett war. Der Standort markiert die
Grenze des jungen zum alten Auenbereich. In
der Flutrinne hat es starke Sedimentation
gegeben. Dies ist durch die sehr stark humosen
Horizonte bis in 45 cm zu erkennen. Trotz der
tiefen Geländelage ist kein Reduktionshorizont
zu erkennen. Die Schwermetallbelastungen
sind sehr hoch, die höchsten Kontaminationen
sind aber nicht mehr in den oberflächennahen
Bereichen zu finden. Problematisch ist die
Ansprache des zweiten sehr stark humosen
Horizontes. Die Sedimentation humusreichen
Materials begründet humusreiche Horizonte,
die vorübergehend auch den Oberboden
darstellten, aber stetig von neuen, jungen
Sedimenten überlagert werden.

G4/7: Gley-Paternia aus Fluvisand

Die Gley-Paternia ist von allen untersuchten
Profilen der Elbe am nächsten gelegen. Au-
ßerdem markiert sie die höchsten Geländeer-
hebungen. Kennzeichnend sind die vielen
begrabenen Horizonte, die Zeugen unter-
schiedlich langer Humusakkumulation dar-
stellen. Die Bodenbildung wurde und wird
durch Übersandungen unterbrochen. Das
Belastungsniveau ist aufgrund der groben
Textur und der niedrigen Kohlenstoffgehalte
relativ niedrig.

G4/8: Gley-Vega aus Organofluvilehm über Fluvilehm und Fluvisanden.

Die Gley-Vega befindet sich an einem fluss-
nahen Standort des jüngeren Auenbereiches,
der trotz seiner etwas erhöhten Exposition
durch höchste Sedimentationsraten gekenn-
zeichnet ist. Der Standort ist bis in 65 cm Tiefe
sehr stark humos. Hier treten die größ-ten
Kohlenstoff- und Schadstoffvorräte auf. Die

Organofluvilehme sind durch reinsandige
Hochflutablagerungen unterbrochen. An
diesem Standort wird besonders deutlich, dass
ohne Berücksichtigung des sedimentären
Ursprungs der Organofluvilehme andersartige
Bodenansprachen erfolgen könnten.

G4/9: Anmooriger Auengley aus Organoflu-vischluff und Ton über Fluviton und tiefem Fluvisand.

Auch dieser anmoorige Auengley befindet sich
im ehemaligen Elbe-Flussbett. Reduktive
Merkmale treten bereits unterhalb der sehr
stark humosen Horizonte auf. Auch hier muss
entschieden werden, ob der stark humose
3. Horizont noch als Ah bzw. als oM anzu-
sprechen wäre.

Dichtenfraktionierung der organischen Bodensubstanz – Hinweise zum pedogenetischen Konzept

Die organische Bodensubstanz wird über
verschiedene Prozesse im Boden unterschied-
lich stark gegen mikrobiellen Abbau geschützt
und damit stabilisiert. Pools unterschiedlicher
Stabilität können über die folgenden Frak-
tionen unterschieden werden:

- freie, partikuläre organische Bodensubstanz (fPOM): labiler Pool
- in Bodenaggregate okkludierte, partikuläre organische Bodensubstanz (oPOM): intermediärer Pool
- mineraloberflächen-assoziierte, organische Bodensubstanz (MOM): stabiler Pool

Die sequentielle Trennung dieser drei
Fraktionen erfolgt mittels Dichtefraktionierung
(verändert nach Golchin et al., 1994, Six et al.
2002 und Grünewald et al., 2006). Hierbei
werden die drei oben genannten Fraktionen aus
luftgetrockneten und gesiebten (<2 mm)
Bodenproben auf der Basis der unterschied-
lichen physikalischen Dichte von partikulärer
organischer Bodensubstanz ($\rho < 1.6 \text{ g/cm}^3$, in
fPOM und oPOM-Fraktion) und mineral-
gebundener organischer Substanz ($\rho > 1.6$

g/cm³, MOM-Fraktion) in einer Dichtelösung (Natriumpolywolframat-Lösung) fraktioniert. Die Trennung von fPOM und oPOM ist möglich, da das oPOM Material zunächst in Aggregate gebunden ist, welche durch ihre mineralischen Bestandteile eine Dichte > 1.6 g/cm³ aufweisen. Nachdem die fPOM Fraktion

entfernt wurde, werden die Aggregate mittels Ultraschall disaggregiert und die dadurch freigesetzt oPOM-Fraktion kann entfernt werden. Zurück bleibt der mineralische Rest mit der auf Mineraloberflächen assoziierten organischen Substanz mit einer Dichte > 1.6 g/cm³.

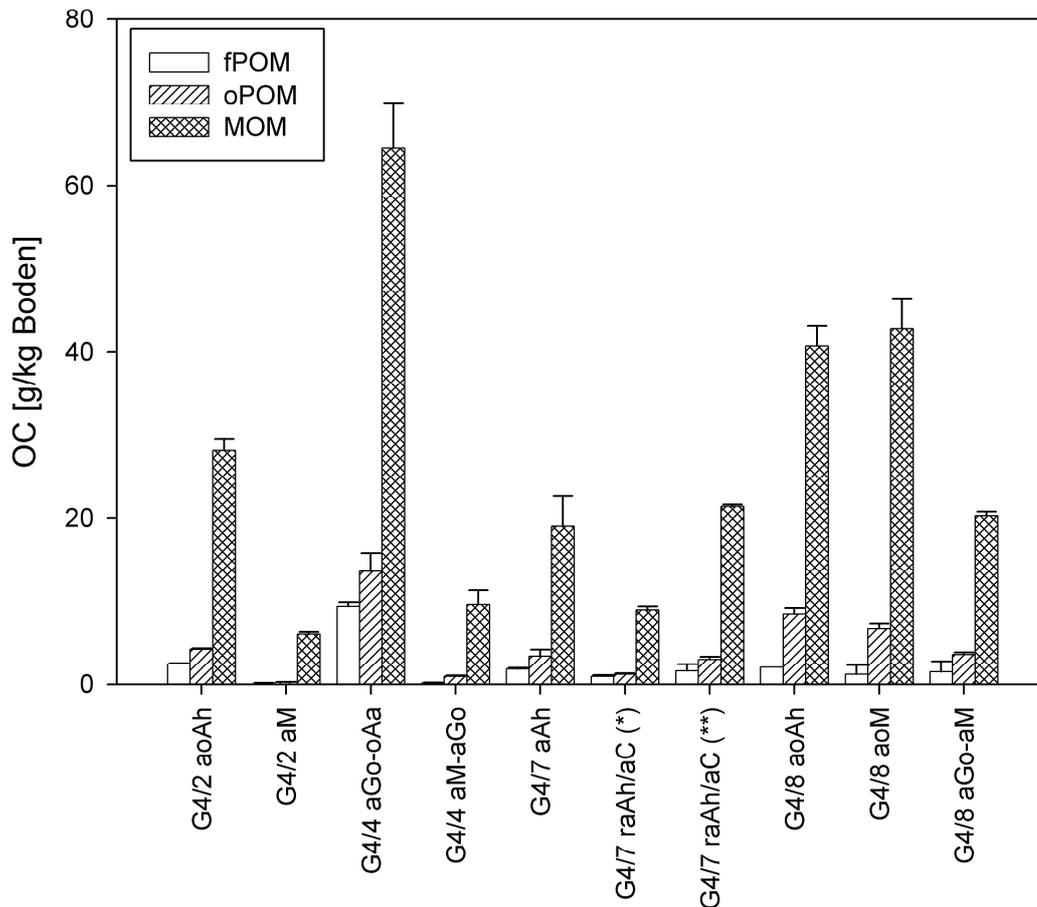


Abb.6: Ergebnisse der Dichtefraktionierung von fPOM, oPOM und MOM ausgewählter Horizonte (*) Helle Bänder, (**) Dunkle Bänder

Ausgewählte Horizonte aus den Profilen G4/2, G4/4, G4/7 und G4/8 wurden mit dieser Methode fraktioniert, um den Einfluss pedogener Prozesse in mineralischen Auenböden auf die Stabilisierungsprozesse organischer Bodensubstanz darzustellen.

Hierbei zeigt sich, dass die in den einzelnen Fraktionen gefundene Menge an organischem Kohlenstoff unabhängig vom Gesamt OC Gehalt der untersuchten Böden in der Reihenfolge MOM >> oPOM > fPOM abnimmt (Abbildung 6). In den Profilen G4/2

und G4/4 ist die Menge an Gesamt OC sowie des OC aus der fPOM und der oPOM Fraktion im aoAh bzw aGo-oAa Horizont (Oberboden) wesentlich größer als in den Unterbodenhorizonten aM bzw. aM-aGo des jeweiligen Profils. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Unterböden der Profile G4/7 und G4/8 sowohl bzgl. des Gesamt OC als auch bzgl. des OC Gehalts in den einzelnen Fraktionen nur sehr gering von den jeweiligen Werten der Oberböden.

Dies ließe sich mittels des pedogenetischen Konzeptes der Auenböden und den folglich zu erwartenden Unterschieden zwischen M und rAh Horizonten erklären:

Für M-Horizonte (Unterbodenhorizonten der Profile G4/2 und G4/4) nimmt man an, dass es sich um sedimentiertes Material handelt welches zu keiner Zeit oder nur sehr kurz vor Ort den Oberboden des jeweiligen Profils darstellte. Durch den folglich nur geringen Streueintrag ist hier wenig organischer Kohlenstoff in der fPOM-Fraktion zu finden. Da Bodenaggregate insbesondere durch biologische Aktivität gebildet werden ist auch der Anteil des aggregatgebundenen Kohlenstoffs gering. Reliktische Ah Horizonte (aus G4/7) sind hingegen begrabene Oberböden, deren Eigenschaften und damit auch deren Bodenaggregate sich vor Ort unter den gleichen Bedingungen wie beim entsprechenden rezenten Oberboden entwickelt haben. Unsere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass es sich bei den als aM klassifizierten Horizonten aus dem Profil G4/8 ebenfalls um reliktsche Ah-Horizonte handelt.

Literatur

GOLCHIN, A., OADES, J.M., SKJEMSTAD, J.O., CLARKE, P. (1994). Study Of Free And Occluded Particulate Organic-Matter In Soil By Solid-State C-13 Cp/Mas NMR-Spectroscopy And Scanning Electron-Microscopy. *Australian Journal Of Soil Research*, 32, pp. 285-309.

GRÜNEWALD, G., KAISER, K., JAHN, R., GUGGENBERGER, G. (2006). Organic matter stabilization in young calcareous soils as revealed by density fractionation and analysis of lignin-derived constituents. *Organic Geochemistry*, 37, pp 1573-1589.

GÖTZ R., BAUER O.-H., FRIESEL P., HERR-MANN, T., JANTZEN, E., KUTZKE, M., LAUER, R., PAEPKE, O., ROCH, K., ROH-WEDER, U., SCHWARTZ, R., SIEVERS, S., STACHEL, B. (2007): Vertical profile of PCDD/Fs, dioxin-like PCBs, other PCBs, PAHs, chlorobenzenes, DDX, HCHs, organotin compounds and chlorinated ethers in dated sediment/soil cores from floodplains of the river Elbe, Germany. *Chemosphere* 67B (3): 592-603.

HEISE, S., KRÜGER, F., FÖRSTNER, U., BABOROWSKI, M., GÖTZ, R., STACHEL, B. (2008): Bewertung von Risiken durch feststoff-

gebundene Schadstoffe im Elbeinzugsgebiet. Erstellt im Auftrag der Hamburg Port Authority (HPA) und cofinanziert durch die FGG-Elbe. 349 S., Hamburg.

- KRÜGER, F. & GRÖNGRÖFT, A. (2003): The difficult assessment of heavy metal contamination of soils and plants in Elbe River floodplains. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31 4-5; 436-443.
- KRÜGER, F. & URBAN, B. (2009): Erfassung partikulärer (Schad)Stoffeinträge in Auen/Überflutungsflächen der Elbe. In: *Chemisches Kolloquium*. 16./17.06.2009. Koblenz.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2007): Merkblatt zur Bewirtschaftung der Elbaußendeichflächen.
- MIEHLICH, G. (1983): Schwermetallanreicherung in Böden und Pflanzen der Pevestorfer Elbaue. *Abh. Naturwiss. Verein Hamburg* 25, 75-89.
- SIX, J., CALLEWAERT, P., LENDERS, S., DE GRYZE, S., MORRIS, S.J., GREGORICH, E.G., PAUL, E.A., PAUSTIAN, K. (2002). Measuring and Understanding Carbon Storage in Afforested Soils by Physical Fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 66, pp 1981-1987.
- UMLAUF, G., BIDOGLIO, G., CHRISTOPH, EH., KAMPHEUS, J., KRÜGER, F., LAND-MANN, D., SCHULZ, AJ., SCHWARTZ, R., SEVERIN, K., STACHEL, B., STEHR, D. (2005): The situation of PCDD/Fs and dioxin like PCBs after the flooding of River Elbe and Mulde in 2002. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33, 5, 543-554.
- VON HAAREN, J., STREUN, M., URBAN, B., EVERS, M., BROCK, J., RUBACH, H. (2006): Auswirkungen anorganischer Stoffeinträge auf die landwirtschaftliche Nutzung in den Hochwasser beeinflussten Auenbereichen der niedersächsischen Elbe. Technical report EU-Project FLOWS, Uelzen und Suderburg.
- WENIGER, T. (2010): Untersuchungen zur Auenbodenentwicklung und zu ausgewählten Standorteigenschaften in der Mänderschleife Wehningen – Ein Beitrag zur zukunftsfähigen Gestaltung der Kulturlandschaft an der unteren Mittelbe. Diplomarbeit. LEUPHANA Universität Lüneburg, 99 Seiten.
- WITTER, B., WINKLER, M., FRIESE, K. (2003): Depth distribution of chlorinated and polycyclic aromatic hydrocarbons in floodplain soils of the River Elbe. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31, 4-5, pp 411-422.

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/1 (Wehningen)

Profil-Nr.: 1 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Denenberg Nord)
 Lage: 4444170 RW: 5893179 HW: LG (Amt Neuhaus) Ort: Wehningen
 Nutzung: Grünland Vegetation: Wiese-Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 13,03 mNHN, 1,6 mNW, ebener Tiefenbereich, oberstromiger, abflussloser, geneigter Senkenbereich, "alter" Aue

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aAh		Dunkelbrauner (10Y R4/2), sehr stark humoser, basenreicher Oberbodenhorizont geringer Lagerungsdichte aus stark lehmigen Sand
2	1-(L1)	7 cm	(Organ-) Fluvilehm Mittelbrauner (10Y R4/3), schwach humoser, basenreicher Horizont hoher Lagerungsdichte aus stark lehmigen Sand, basenreich
	aM		Fluvilehm
	1-(L1)	28 cm	Mittelbrauner (10Y R4/3), sehr schwach humoser aber basenreicher Horizont aus mittel lehmigen Sand, Erscheinungen der Pseudovergleyung
4	III raAh Sd		Fluvilehm
	1-(L1)	47 cm	Mittel humoser, relikttischer Oberbodenhorizont aus schwach tonigem Lehm
5	IV aM-Go		Brauner Übergangshorizont mit deutlichen Hydromorphierungserscheinungen, schwach bis mittel humos, immer noch basenreich, aber mit niedrigstem pH-Wert im Unterbodenbereich aus schwach schluffigem Ton
	f-t(Tf)	73 cm	Fluviton
6	V aGro		Unterbodenhorizont mit ersten Reduktionsfarben
	1-(L1)	85 cm	Fluvilehm
7	aGor		Unterbodenhorizont mit überwiegenden Reduktionsfarben
	1-(L1)	90 cm	Fluvilehm
8	aGor2		Überwiegend reduzierter Unterbodenhorizont aus schwach tonigem Lehm, basenreich
	1-(L1)	150 cm	Fluvilehm

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	AB/GGa: 1-(L1)-f-s(Sf)-t-(L1)
Bodenformensbezeichnung:	Vega aus Fluvilehm über Fluvilehm über Auengley aus Fluviton über Fluvilehm
WRB:	Gleyic Mollic Fluvisol
sonst. Profilkennz.:	Kennzeichen der Pseudovergleyung
Anmerkungen:	Baggergut der Löchnitzmündung begründet den Substratwechsel, niedrigster Belastungsstatus, niedrigster Kohlenstoffvorrat, Überstaung gegen die Fließrichtung der Elbe, Überströmung erst bei mittleren Hochwässern

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreifen Feinerde)												
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	sS	uS	uT	sT			
1	7	Ls4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
2	28	Ls4	0,3	22,2	31,2	12,5	10,1	4,7	54	27	19				
3	42	Si3	0,2	20,4	30,2	19,5	10,7	6,1	51	36	13				
4	47	Ls2	0,2	25,8	30,4	20,3	9,0	3,7	56	33	11				
5	73	Tu2	0,0	2,0	5,2	8,6	17,9	15,1	7	42	51				
6	85	Si4	1,8	26,3	25,8	14,3	10,9	5,1	54	30	16				
7	90	Ls2	0,5	9,0	26,3	25,7	12,1	6,0	36	44	20				
8	150	Lu	0,4	7,8	8,5	16,1	25,6	14,6	17	56	27				

Lfd. Nr.	< 20 µm (%)	TRD (g/cm ³)	pH (CaCl ₂)	C _{org} (M.-%)	Ni (M.-%)	C _{org} /N _t	Fe _o (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _o /Fe _d	C org. Vorrat (kg/m ²)	Hg anthrop. (g/m ²)
1	34	0,91	5,2	4,2	0,39	10,7	6,2	7,3	0,85	11,9	0,1
2	30	1,73	5,1	0,8	0,09	8,2	4,7	6,5	0,71		
3	23	1,66	5,2	0,3	0,04	7,4	3,2	5,2	0,61		
4	57	1,37	4,9	1,3	0,18	7,3	7,2	10,5	0,68		
5	84	1,36	4,8	1,0	0,15	6,8	9,0	15,1	0,59		
6	32	1,65	5,2	0,3	0,05	6,4	6,5	8,9	0,73		
7	38	1,53	5,5	0,2	0,04	5,3	5,4	7,7	0,71		
8	67	1,27	5,9	0,4	0,07	5,6	10,0	18,0	0,54		

Lfd. Nr.	As ¹ (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)
1	20	1,8	64	47	20987	1,7	628	26	80	262	0,0
2	10	0,1	29	13	17386	0,2	461	14	30	76	1,8
3	21	0,1	43	20	18342	0,1	750	26	50	115	1,5
4	13	0,1	38	19	28800	0,4	241	15	62	86	1,1
5	15	0,0	45	21	33386	0,1	480	20	67	90	1,7
6	14	0,1	45	16	25901	0,0	841	24	45	75	4,1
7	5	0,1	33	9	20911	0,0	722	18	23	48	3,3
8	3	0,1	40	12	40025	0,1	1334	23	47	52	2,5

¹ Gehalte nach KW

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/2 (Wehningen)

Profil-Nr.: 2 Bearbeiter: Weniger, K.Tüger TK25: 2832 (Denenberg Nord)
 Lage: 4443796 HW: 5893366 Kreis: LG (Amt Neuhaus) Ort: Wehningen
 Nutzung: Grünland Vegetation: Wiese-Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 13,68 mNHN, 2,25 mMW, ebener Tiefenbereich, zentrales Plateau, „alte“ Aue

Profilbeschreibung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aoAh oF(Lf)	17 cm	Schwarz-dunkelbrauner (10YR3/2), stark humoser, Oberbodenhorizont geringer Trockenrohdichte, basenreich <i>Organofluviolhm</i>
2	aM f-(Lf)	78 cm	Dunkel-mittelbrauner (10YR3/3), schwach humoser Horizont aus Fluviolhm, basenreich und mittlerer Lagerungsdichte <i>Fluviolhm</i>
3	aM/aC f-s(Sf)/f-(Lf)	90 cm	Wechselagerungshorizont aus Fluvisand und Fluviolhm <i>Alternierende Fluvisande und Fluviolhme</i>
4	II aC f-s(Sf)	100 cm	Reinsandiger Horizont aus Fluvisanden <i>Fluvisand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	ABn: oF-(L)^(L)-(L)f/f-s(Sf)
Bodenformensymbolbezeichnung:	Norm-Vega aus Organofluviolhm über Fluviolhm über tiefem Fluvisand
WRB:	Mollic Fluvisol

sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen: Mittleres Belastungsniveau, niedriger Kohlenstoffvorrat, Bioturbation sorgt für Verteilung der Schadstoffe über den Ah hinaus, überströmt während mittlerer Hochwasserereignisse, sehr trocken in sommerlichen Niedrigwasserphasen

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	17	Ls3	0,1	19,8	20,5	17,2	13,1	7,3	4,0	38	22	
2	78	Slu	0,1	12,1	26,9	25,0	15,9	8,3	39	49	12	
3	90	Slu/SS	0,3	49,6	4,6	36,5	3,6	1,8	55	42	4	
4	100	Ss	1,5	75,2	22,0	0,0	0,0	0,0	99	1	0	

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	TRD (g/cm³)	pH (CaCl₂)	C _t (M.-%)	N _t (M.-%)	C _{org} /N _t (mg/kg)	Fe _o (mg/kg)	Fe _d (mg/kg)	Fe _o /Fe _d (kg/m³)	C org. Vorrat (kg/m³)	Hg anthrop. (g/m³)
1	42	1,11	5,5	3,4	0,34	9,9	8115	14030	0,58	13,2	0,7
2	36	1,41	5,3	0,8	0,12	6,7	5219	8022	0,65		
3	9	1,51	5,6	0,2	0,03	7,0	2029	3030	0,67		
4	0	1,50	5,3	0,1	0,01	6,4	760	1330	0,57		

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	41	3,6	78	81	25945	3,1	891	31	126	435	3,7	0,29	
2	17	0,1	39	20	20262	0,3	528	20	48	111	1,3	0,43	
3	12	0,1	24	12	9724	0,1	363	12	19	58	1,8	0,33	
4	0	0,1	8	5	3979	0,0	142	5	18	24	0,0	0,74	

¹⁾ Gehalte nach KW

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	GPV (%)	Wassergehalte bei pF (Vol.-%)				nFK (Vol.-%)
			1,8	2,5	4,2	41	
1	35	36	37	39	40	41	
2		57,4	42,7	37,1	18,3	24,4	
3		44,7	37,0	29,0	15,6	21,4	
4		45,9	8,2	5,3	1,8	6,5	

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/3 (Wehningen)

Profil-Nr.: 3 Bearbeiter: Weniger, K. Träger TK25: 2832 (Denenberg Nord)
 Lage: 4443629 RW: 5893519 Kreis: LG (Amt Neuhaus) Ort: Wehningen
 Nutzung: Grünland Vegetation: Wiese-Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 13,14 mNHN, 1,74 mMW, ebener Tiefenbereich, abflusslose Rinne, „alter Aue“

Profilbeschreibung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aoAh oF(Lf)	17 cm	Dunkelbrauner (10YR3/2), sehr stark humoser, basenreicher Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte <i>Organofluviilehm</i>
2	aM f-(Lf)	70 cm	Brauner Horizont aus Fluviilehm, mittlerer Lagerungsdichte, basenreich, noch schwach humos <i>Fluviilehm</i>
3	aM-aGo f-(Lf)	115 cm	Übergangshorizont, erste deutliche Oxidflecken, basenreicher als aM, gerade noch schwach humos, mit sandigen Lagen <i>Fluviilehm</i>
4	II aGo f-s(Sf)	150 cm	Sandiger Horizont mit schluffigen Bändern (verenzelt), oxidfleckig <i>Fluvisand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: GG-AB: oF(Lf)f-(Lf)/f-s(Sf)
 Bodenformensymbol: Gley-Vega aus Organofluviilehm über Fluviilehm und tiefem Fluvisand

WRB: Gleyic Mollic Fluvisol

sonst. Profilkennz.:

Anmerkungen: Standort mit mittlerem Belastungsniveau, mittlerer Kohlenstoffvorrat, Überstauung gegen die Fließrichtung der Elbe, Überströmung erst bei mittleren Hochwässern

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	17	Lt2	0,1	5,7	15,1	17,1	19,4	11,6	21	48	31	
2	70	Slu	0,1	7,9	29,3	22,7	16	7,8	37	47	16	
3	115	Lu	0,2	8,1	13,5	30,0	20	9,6	22	60	19	
4	150	Ss	5,7	84,9	9,1	0	0	100	0	0	0	

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	TRD (g/cm ³)	pH (CaCl ₂)	C _{org} (M.-%)	N _i (M.-%)	C _{org} /N _i (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _o /Fe _d	C _{org} Vorrat (kg/m ²)	Hg anthrop. (g/m ²)
1	62	0,90	5,6	4,5	0,42	10,8	13,4	19,3	0,72	14,3	1,3
2	40	1,41	5,3	0,7	0,09	7,7	6,0	10,7	0,56		
3	48	1,43	5,8	0,5	0,07	7,6	6,4	11,1	0,57		
4	0	1,54	6,1	0,0	0,01	6,2	0,6	1,3	0,43		

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	89	8,6	50	169	36936	8,7	1115	48	245	927	1,9	0,26	
2	40	0,2	59	39	29240	0,2	1068	38	92	238	2,2	0,39	
3	21	0,1	50	25	28656	0,1	750	27	67	104	1,3	0,64	
4	5	0,1	8	4	3942	0,0	178	5	12	22	0,0	0,52	

¹⁾ Gehalte nach KW

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/5 (Wehningen)

Profil-Nr.: 5 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Dannenberg Nord)
 Lage: 4442521 HW: 5893639 Kreis: LG (Amt Neuhaus) Ort: Wehningen
 Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 12,37 mNHN, 1,09 mMW, ebener Tiefenbereich, unterstromig in abflussloser Senke, „alte“ Aue

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aoAh		Schwarzbrauner (10YR3/1), basenreicher, sehr stark humoser Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte Organofluviton
2	ot-t(Tf)	20 cm	Brauner, sehr basenreicher, schwach humoser Horizont aus Fluvischluff mit Oxidflecken und geringer Lagerungsdichte Fluvischluff
3	IaGo-M f-u(Tf)	56 cm	Brauner, sehr basenreicher, schwach humoser Horizont aus Fluviton mit Oxidflecken und geringer Lagerungsdichte Fluvischluff
4	III aGo-M f-t(Tf)	103 cm	Brauner, sehr basenreicher, schwach humoser Horizont aus Oxidflecken und mittlerer Lagerungsdichte mit Fluvischluff
5	V aGo f-s(Sf)	145 cm	Reinsandiger Horizont mit sehr hohen Feinsandanteilen und Oxidflecken Fluvisand
6	VI aGor/Go f-s(Sf)/f-u(Tf)	180 cm	Wechselagerungshorizont aus Fluvischluffen und Fluvisanden mit Reduktionsfarben Reinsandiger Reduktionshorizont
7	f-s(Sf)	200 cm	Fluvisand

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	GG-AB: ot-t(Tf)/f-u-t(Tf)
Bodenformenbezeichnung:	Gley-Vega aus Organofluviton über Organofluvischluff und Ton
WRB:	Mollis Fluvisol
sonst. Profilkennz.:	Hohes Belastungsniveau, mittlerer Kohlenstoffvorrat, geringer/behinderter Sedimenteintrag, Überstauung gegen die Fließrichtung der Elbe, Überströmung erst bei mittleren Hochwässern

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreifen Feinerde)									
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	20	Tu3	0,0	0,9	1,7	13,7	24,7	17,9	3	56	41	
2	56	Lu	0,0	2,5	7,9	25,1	22,2	15,2	10	62	27	
3	103	Tu3	0,0	0,4	2,5	23,6	25,6	15,5	3	65	33	
4	130	Lu	0,0	0,9	21,2	29,1	19,2	9,1	22	57	20	
5	145	Ss	0,0	1,5	93,9	1,4	1,1	1,1	95	3	1	
6	180	Lu/Ss	0,0	1,0	13,8	30,4	23,2	8,5	15	62	23	
7	200	Ss	0,8	48,2	44,2	4,2	1,4	1,8	93	7	0	

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	pH (CaCl ₂)	C _t (M.-%)	N _i (M.-%)	C _{org} /N _i (g/kg)	Fe ₀ (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _o /Fe _d	C org. Vorrat (kg/m ²)	Hg anthrop. (µm ²)	
											12
1	84	0,81	6,0	5,6	0,52	10,8	18,6	25,2	0,74	18,1	2,3
2	64	1,37	6,2	1,0	0,13	7,4	8,9	14,6	0,61		
3	74	1,30	6,3	0,8	0,10	7,8	9,4	14,6	0,65		
4	49	1,41	6,4	0,5	0,06	8,0	7,2	10,3	0,70		
5	3	1,46	6,5	0,1	0,02	5,8	3,1	4,8	0,65		
6	55	1,39	6,3	0,9	0,10	8,9	3,2	4,8	0,66		
7	3	1,53	6,4	0,1	0,01	6,5	0,2	0,5	0,34		

Lfd. Nr.	As ³⁺ (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	99	8,8	146	182	43888	13,8	790	48	282	941	10,5	0,30
2	34	0,2	51	31	35724	0,4	1056	27	96	186	4,8	0,52
3	22	0,1	53	32	38723	0,1	769	32	96	120	4,6	0,81
4	18	0,1	36	22	26674	0,1	421	18	67	76	0,0	0,89
5	27	0,1	26	24	13137	0,1	326	12	18	55	3,5	0,33
6	13	0,1	47	31	24910	0,1	175	29	76	104	0,0	0,73
7	0	0,1	8	4	3502	0,0	47	6	43	15	1,1	2,90

¹⁾ Gehalte nach KW

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/6 (Wehningen)

Profil-Nr.: 6 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Dannenberg Nord) Ort: Wehningen
 Lage: 4442976 RW: 5893676 Kreis: LG (Amt Nauhaus)
 Nutzung: keine Vegetation: Röhricht, Röhrl. Seggen Datum: 07.10.2009
 Relief: 12,16 mNHN, 0,82 mMW, ebener Tiefenbereich, s.d. Randbereich einer Flutrinne „junger“ Aue

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aGo-oAh oF-(Tf)	18 cm	Schwarzbrauner (10YR3/1), sehr stark humoser, basenreicher Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte mit deutlichen Oxidflecken <i>Organofluvit</i>
2	aoM-Go oF-(Tf)	45 cm	Schwarzbrauner (10YR3/2), sehr stark humoser, basenreiches Kolluvium/sediment sehr geringer Lagerungsdichte mit deutlichen Oxidflecken <i>Organofluvit</i>
3	aGo oF-(Tf)	80 cm	Brauner, rostfleckiger Horizont, mittel humos mit geringer Trockenrohichte <i>Organofluvit</i>
4	II aGo f-s(Sf)	100 cm	Reinsandiger Horizont mit fluvialer Schichtung und Rostfleckung <i>Fluvisand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	GGA: oF-(Tf) // f-s(Sf)
Bodenformenbezeichnung:	Auengley aus Organofluvit über tiefem Fluvisand
WRB:	Gleyic Mollic Fluvisol
sonst. Profilkennz.:	Hoher Belastungsstatus, hohe Sedimentationsraten von organogenem Fluviton, hoher Kohlenstoffvorrat, Überstauung gegen die Fließrichtung der Elbe, Überströmung erst bei mittlerem Hochwasser, im historischen Flussbett der Elbe

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreien Feinerde)									
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	18	Tu3	0,0	0,7	1,0	16,5	24,7	19,1	2	60	38	
2	45	Tu3	0,0	0,9	2,2	17,0	23,2	18,9	3	59	38	
3	80	Tu3	0,0	3,5	6,6	20,6	20,2	16,3	10	57	33	
4	100	Su2	0,2	68,2	18,3	6,8	2,6	1,3	87	11	3	

Lfd. Hor.-Nr.	< 20 µm (%)	TRD (g/cm ³)	pH (CaCl ₂)	C _{org} (M.-%)	Ni (M.-%)	C _{org} /Ni (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _d /Fe _o	C org/Vorrat anthop. (kg/m ²)	
											12
1	82	0,60	5,7	7,2	0,68	10,6	17,6	23,0	0,77	24,2	4,7
2	80	0,81	5,6	5,0	0,44	11,4	14,2	19,7	0,72		
3	69	1,32	6,1	1,1	0,13	8,4	10,8	17,1	0,63		
4	7	1,52	6,2	0,1	0,02	8,2	5,0	7,8	0,64		

Lfd. Hor.-Nr.	As ⁺ (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	35	7,2	141	158	32809	12,6	298	41	163	791	9,7	0,21
2	62	4,1	78	104	24286	15,3	77	22	163	484	4,6	0,94
3	111	6,8	107	81	60887	0,5	2094	41	111	748	0,0	0,15
4	88	0,1	10	9	10296	0,0	256	5	13	41	0,0	0,30

¹⁾ Gehalte nach KW

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/7 (Wehningen)

Profil-Nr.: 7 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Dannenberg Nord) Ort: Wehningen
 Lage: 4443222 HW: 5893405 Kreis: LG (Amt Neuhaus)
 Nutzung: keine Vegetation: Röhricht, Landreitgras Datum: 07.10.2009
 Relief: 13,99 mNHN, 2,62 mMW, ebener Tiefenbereich, Top vom Uferwall, „junger“ Aue

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	aAh f-s(Sf)	18 cm	Dunkelbrauner (10YR3/2), stark humoser, sehr basenreicher Oberbodenhorizont, geringer Lagerungsdichte Fluvisand
2	raAh/aC f-s(Sf)	52 cm	Wechselnde Lagen aus Reinsand und reliktsichen Ah-Horizonten unterschiedlich langer Phasen der Humusakkumulation Fluvisand
3	II aC		Reinsand
	f-s(Sf)	70 cm	Fluvisand
4	raAh/Go		Wechselnde Lagen aus Reinsand und reliktsichen Ah-Horizonten mit Oxidflecken Fluvisand
	f-s(Sf)	90 cm	Fluvisand
5	III raAh/Go2		Wechselnde Lagen aus schwachtonigem Sand und reliktsichen Ah-Horizonten mit Oxidflecken Fluvisand
	f-s(Sf)	100 cm	Reinsandiger Unterbodenhorizont
6	IV aGo f-s(Sf)	170 cm	Fluvisand

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	GG-AQ: f-s(Sf)
Bodenformenbezeichnung:	Gley-Paterina aus Fluvisand
WRB:	Gleyic Mollic Fluvisol
sonst. Profilkennz. Anmerkungen:	Hochgelegener, sehr trockener und durchlässiger Standort, niedriger Belastungsstatus, niedriger Kohlenstoffvorrat, im Prallhangbereich der Elbe, hohe Sedimentationsraten bei Abflüssen größer als mittleres Hochwasser

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart		Textur (% der humustreien Feinerde)																	
		1	2	gS	mS	tS	gU	mU	tU	gS	tS	gU	mU	tU	gS	tS	gU	mU	tU		
1	18	S12		0,0	46,1	36,8	3,4	3,7	2,7	83	10	7									
2	52	S12		0,0	62,3	25,2	3,0	2,9	1,9	88	8	5									
3	70	Ss		0,0	91,3	8,6	0,0	0,0	0,0	100	0	0									
4	90	Ss		0,3	84,6	14,1	0,0	0,0	0,0	99	1	0									
5	100	S12		0,0	37,3	37,1	8,0	7,4	4,5	74	20	6									
6	170	Ss		0,0	75,9	23,7	0,0	0,0	0,0	100	0	0									

Lfd. Nr.	< 20 µm (%)	TRD (g/cm ³)	pH (CaCl ₂)	C _{org} (M.-%)	Ni (M.-%)	C _{org} /Ni	Fe ₀ (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _d /Fe ₀	Fe _d (g/kg)	Fe _d (g/kg)	C org. Vorrat (torg/m ²)	Hg anthrop. (g/m ²)
1	14	1,17	7,0	2,5	0,20	13,0	5,5	6,5	0,84	13,0	1,5		
2	10	1,29	6,3	1,2	0,05	24,7	3,3	4,4	0,74				
3	0	1,46	6,1	0,1	0,01	7,1	0,4	1,1	0,39				
4	0	1,46	6,1	0,2	0,02	10,3	0,9	1,6	0,58				
5	18	1,14	5,9	1,4	0,11	12,9	5,3	7,0	0,75				
6	0	1,52	6,2	0,1	0,01	7,4	0,6	1,2	0,49				

Lfd. Nr.	As ^I (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	10	1,8	26	28	10090	1,6	407	13	34	260	1,2	0,13
2	12	0,6	23	21	6517	2,3	137	8	22	143	0,0	0,16
3	0	0,1	6	5	3145	0,1	106	5	31	64	0,0	0,48
4	9	0,1	8	8	4469	0,4	133	4	11	64	0,0	0,17
5	37	1,8	37	70	12414	1,3	410	15	122	265	0,0	0,46
6	8	0,1	10	8	4241	0,0	190	6	23	70	0,0	0,33

^{y)} Gehalte nach KW

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/8 (Wehningen)

Profil-Nr.: 8 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Denenberg Nord) Ort: Wehningen
 Lage: 4442371 HW: 5893454 Kreis: LG (Amt Neuhaus)
 Nutzung: Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 12,93 mNHN, 1,68 mMW, ebener Tiefenbereich, Ufermahnes Plateau, „junger Aue“

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	aoAh of-(Lf)	11 cm	Schwarzbrauner (10YR3/1), sehr stark humoser, sehr basenreicher Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte <i>Organofluviolm</i>
2	aoM		Schwarzbrauner (10YR3/1), sehr stark humoser, sehr basenreicher Horizont aus organogenem Sediment/Kolluvium sehr geringer Lagerungsdichte, sandige Lagen <i>Organofluviolm</i>
3	aGo-aM of-(Lf)	45 cm 65 cm	Dunkelbrauner, sehr stark humoser, sehr basenreicher Horizont sehr geringer Lagerungsdichte, oxidfleckig <i>Organofluvischuff</i>
4	aGo		Reinsandige Hochflutablagerung
5	f-s(Sf)	69 cm	<i>Fluvisand</i>
5	aGo-aM		brauner, mittel humoser, sehr basenreicher Horizont sehr geringer Lagerungsdichte, oxidfleckig
6	of-(Lf) aGo-M(Go) f-s(Sf)	87 cm 103 cm	Fluviolm Wechsellagerungen aus sandigem und feinkörnigem Material <i>Fluvisand/Fluviolm</i>
7	f-s(Sf)	160 cm	Reinsandiger Unterbodenhorizont mit fluviatiler Schichtung und deutlicher Oxidfleckung <i>Fluvisand</i>

Profilkennzeichnung

Bodentormensymbol: **GG-AB: of-(Lf)/ f-s(Lf, Sf)**
 Bodenformenbezeichnung: **Gley-Vega aus Organofluviolm über Fluvischluff und Fluvisanden**

WRB: Gleyic Mollic Fluvisol
 sonst. Profilkennz.: Starke Bioturbation überprägt die hochwasserbedingte Schichtung nicht
 Anmerkungen: Mittleres Belastungsniveau, höchste Sedimentationsraten, sehr locker bis in große Tiefe, natürliche Vegetationsentwicklung bis nach 1977, Überströmt bei niedrigeren Hochwässern, ebnorther Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustfreien Feinerde)									
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	11	Ls3	0,2	23,6	14,7	14,8	13,5	11,2	38	40	11	
2	45	Ls2	0,0	14,1	14,5	17,1	16,7	13,5	29	47	24	
3	65	Lu	0,0	7,0	20,0	20,0	17,2	14,9	27	52	21	
4	69	Ss	0,0	76,5	0,0	0,0	0,0	0,0	99	1	0	
5	87	Lt2	0,0	4,1	26,2	14,7	16,8	13,1	30	45	25	
6	103	Lt2/Ss	0,0	27,1	47,5	6,7	5,5	4,9	75	17	8	
7	160	Ss	1,5	96,7	1,9	0,0	0,0	0,0	100	0	0	

Lfd. Nr.	< 20 µm (%)	TRD (g/cm ³)	pH (CaCl ₂)	C _{org} (M-%)	Ni (M-%)	C _{org} /N _t	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d	C org. Vorrat (kg/m ²)	Hg anthrop. (µm ²)	
											12
1	47	1,10	6,8	5,2	0,52	10,0	13,4	17,1	0,78	29,7	5,9
2	54	0,86	6,5	5,5	0,42	13,2	17,3	22,1	0,79		
3	53	0,87	6,5	2,7	0,22	12,0	13,2	18,3	0,72		
4	0	1,52	6,6	0,1	0,02	7,7	0,6	1,2	0,47		
5	55	1,27	6,6	1,4	0,13	10,4	10,8	15,3	0,70		
6	19	1,38	6,7	0,5	0,04	10,7	3,2	5,2	0,62		
7	0	1,56	6,7	0,0	0,00	10,8	0,3	0,8	0,38		

Lfd. Nr.	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	46	12	140	175	31569	5,8	3503	60	209	1250	0,0	0,17
2	106	11	116	122	30365	14,8	577	34	170	1150	7,4	0,15
3	105	7,0	115	175	33081	5,7	1243	34	240	765	9,5	0,31
4	8	0,1	9	8	3787	0,1	95	3	11	57	0,0	0,19
5	118	7,5	101	101	37681	0,1	2363	44	152	816	8,6	0,19
6	30	0,1	29	23	13034	0,3	334	12	67	155	0,0	0,43
7	7	0,1	4	3	3261	0,0	258	5	10	37	1,1	0,26

¹⁾ Gehalte nach KW

Lfd. Nr.	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pf				nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
		1,8	2,0	2,5	4,2		
1	35	36	37	38	39	40	42
2	64,5	48,3	41,2	19,0	29,3	18,7	
3	64,7	48,8	41,0	20,2	28,6	20,2	
4	61,0	41,0	33,6	20,7	20,3	20,7	
5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
6	58,5	39,3	33,7	14,9	24,4	14,9	
7	49,6	22,7	16,8	5,4	17,3	5,4	
	39,9	5,7	3,9	0,9	4,9	0,8	

Standortsituation Exkursionspunkt: G4/9 (Wehningen)

Profil-Nr.: 9 Bearbeiter: Weniger, Krüger TK25: 2832 (Dannenberg Nord)
 Lage: 4443069 HW: 5893667 Kreis: LG (Amt Neuhaus) Ort: Wehningen
 Nutzung Grünland Vegetation: Feuchtwiese Datum: 07.10.2009
 Relief: 11,93 mNHN, 0,59 mMW, ebener Tiefenbereich, tiefster Punkt in der zentralen Flutrinne, „junge“ Aue

Profilbeschreibung

Hor.- Nr.	Horizont-/ Substrat- symbol	Ober-/ Unter- grenze	Horizontbeschreibung
1	aGo-oAa of-U(Tf)	15 cm	Dunkel-Schwarzbrauner (10YR3/1), amoofiger, basenreicher Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte <i>Organofluvisol</i>
2	aGo-oAa2 of-f(Tf)	20 cm	Schwarzbrauner bis grauschwazer (10YR3/2), amoofiger, basenreicher Oberbodenhorizont sehr geringer Lagerungsdichte <i>Organofluvisol</i>
3	aGro-oml of-f(Tf)	31 cm	Schwarzbrauner bis grauschwazer (10YR3/2), stark humoser basenreicher Horizont sehr geringer Lagerungsdichte <i>Organofluvisol</i>
4	aGro f-f(Tf)	78 cm	Rostfleckiger Horizont mit Reduktionsstufen geringer Lagerungsdichte <i>Fluvisol</i>
5	aGro-Gr f-s+(St+L+I)	93 cm	Wechsellagerungshorizont, Reduktionsstufen überwiegen <i>Fluvisol/Fluvisand</i>
6	aGr f-s(Sf)	140 cm	Horizont aus Reinsand <i>Fluvisand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	GGao: of-U+I(Tf) f-f(Tf)/f-s(Sf)
Bodenformen- bezeichnung:	Anmooriger Auengley aus Organofluvisol und Ton über Fluvisol und tiefem Fluvisand
WRB:	Gleyic Mollis Fluvisol
sonst. Profilkennz.:	Evtl. Vermulmungserscheinungen im Oberboden
Anmerkungen:	Hoher Belastungsstatus, hohe Sedimentationsraten, hoher Kohlenstoffvorrat, Überstauung gegen die Fließrichtung der Elbe, Überströmung bei mittleren Hochwässern, im historischen Flussbett der Elbe

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart		Textur (% der humustreien Feinerde)										
		1	2	gS	mS	tS	gU	mU	tU	sS	uS	uU	sU	tU
1	15	Uf4		0,5	1	1,5	36	31	10	3	77	20		
2	20	Tu3		0	1	2	16	21	3	57	40			
3	31	Tu3		0	1	3	13	19	21	4	53	44		
4	78	Tu3		0	1,5	6,5	15	23	17	8	55	37		
5	93	Si3		3	12	59	8	5	4	74	17	9		
6	140	Ss		18	79,5	2,5	0	0	0	100	0	0		

Lfd. Nr.	< 20 µm (%)	TRD (g/cm³)	pH (CaCl₂)	C _{org} (M-%)	Ni (M-%)	C _{org} /Ni	Fe _o (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _e /Fe _d	C _{org} Voirat (kg/m²)	Hg, anthrop. (g/m²)
1	58	0,82	5,3	9,7	0,72	13,5	28,3	33,1	0,86	27,5	4,1
2	82	0,81	5,4	8,2	0,52	15,7	21,8	28,7	0,76		
3	85	1,02	5,5	3,9	0,33	11,8	15,7	18,0	0,88		
4	76	1,29	5,8	1,2	0,12	9,7	12,6	17,6	0,72		
5	17		6,0	0,4	0,04	9,3	2,1	3,3	0,62		
6	0	1,65	6,4	0,0	0,01	4,0	n.n.	0,2	0,12		

Lfd. Nr.	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	U (mg/kg)	Pb/Zn
1	140	12	244	282	49725	18,3	660	62	354	1297	20,1	0,27
2	142	8,1	133	185	35412	23,2	196	37	270	873	14,8	0,31
3	105	4,1	88	139	31615	7,1	176	28	289	483	3,2	0,60
4	35	1,4	48	28	33519	0,5	269	22	99	225	5,6	0,44
5	8	0,1	23	16	13136	0,2	86	13	37	89	1,6	0,41
6	n. b.	n. b.	n. b.									

^y Gehalte nach KW

Lfd. Nr.	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF				nFK (Vol.-%)	nFK (cm/d)
		1,8	2,0	2,5	4,2		
1	35	36	37	38	39	40	42
2	64,5	58,0	51,7	38,5	19,5	38,5	
3	65,4	56,8	51,0	31,9	24,9	31,9	
4	59,2	55,8	51,3	32,0	23,8	32,0	
5	50,3	46,6	31,2	15,4	31,2	31,2	
6	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	
	37,4	4,3	3,1	0,7	3,6	0,7	

CarboZALF – ein interdisziplinäres Landschaftsexperiment zum Kohlenstoffhaushalt von Agrarlandschaften

*J. AUGUSTIN, W. HIEROLD, M. SOMMER (ZALF MÜNCHEBERG) MIT BEITRÄGEN VON:
D. DEUMLICH, H. H. GERKE, S. KOSZINSKI, B. SCHRÖDER, J. HUFNAGEL, G. VERCH,
S. WIRTH, H. JOCHHEIM, C. NENDEL, G. LISCHIED, U. SCHINDLER (ZALF), J. SIEMENS (UNI
BONN), F. LANG, M. KAUPENJOHANN (TU BERLIN), G. KIRCHNER (BUNDESAMT F.
STRAHLENSCHUTZ, BERLIN), M. SCHWANK (GFZ POTSDAM)*

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V.
Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg
Tel.: +49 (0)33432/82-436
Mail: whierold@zalf.de

Einleitung und Ziele der Exkursion

Nach einem Überblick über die Jungmoränenlandschaft der Uckermark (UM), die sich auf der Anfahrt inkl. einer kleinen Rundtour westlich von Prenzlau ergibt, wird der ZALF-Forschungsansatz zur Analyse des Kohlenstoff-(C-)Haushaltes von Agrarlandschaften vorgestellt. CarboZALF (Etablierung 2009) ist ein interdisziplinäres Projekt mit einer Laufzeit von mindestens 10 Jahren, das zusammen mit mehreren Partnereinrichtungen bearbeitet wird. Ziel der Untersuchungen ist eine Verbesserung des Verständnisses von Prozessen, Steuergrößen und Mechanismen der CO₂-Quellen- und Senkenfunktion von Agrarlandschaften vor dem Hintergrund eines prognostizierten globalen Klimawandels. Erläutert wird ein Konzept zur möglichst vollständigen C-Bilanz von prozessrelevanten Arealen in einer jungglazialen Bodenlandschaft.

Der systemische Ansatz basiert auf der Kopplung von Experiment (Prozessstudien, Monitoring) und Modellierung mit Fokus auf Wechselwirkungen von Böden und Bewirtschaftung auf Landschaftsebene. Ein inhaltlicher Schwerpunkt von CarboZALF resultiert aus der - für globale Bilanzen - bedeutenden Frage, ob und inwieweit Erosion/Sedimen-

tation zu einer CO₂-Quellen- oder CO₂-Senkenfunktion der Böden führt.

Vorgestellt wird auf der 6 ha großen Experimentalfläche bei Holzendorf u. a.:

- Versuchsanlage und Messkonzept sowie Aspekte des Energiepflanzenanbaus
- Verfahren und Ergebnisse einer Strukturanalyse von Bodenlandschaften (nicht-invasive Methoden, Bohrungen), inkl. eines Regionalisierungsansatzes auf Landschaftsskala
- Manipulationsexperiment zu Erosion und Deposition
- Messkonzept und erste Ergebnisse zu den C-Flüssen und der C-Dynamik, wie zur mikrobiellen Aktivität
- C-N-Modellierung

Ergänzend wird die TERENO-Initiative der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) zum Monitoring von Umweltprozessen am Lysimeter der Forschungsstation Dedelow des ZALF vorgestellt.

Fakten zum Exkursionsraum

Die Experimentalfläche CarboZALF-D liegt in einem hierarchisch gegliederten Untersuchungsraum des ZALF im NO-deutschen Tiefland, nahe der ZALF-Außenstelle Dedelow (Prenzlau).

Klima: Die UM wird dem Übergangsklima zwischen atlantisch und kontinental geprägtem gemäßigttem Klima zugerechnet, wobei die Kontinentalität nach Osten deutlich zunimmt (Abnahme der Jahresniederschlagssumme um ~150mm auf <500mm von Feldberg bis Prenzlau auf ca. 30km Entfernung).

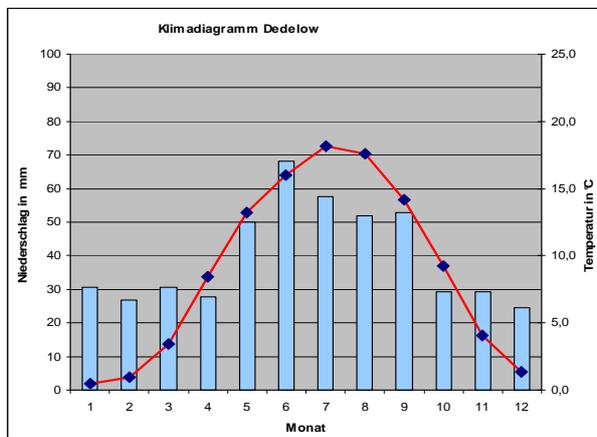


Abb.1: Kimadiagramm Dedelow (UM)

Die Jahresmitteltemperatur (1985-2005) beträgt 8,4°C, die mittlere Jahresniederschlagssumme 486mm (Abb.1). Für die Landwirtschaft kritisch sind Fröhsommertrockenheiten und Kahlfröste im Winter, d. h. starke Fröste ohne Schneedecke.

Geomorphologie/Böden

Auf der Anfahrt (Abb.2) werden noch im Stadtgebiet das Berliner Urstromtal, Schmelzwasserbahn der Frankfurter Staffel der Weichselkaltzeit (W1F), und der Barnim (Moränenplatte zu W1F) gequert, bevor entlang der A11 nach dem Eberswalder Urstromtal (bei Finowfurt) die Uckermark als Grundmoränenlandschaft (W2) erreicht wird. Die Querung der Haupteisrandlage („Pommersche“ W2P) erfolgt bei Joachimsthal. Bis Prenzlau dominieren im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin kupfipige Lehmplatten; die ausgedehnten Sander der Schorfheide bleiben westlich liegen. Nach Dominanz von Buchenwäldern erschließt sich erst kurz vor Abfahrt von der A11 bei Hohengüstow die UM als Ackerlandschaft. Die Grundmoräne ist hier hügelig mit vermoorten und vernässten Senken und dominiert durch Lessivés und tschernosemenartige Böden. Gegen W, jenseits der Ucker (Prenzlau) fehlen

die Tschernoseme weitgehend und werden durch Parabraunerden (teils pseudovergleyt) abgelöst. Als Degradationsformen kommen Pararendzinen und Kolluvisole vor.



Abb. 2: Exkursionsraum

Im SW des Exkursionsraumes werden morphografisch die Endmoränen der Gerswalder Staffel (W2G) und des Uckergletschers (Uckerseebecken, W2U) sichtbar (Standort 1: Weinberg).

In der Kiesgrube Parmen (Standort 2) sind Sander und Endmoräne (W2G) angeschnitten und werden besichtigt. Braunerden aus Sand dominieren; diese sind ackerbaulich, teilweise auch forstlich genutzt.

Holozäne Substrate und deren Böden treten in der UM in Schmelzwasserrinnen (Uckertal) sowie geschlossenen Senken als Niedermoortorfe, Mudden, Kolluvien, Wiesenkalke oder Fluvisande auf.

Ausführlichere oder weiterführende Darstellungen siehe im Exkursionsführer 2003 (Mitt. DBG, Bd.100): DALCHOW & SCHMIDT (2003), SCHMIDT (2003) und speziell zur Uckermark DEUMLICH u. a. (2003).

Historische und aktuelle Landnutzung: Auch zur historischen und aktuellen Landnutzung gibt es an gleicher Stelle ausführlichere Beiträge (BORK & DALCHOW 2003),

(HABERSTOCK, ROTH & BACHINGER 2003).

Für die UM bleibt bzgl. anthropogener Einflüsse auf die Bodendecke festzuhalten, dass es erst nach der deutschen Ostexpansion (Askanier) mit weitgehender Rodung ab Mitte des 13.Jh. und durch Witterungsextreme im 14.Jh. zu ersten gravierenden Erosionsereignissen kam. Langfristige Folge war die Verdopplung der anfangs stark gerodeten Waldflächen auf heutiges Niveau durch Nutzungsaufgabe und Sukzession. Eine weitere Phase verstärkter Erosion trat mit der Zunahme der Bewirtschaftungsintensivierung ab ca.1960 ein. Großtechnik führte auf empfindlichen Böden vielfach zu Krumenbasisverdichtung. Teilweise überzogene Flurbereinigungsverfahren (Komplexmeliorationen) hatten den Verlust Erosion mindernder Landschaftselemente zur Folge. Mit Landschaftsstrukturierung, Fruchtfolgeregeln und angepassten Produktionsverfahren versuchte man gegenzusteuern; die Wirkungen waren regional differenziert. Heute wird Bodenschutz vor allem durch Marktmechanismen (zunehmende Monokultur, Investitionszurückhaltung der Betriebe), aber auch durch schwere Maschinensysteme beschränkt.

Sichtbare Belege der Erosionsgeschichte auf der CarboZALF-Fläche sind neben den gekappten Profilen die Gley-Kolluvisole der Senke (G5/4) mit 1,40m mächtiger mineralischer Auflage über Moor. Eine dendrochronologische Datierung stellt einen Holzfund an der Basis des Kolluviums in die zweite Hälfte des 13. Jh. (HEUBNER 2009).

Heute ist die UM mit ihren lehmigen Böden (AZ 40-60) nach wie vor wichtigster Agrarraum Brandenburgs. Die Agrarwirtschaft wird durch Marktfruchtbetriebe (je >1000ha) bestimmt, die im Mittel Schläge von 20-30ha, vereinzelt über 100ha Größe bewirtschaften. Nach ZALF-Erhebungen (1999-2005) sind Winterweizen (WW) (23-30%), Winterraps (12-18%), Wintergerste (5-9%), Silomais (ca. 7%) und Triticale (ca. 6%) die Hauptkulturen. Grünland nimmt 9% sowie Brache/ Stilllegung im Mittel 12% der LN ein. Auf Stilllegung

können Industriepflanzen (i.d.R. Raps) angebaut sein. Einige Kulturen variieren marktabhängig stärker, so WW (Zunahme gegen 30%), andere wie Winterroggen sind fast verschwunden (<5%). Einkommensrelevant, aber mit Quoten geregelt wird Zuckerrübe auf 3% der LN angebaut (HIEROLD u. a. 2009).

CarboZALF-Experimentalfläche (Standort 3)

Ziel des Experiments „CarboZALF-D“ ist die „Aufklärung und Modellierung des Einflusses des Energiepflanzenanbaus und von Erosion und Sedimentation auf den Gasaustausch, die C-Dynamik, die Bodenfunktionen und die Klimawirkung von Ackerflächen“.

Um eine umfassende C-Bilanz erstellen zu können, wird versucht alle relevanten C-Flüsse zu erfassen:

- Gasaustausch (CO₂, CH₄, Haubmessungen),
- C-Einträge (Niederschläge, Stäube, organische Düngung) und
- C-Austräge über Ernte (Entzug) und Sickerwassertransport.

Auf der 6ha großen Versuchsfläche wurden 14 Parzellen (je 1500m²) eingerichtet, darin 9 Bodenmessplätze angelegt und auf 9 Plots (ab 2011 auf 12) Gasmessplätze in Betrieb genommen (Abb.3). Das Landschaftsexperiment wurde auf der bis 2008 langjährig einheitlich bewirtschafteten Praxisfläche so angelegt, dass es unterschiedliche Prozessareale erfasst. In Varietäten treten drei für die Untersuchungsregion repräsentative Standorttypen auf:

- Hochflächen mit Norm-Parabraunerde aus s/1 (1,2,3,4) = Referenzstandorte („steady states“) für die Fragestellung Erosion & CO₂
- flachere Hänge mit erodierter Parabraunerde (l/el) (11,12) und steilere Hänge mit Hanggley-Pararendzina (el) (7) = Abtragstandorte mit unterschiedlichem Erosionsgrad

- abflusslose Hohlform/ Senke mit Gley-Kolluvisol (u-s) (9,10) = Akkumulationsstandorte mit unterschiedlichem Vernässungsgrad (Eh – Gradient).

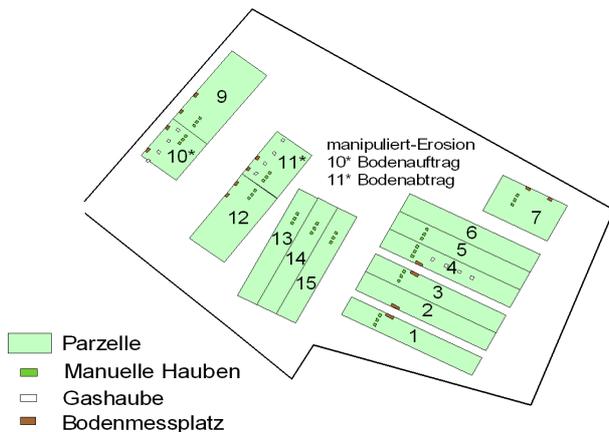


Abb. 3: CarboZALF Experimentalfläche

Bodenkartierung und Regionalisierung

Umfangreiche Arbeiten werden methodisch (nichtinvasive Verfahren, Peilungen, statistischer Ansatz zur Regionalisierung) und im Ergebnis (Bodenvarietäten und Vergesellschaftung) in Handouts während der Exkursion zur Diskussion gestellt. 2010 wurden zwei Plots technogen als Erosions- (11) bzw. Sedimentationsareal (10) manipuliert.

Wasserfluss und Stofftransport in Böden

In drei Tiefenzonen sind Temperatur-, TDR-Sonden, Tensiometer, Saugkerzen und Eh-Sonden installiert: direkt unterhalb des Ap (0,4m), an der Solum-/Durchwurzelungsgrenze (variabel) und im Geschiebemergel (2m). Es werden Methoden und erste Ergebnisse zur Modellierung des Wasserflusses sowie zu DOC- und DIC-Austrägen aus den Standorten zur Diskussion gestellt.

Untersuchungen zu Spurengasaustausch und C-Haushalt: Es werden Methoden, Geräte und Ergebnisse zu folgenden Aspekten vorgestellt:

- Ermittlung des Einflusses von Erosion und Anbau von Energiepflanzen bzw. Gärrestapplikation auf den Netto-CO₂-, CH₄- und N₂O-Austausch bzw. die Veränderungen im Vorrat an organischer

Bodensubstanz mit Hilfe der manuellen Gashaubenmethode nach Drösler und automatisierten Großhubküvetten (Augustin, Hagemann, Pohl)

- Separation des CO₂-Effluxes aus dem Boden von erodierten und sedimentierten Plots in unterschiedlichen Bodentiefen mithilfe diffusionsbasierter Bodengaslanzen und eines Isotopen-CO₂-Analytators (Wirth, Jochheim, Kayler)
- Einfluss der Erosion auf mikrobielle Aktivitäten im Boden (Wirth)

Kooperation mit HGF-TERENO (Standort 4)

Im Rahmen des HGF-Projekts TERENO (TERrestrial ENvironmental Observatoria) erfolgte 2010 gemeinsam mit dem Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ) die Einrichtung eines Lysimeter-Hexagons zum Langfristmonitoring des Wasser- und Stoffhaushaltes von Böden (SoilCan). Drei der sechs installierten Lysimeter entstammen dabei der CarboZALF-Experimentalfläche (Parabraunerde). Die Fruchtfolge und Bewirtschaftung der Lysimeter sowie der umliegenden Versuchsfläche ist mit der CarboZALF-Fläche identisch. An dem Lysimeter-Hexagon wird das Konzept des Geoforschungszentrums Potsdam zu TERENO kurz vorgestellt.

Literatur

- http://www.zalf.de/home_zalf/projekte/projekte/carbozalf/index.htm
- http://zalf1/data_oa/data_access/wetterdatenbank.aspx
(Wetter-DB des ZALF)
- BORK, H.-R. & C. DALCHOW (2003): Land-schaftsgeschichte. Mitt. DBG 100, 28-29.
- DALCHOW, C. & R. SCHMIDT (2003): Geologie und Geomorphologie. Mitt. DBG 100, 8-11.
- DEUMLICH u.a. (2003): G3: Skalenbetrachtung zu Bodenprozessen in Landschaften a. B. der Region Uckermark. Mitt. DBG 100, 118-128.
- FRIELINGHAUS, M., C. DALCHOW & H. SCHÄFER (Hrsg.) (2003): Bodenlandschaften im Jung- und Altmoränengebiet. Exkursionsführer. Mitt. DBG, Bd.100.
- HABERSTOCK, W., R. ROTH & J. BACHINGER (2003): Agrarische Landnutzung. Mitt. DBG 100, 31-33.
- HÄUBNER (2009): Dendrochronologisches Gutachten. Dt. Archäol. Inst., Berlin.
- HIEROLD, W. (Hrsg.) (2009): Ökologische Langzeitbeobachtungen im Landschaftsmaßstab. LTER-Gebiet Uckermark. Exkursionsführer. LTER, ZALF (unveröffentlicht).
- SCHMIDT, R. (2003): Böden. Mitt. DBG 100, 22-27.

Standortsituation Exkursionspunkt: G5/1 (Holzendorf)

Profil-Nr.: h02/jc4 Hierold TK25: 2548 (Dedelow) Ort: Holzendorf
 Lage: RW: 3419274 HW: 5915151 Kreis: Uekemark
 Nutzung: Acker Vegetation: Brache Datum: 11.05.2009
 Relief: sehr schwach geneigte, gestreckte Verabnung (Plateau) (58,1m NN)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	31 cm	Pflughorizont, (10YR4/2-3), schwach humos, carbonatarm
2	p-(k)ls (Sp)		Kryolehmsand, Kies führend (S3) aus Geschiebedecksand tonverarmter Oberbodenhorizont (10YR6/3, 5/4), sehr schwach humos, carbonatfrei
3	p-(k)ls (Sp)	45 cm	Kryolehmsand, Kies führend (S3) aus Geschiebedecksand Übergangshorizont mit tonverarmten und tonangereicherten Partien (10YR6/3, 4/4), sehr schwach humos, carbonatfrei, sehr schwache oxidative Merkmale
4	Al+Bt		Kryosandlehm, Kies führend (S4) aus Decksand und Geschiebelehm
5	Sd-Bt	90 cm	pseudovergleyter (Staunässe) Tonanreicherungshorizont (10YR4/4), sehr schwach humos, carbonatfrei, mit Eisen- und Mangankonkretion
6	gm-(k)sl (Lg)	135 cm	Kryolehmsand, Kies führend (Ls3) aus Geschiebelehm pseudovergleyter, schwach verbraunter Tonanreicherungshorizont (10YR4/6, 5/6), humifrei, carbonatarm mit oxidativen Konkretionen und Flecken (mittel)
	gm-(k)sl (Lg)		Moränensandlehm, Kies führend (S4) aus Geschiebelehm pseudovergleyter, carbonatreicher, angewitterter Untergrundhorizont (10YR6/4), mit oxidativen und reduktiven Merkmalen (mittel)
	Sd-elCcv		Moränencarbonatsandlehm, Kies führend (S4) aus Geschiebelehm

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	s.vLL: p-(k)sl(Sp)/p-(k)l(Lg)
Bodenformensymbol:	Pseudovergleyte (Acker-) Parabraunerde aus Decksand über Geschiebelehm
WRB:	Haplic Luvisol from periglacial sands overlaying loamy till
sonst. Profilkennz.:	keine Erosionserscheinung
Anmerkungen:	ZALF-Versuchsfäche, Normboden ebener Plateaulagen

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	Textur (% der humustfreien Feinerde)											
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣU	ΣS	ΣT	Bodenart		
	2		4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	31	IG-IO.2	4	22	33	18	9	5	59	32	9		Si3	
2	45	IG-IO.2	5	19	27	18	13	8	51	39	10		Si3	
3	62	IG-IO.3	4	18	26	16	11	8	49	35	16		Si4	
4	90	IG-IO.3	4	19	28	14	9	8	50	31	19		LS3	
5	135	IG-IO.3	4	20	31	15	10	6	54	30	16		Si4	
6	200	IG-IO.3	5	20	28	15	12	7	53	34	13		Si4	

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C) (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _t (M.-%)	C _{org} (M.-%)	N _t (g/kg)	C _{org} /N _t	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d /Fe _o
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	6,7	5,5	0,6	0,82	0,74	0,76	10				
2	7,3	6,2	0,4	0,27	0,23	0,28	8				
3	7,4	6,4	0,3	0,25	0,21	0,23	9				
4	7,7	6,8	0,4	0,24	0,20	0,27	7				
5	8,4	7,2	0,6	0,22	0,14	0,23	6				
6	8,6	7,5	11,6	1,49	0,10	0,12	8				

¹⁾ Teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe _d (M.-%)	P _{DL} (M.-%)	K _{DL} (M.-%)	MgCaC ₂ (M.-%)	KAK _{per} /Mensch (cmol _c /kg)	KAK _{eff} /Ulrich (cmol _c /kg)	austauschbare Kationen (cmol _c /kg)						BS _{per} (%)	
							H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	0,7	5,2	7,3											
2	0,5	3,9	6,3											
3	0,1	4,7	6,3											
4	0,1	5,3	5,4											
5	1,7	4,5	4,9											
6	0,1	3,9	3,4											

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	4,2		
1	38	39	40	41	42	43	45
1	1,76						
2	1,79						
3	1,67						
4	1,76						
5	1,73						
6	1,79						

Standortsituation Exkursionspunkt: G5/2 (Holzendorf)

Profil-Nr.: hd02ip11n Bearbeiter: Hierold TK25: 2648 (Dedelow)
 Lage: RW: 3419164 HW: 5915229 Kreis: Uckermark Ort: Holzendorf
 Nutzung: Acker Vegetation: Brache Datum: 23.04.2009
 Relief: schwach geneigter, gestreckter Mittelhang, (53,8 m NN)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	Ap		Plughorizont (10YR4/2), schwach humus, carbonatrei
2	p-(k)sl(Lp)	31 cm	Kryosandlohm, Kies führend (S4) aus Geschiebedecklehm pseudovegleyter (Staunässe) Tonanreicherungs-horizont (10YR4/4), sehr schwach humus, carbonatrei, mit Eisenkonkretionen.
3	p-(k)ll(Lg)	70 cm	Kryosandlohm, Kies führend (Ls4) aus Geschiebelehm pseudovegleyter, stark carbonathaltiger, angewitterter Untergrundhorizont (10YR6/4), mit oxidativen Konkretionen, Humusfäden und Kalkaden
4	Sd-elCv	105 cm	Moränenkarbonatsandlohm, Kies führend (S4) aus Geschiebemergel
5	elCv-Scd	175 cm	dichter, wasserstauer Horizont (10YR6/4, 6/2), carbonatrei mit Konkretionen und Bleichadem (stark)
	gm-(k)sl(Mg)	200 cm	Moränenkarbonatsandlohm, Kies führend (S4) aus Geschiebemergel
	II elCv-Scd		dichter, pseudovegleyter Untergrundhorizont (10YR6/4, 6/3), carbonatrei, mit starken Oxidationsflecken (4) und diffuser Bleichung
	gm-(k)stul(Mg)	200 cm	schluffreiches Moränenmaterial (Lu) aus Geschiebemergel

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: e.s.v.L.; p-(k)ll(Lp)/g-(k)el
 Bodenformenbezeichnung: Erodierter, pseudovegleyter (Acker) Parabraunerde aus Decklehm über Geschiebemergel
 WRB: Stagniv Luvisol from loamy till
 sonst. Profilkennz.: erosionsbeeinflusst, Al fehlt, im Untergrund schluffige Moräne
 Anmerkungen: ZALF-Versuchsfläche, Transmissionsposition am Mittelhang

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der humustreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	lU	ΣS	ΣU	ΣT	Bodenart
2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	31	IG-IO.2	4	22	34	17	8	4	59	28	13	SI4
2	70	IG-IO.2	3	20	32	14	7	5	55	26	19	LS4
3	105	IG-IO.3	4	22	33	13	8	5	59	26	15	SI4
4	175	IG-IO.3	5	23	33	13	9	5	61	26	13	SI4
5	200	IG-IO.3	2	7	14	16	21	15	23	52	25	LU

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	pH (550°C)	GV (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	N _t (g/kg)	C _{org} ²⁾ /N _t ³⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
2	7,83	6,95		0,4	0,87	0,82	0,84	10				
3	8,21	7,22		0,2	0,29	0,26	0,34	8				
4	8,60	7,66		8,6	1,18	1,15	0,18	9				
5	8,71	7,72		11,6	1,49	0,10	0,14	7				
5	8,76	7,75		17,0	2,18	0,14	0,24	6				

¹⁾ Teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Fe _e (M.-%)	P _{DL} (M.-%)	K _{OL} (M.-%)	MgCaCl ₂ (M.-%)	KAK _{Mehlich} (cmol/kg)	KAK _{Nr} (cmol/kg)	Ulrich (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg)					BS _{pot} (%)	
								H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺		Mg ²⁺
1	25	26	24	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	3,2	6,7	8,4											
3	2,9	5,1	4,6											
4	0,2	3,7	2,3											
5	0,2	3,9	2,2											
5	0,1	7,3	6,1											

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pF				nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5	4,2		
38	1,66	39	40	41	42	43	44	45
1	1,66							
2	1,74							
3	1,79							
4	1,87							
5	1,82							

Standortsituation Exkursionspunkt: G5/3 (Holzendorf)

Profil-Nr.: h020lp70 Bearbeiter: Hierold TK25: 2648 (Deddiow)
 Lage: RW: 3419362 HW: 5915198 Kreis: Uckermark Ort: Holzendorf
 Nutzung: Acker Vegetation: Brache Datum: 08.04.2009
 Relief: mittel geneigter, gestreckter Unterhang (54,7mNN)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	eAp1	15 cm	Mergeliger Pflughorizont(10YR4/3), sehr schwach humos, carbonatreich <i>Moränencarbonatlehm, Kies führend (SI4) aus Geschiebemergel</i>
2	eAp2	26 cm	Mergeliger Pflughorizont(10YR4/3), sehr schwach humos, stark carbonathaltig <i>Moränencarbonatlehm, Kies führend (SI3) aus Geschiebemergel</i>
3	sGo-elCcv		Hangwasservergleyter, mergeliger, angewitterter Untergrundhorizont (10R5/4) humistrei, carbonatreich, oxidative Belege auf Klüften, Regenwurmröhren <i>Moränencarbonatlehm, Kies führend (SI3) aus Geschiebemergel</i>
4	esGco		Mergeliger Hangwasserhorizont(10R5/4) mit Rissgefüge, carbonatreich, mit Kalkkonkretionen, oxidative Belege auf Klüften, Regenwurmröhren <i>Moränencarbonatlehm, Kies führend (SI3) aus Geschiebemergel</i>
5	esGco		Mergeliger Hangwasserhorizont (10YR6/3,6,7,5YR4/6) mit Rissgefüge, carbonatreich, mit Kalkkonkretionen, sehr bis extrem hohe Anteile oxidativer und reduktiver Merkmale, dicht <i>Moränencarbonatlehm, Kies führend (SI4) aus Geschiebemergel</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: vGGg-RZ: g-t(k)es(Mg)/g-(k)el(Mg)
 (Acker)Hangley-Paranczina aus Moränencarbonatsand über tiefem
Bodenformenbezeichnung: Carbonatlehm (aus Geschiebemergel)
WRB: Calcic gleyic Regosol from calcareous loamy till
sonst. Profilkennz.: Stark erodiv geprägt, jedoch hoher Regenwurmbesatz
Anmerkungen: ZALF-Versuchsstätte, Erosionsbodenform geneigter Hänge

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilklasse	Textur (% der humustreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	tU	ΣU	ΣT	Bodenart	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	15	fG-tO,2	4	22	34	14	10	4	60	28	12	SI4
2	26	fG-tO,2	4	23	34	14	9	5	61	28	11	SI3
3	48	fG-mO,3	4	22	35	13	8	6	61	27	12	SI3
4	85	fG-mO,3	4	22	34	14	8	6	60	28	12	SI3
5	190	fG-mO,3	5	23	33	13	8	5	61	26	13	SI4

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	pH (550°C)	GV (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ^y (M.-%)	N _t (g/kg)	C _{org} ^y /N _t	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d /Fe _o
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	8,6	7,4		10,2	1,74	0,51	0,64	8				
2	8,6	7,5		8,9	1,63	0,56	0,58	10				
3	8,6	7,7		10,7	1,39	0,10	0,15	7				
4	8,8	7,7		11,4	1,51	0,14	0,19	8				
5	8,8	7,7		10,6	1,38	0,11	0,15	7				

^y teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe _t (M.-%)	Fe _d (M.-%)	Pol (M.-%)	K _{ul} (M.-%)	K _{ol} (M.-%)	MgCaCl ₂ (M.-%)	KAK _{pot}		austauschbare Kationen (cmol _c /kg)				BS _{pot} (%)	
							Mehlich	Ulrich	H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺		Ca ²⁺
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	0,72	5,20		5,39										
2	0,49	3,94		5,91										
3	0,14	4,66		3,53										
4	0,14	5,26		4,10										
5	1,67	4,49		3,65										

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	Kf (cm/d)
			1,8	2,0	2,5		
	38	39	40	41	42	43	45
1	1,73						
2	1,55						
3	1,66						
4	1,86						
5	1,84						

Standortsituation Exkursionspunkt: G5/4 (Holzendorf)

Profil-Nr.: h02ip10h Bearbeiter: Hierold TK25: 2648 (Dedlow) Ort: Holzendorf
 Lage: RW: 3419102 HW: 5915252 Kreis: Uckermark Datum: 23.06.2009
 Nutzung: Acker Vegetation: Brache

Relief: sehr flache, geschlossene Hornform, Zentrallage (51,7m NN)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ap	30 cm	Pflughorizont (10YR4/2), schwach humos, carbonatfrei <i>Kolluvialehmsand (S13)</i>
2	Go-M		schwach humoser Umlagerungshorizont (10YR4/2) mit oxidativen Merkmalen durch zeitweisen Grundwasseranfluss
3	uk-Is(Suk)	60 cm	<i>Kolluvialehmsand (S13)</i> sehr schwach humoser Grundwasserhorizont (10YR5/2), extrem stark reduktiv, stark oxidativ geprägt, mit belebten Regenwurmröhren
4	M-Gro	85 cm	<i>Kolluvialehmsand (S13)</i> schwach humoser Grundwasserhorizont (10YR5/1), überwiegend reduktive und sehr starke oxidative Prägung mit belebten Regenwurmröhren
5	uk-sf(Luk)	112 cm	<i>Kolluvialsandlehmi (S14)</i> sehr schwach humoser, fast ausschließlich reduktiver Grundwasserhorizont (10YR4/1), carbonatfrei mit Regenwürmern
6	III Thr	146 cm	<i>kolluvialer Lehmsand (S13)</i> Fossile, Grundwasser geprägte, organische Horizonte ($\Sigma > 70\text{cm}$) (10YR2/1 dominant), schwach carbonathaltig, oben ca. 10cm gestört
7	og-chn	148 cm	Kalkniedermoortorf (thr), oben mit mineralischen Beimengungen (Grobkies)
8	IV jH	162 cm	
9	og-(k)chn	220 cm	Fossiler, stark humoser, Grundwasser geprägter Horizont eines ehemaligen Gewässergundes, (10YR3/1), carbonatarum
	VI IFT	240 cm	<i>Fulvitrinische Schluffmudde (Liu)</i>
	{ft-Fmu}		

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: vGG-YK-u-s(Suk)/(og-Hr)/(H-Fm)
 Bodenformen- und Mucde: (Acker) Gley-Kolluvial aus Kolluvialsand (über sehr tiefem Niedermoortorf und Mucde)
 WRB: Gleyic Anthrosol from Sand overlying deep organic deposits (Peat)
 sonst. Profilkennz.: Sehr stark kolluvial geprägt, hoher Regenwurmbesatz
 Anmerkungen: ZALF-Versuchstfläche, Zentrum des kolluvialen Akkumulationsbereichs

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der humustreien Feinerde)											
			gS	mS	fS	gU	mU	lU	ΣS	ΣU	ΣT	Bodenart		
2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	30	IG-gG.1	5	23	34	16	8	4	61	28	11		S13	
2	60	IG-gG.1	5	22	32	18	9	5	59	31	10		S13	
3	85	IG-gG.1	4	23	34	18	9	4	60	31	9		S13	
4	112	IG-gG.1	3	17	27	20	12	8	47	40	13		S14	
5	146	IG-gG.1	3	20	32	16	9	6	56	34	10		S13	
6	148	gG.3												
7	162													
8	220		0	2	5	69	8	8	7	86	7		UU	
9	240													

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C) (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _t (M.-%)	C _{org} (M.-%)	N _t g/kg	C _{org} /N _t	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	6,1	5,4		0,4	1,07	1,02	1,06	10			
2	7,4	6,7		0,4	0,67	0,62	0,66	9			
3	7,9	7,0		0,4	0,57	0,52	0,57	9			
4	7,7	7,0		0,5	1,05	0,99	0,98	10			
5	7,7	6,9		0,4	0,59	0,54	0,45	12			
6				4,0	32,98	32,50	21,60	15			
7	7,0	6,6		2,8	16,40	16,07	11,07	15			
8	6,0	5,8		3,0	35,90	35,55	19,69	18			
9	6,4	6,2		1,3	4,31	4,16	3,67	11			

*) teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Fe _d (M.-%)	P _{bl} (M.-%)	K _{0L} (M.-%)	MgCaCl ₂ mg/kg	KAK _{per} Mehlisch (cmol _c /kg)	KAK _{corr} Ullrich (cmol _c /kg)	austauschbare Kationen (cmol _c /kg)						BS _{pot} (%)		
							H ₂ O	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺	Na ⁺
1	4,8	25	25	24	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	9,2	7,8	7,8	8,8											
3	4,9	3,4	3,4	5,8											
4	4,4	4,5	4,5	9,5											
5	2,7	6,2	6,2	8,2											
6	6,6	12,2	12,2	54,4											
7	15,6	11,7	11,7	30,0											
8	4,7	10,5	10,5	69,6											
9	4,8	16,2	16,2	22,2											

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	nFK (cm/d)	kt
			1,8	2,0	2,5			
38	39	40	41	42	43	44	45	
1	1,59							
2	1,68							
3	1,67							
4	1,41							
5	1,74							
7	0,69							
8	0,23							

Böden und Waldbewirtschaftung in Brandenburg

D. KÜHN⁽¹⁾, W. RIEK⁽²⁾, A. RUSS⁽²⁾

- (1) Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg,
Inselstr. 26, 03046 Cottbus
Mail: Dieter.Kuehn@LBGR-Brandenburg.de
- (2) Hochschule für nachhaltige Entwicklung (FH) und Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde,
Alfred-Möller-Str.1, 16225 Eberswalde
Mail: wriek@hnee.de
Mail: aruss@hnee.de
-

Einleitung

In Brandenburg wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Waldböden untersucht, so dass sich die Gelegenheit bietet, anhand einer Auswahl unterschiedlich aufgebauter Böden einerseits die Bodenvarianz im Land Brandenburg zu demonstrieren und andererseits damit die Fragen der Waldbewirtschaftung auf standörtlicher Grundlage zu erläutern. Es wird bei der Vorstellung Bezug auf geologische und bodenkundliche Übersichtskarten genommen anhand derer die Repräsentativität der vorgestellten Böden erläutert wird. Insbesondere spielt dabei das Bodengesellschaftsprinzip eine Rolle, um die Heterogenität der Böden in Übersichtskarten darzustellen. Es wird eine Brücke von der geologischen Kartierung über die Forstliche Standortkartierung bis hin zu aktuellen Bodenkartierung entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2005 geschlagen. Die waldbauliche Nutzung sowie Nutzungspotenziale und Aspekte des Waldumbaus werden auf den demonstrierten Standorten unter Einbeziehung von Befunden aus der Bodenzustandserhebung (BZE II) diskutiert.

Ziel der Exkursion

Es sollen begleitend landschaftliche Zusammenhänge erläutert werden, die zur Extrapolation von Geländeaufnahmen genutzt werden und damit zu entsprechenden Karteninhalten bzw. zu einer Legendenbildung

führen. Neben dem Aspekt der Informationsübertragung vom Punkt auf die Fläche wird der Zusammenhang zur Nutzung in vergangenen Zeiten bis in die Zukunft beleuchtet. Welche Rahmenbedingungen hatten zu den verschiedenen Zeiten primären Einfluss auf die Standortnutzung? Entsprechende Faktoren waren und sind die Standortqualität (v.a. Wasser- und Nährstoffverhältnisse), die Klimabedingungen und das Nutzungsziel bzw. die Ökonomie der Bewirtschaftung.

Exkursionsraum und -route

Der Exkursionsraum umfasst folgende naturräumliche Einheiten: Mecklenburg-Brandenburgisches Platten- und Hügelland (speziell das Nordbrandenburgische Platten- und Hügelland und das Luchland) und die Ostbrandenburgische Platte (speziell der Barnim). Der Weg der Exkursion führt aus Berlin hinaus über die B96 bis nach Nassenheide, wo zwischen Rhinluch im Westen und Eberswalder Urstromtal im Osten der erste Exkursionspunkt liegt. Von dort führt die Route weiter nach Norden in die Nordbrandenburgische Platten- und Hügellandschaft. Im Speziellen führt der weitere Weg auf die Platte zwischen den Tälern von Rhin im Westen und Havel im Osten. Der zweite Profilpunkt liegt in der Griebener Heide westlich Löwenberg auf einem Sander des Frankfurter Stadiums der Weichselkaltzeit, welcher der Granseer Platte im Südwesten vorgelagert ist. Weiter führt der Weg zurück über die B96 nach Meseberg, vorbei am Schloss Meseberg, dem Gästehaus

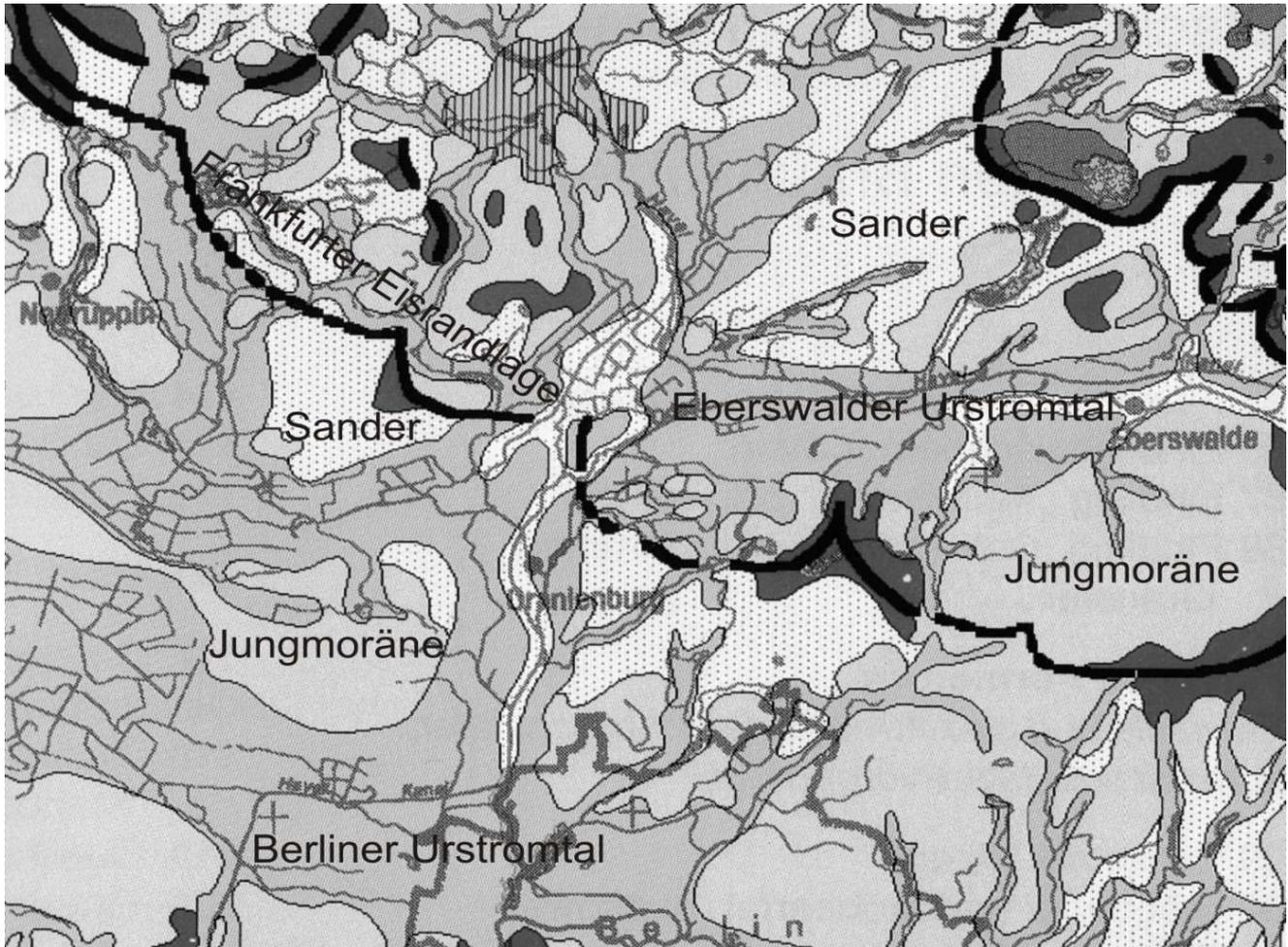


Abb. 1: Landschaftsgenese (Quelle: Atlas zur Geologie Brandenburgs, Kleinmachnow 2002)

der Bundesregierung in die Baumgartener Heide im Randbereich der Gransee Platte, die in die Baumgartener Heide im Randbereich der Gransee Platte, die sich östlich mit Moränenstandorten anschließt.

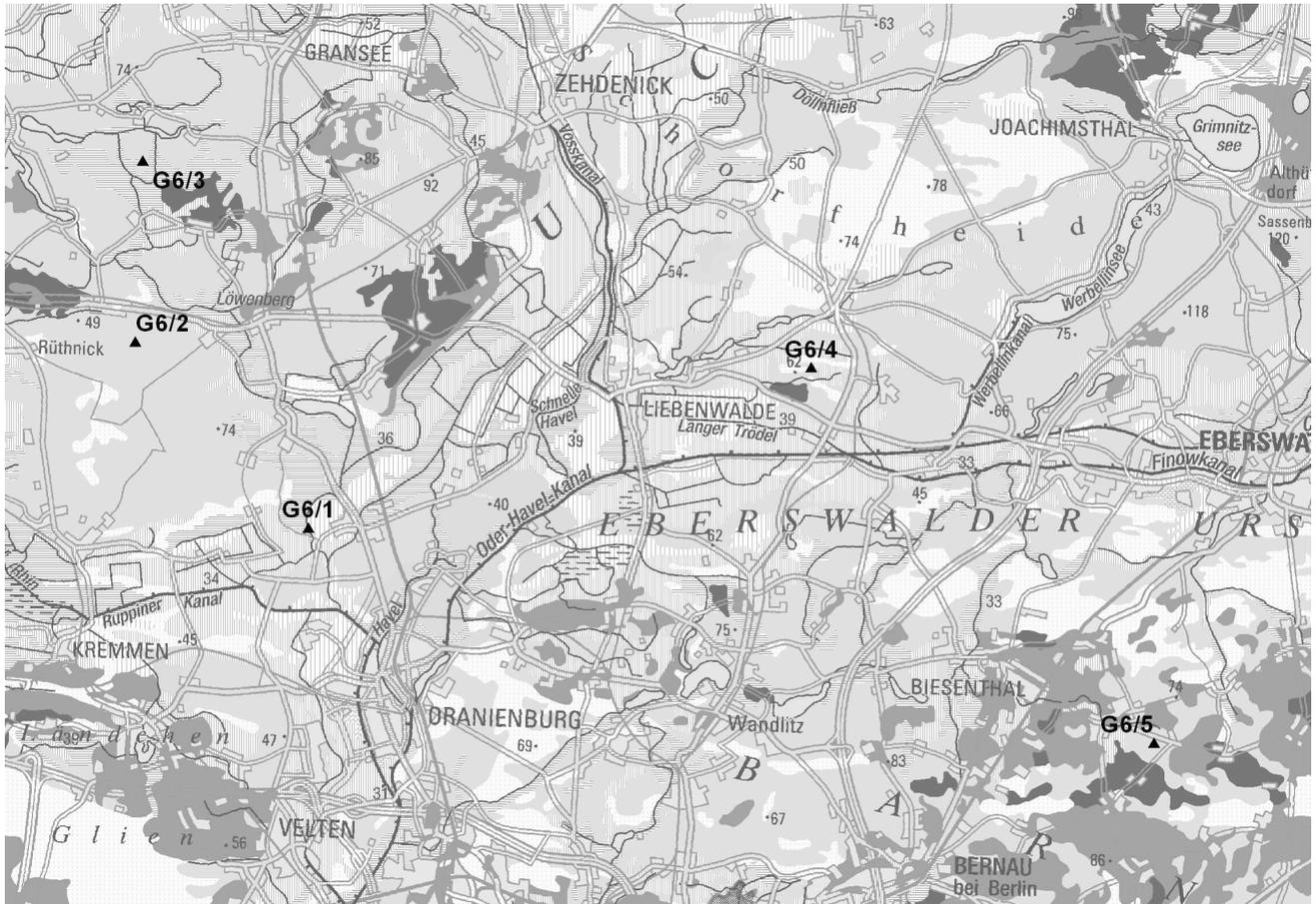
Weiter führt der Weg zurück über die B96 bis Löwenberg, dann über die B167 über Liebenwalde in Richtung Zerpenschleuse. Kurz vor Zerpenschleuse führt ein Waldweg zum 4. Profilpunkt in die südwestlichsten Ausläufer des Sanders der Schorfheide. Durch die Nähe zum Eberswalder Urstromtal im Süden ist der südliche Teil des Sanders der Schorfheide nur wenig höher als das Urstromtalniveau und stärker durch Tälchen gegliedert. Von diesem Punkt führt der Weg nach Groß Schönebeck und weiter über Zerpenschleuse und den Finowkanal im Eberswalder Urstromtal über Ruhlsdorf nach Biesenthal bis nach Grüntal. Hier befindet sich das 5. Profil auf dem Barnim (Ostbrandenburgische Platte), der vorwiegend durch Grundmoränen geprägt ist. Von hier

führt der Weg wieder zurück nach Berlin über die A11, B2 und B1 bis zum Ausgangspunkt der Exkursion.

Klimatische Verhältnisse

Das Exkursionsgebiet liegt in der Agrar- und Bodenklimaregionen Ib/2 und Ib/4, welche im Wesentlichen das Mecklenburg-Brandenburgische Platten- und Hügelland und die Mecklenburger Seeplatte sowie die Ostbrandenburgische Platte (Barnim) umfassten. Die folgenden Klimabedingungen werden aufgrund der Klimadaten der Zeitreihe 1961-90 (Quelle DWD) beschrieben.

Aufgrund der Größe des Exkursionsgebietes gibt es nur geringfügige Unterschiede bei den einzelnen Klimaparametern. Trotzdem gibt es dabei einen generellen Trend von Süd nach Nord. Dies korreliert mit den geographischen Bedingungen. So wirkt sich einerseits in Richtung Nord die abnehmende Kontinentalität



Legende:

-  Regosole und Podsole aus Flugsanden sowie Lösssand
-  Braunerden aus Sanden
-  Lessivés vergesellschaftet mit Braunerden aus Kryosanden über Moränenlehm
-  pseudovergleyte Lessivés und Pseudogleye aus Kryosanden bis -lehm über Moränenlehm
-  Gleye aus Fluss- und Urstromtalsanden
-  Gleye vergesellschaftet mit Anmooren aus Flusssanden
-  Gleye und Gley-Vegen aus Auensanden bis -schluffen
-  Vega-Pseudogleye aus Auenschluffen und -tonen
-  Gleye aus Beckensanden bis -tonen mit Niedermooren
-  Niedermoore und Niedermoore über Flusssanden und Mudden

Abb. 2: Bodengesellschaften und Profilstandorte im Exkursionsgebiet

wegen der größeren Meeresnähe und andererseits die zunehmende Höhenlage in gleicher Richtung aus, auch wenn die Höhenzunahme im gesamtdeutschen Vergleich gering ist. Bezogen auf die Landschaftseinheiten bedeutet dies, dass die Bereiche des südlicheren Urstromtales ein milderes und trockeneres Klima aufweisen als die nördlicher gelegenen Platten- und Hügelländer. Der Barnim besitzt aufgrund seiner östlicheren Lage und trotz der Plattenhöhe ein ebenfalls milderes aber geringfügig feuchteres Klima. Die Jahres-

mitteltemperaturen schwanken im Exkursionsgebiet von ca. 8,0 bis 8,5 °C. Die mittleren Sommertemperaturen liegen zwischen ca. 14,0 und 14,5 °C und die entsprechenden Temperaturen für das Winterhalbjahr zwischen 2,0 und 2,5 °C. Die mittleren Jahresniederschlagssummen schwanken für das Gebiet von rund 500 bis 600 mm pro Jahr. Hier spielt ebenfalls der Grad der Kontinentalität eine Rolle. Trotzdem wirkt sich die Höhenlage stärker in der Niederschlagsverteilung aus, so dass die Nord-

brandenburgischen Platten und der Barnim im Osten etwa gleiche Niederschlagssummen erhalten (ca. 550-600mm/a). Die Halbjahresniederschläge sind adäquat verteilt. Sie schwanken im Exkursionsgebiet für den Sommer zwischen rund 275-350mm und für den Winter zwischen rund 250-275mm.

Für die einzelnen Exkursionspunkte lassen sich die mittleren jährlichen Niederschlagssummen der Messreihen benachbarter Klimastationen wie folgt zuordnen:

G6/1 548,1 mm/a (Kremmen)

G6/2 533,6 mm/a (Löwenberg/Mark)

G6/3 581,0 mm/a (Lindow/Mark)

G6/4 591,6 mm/a (Liebenwalde)

G6/5 567,5 mm/a (Eberswalde)

Gegenüber den allgemeinen Niederschlags- und Temperaturverteilungskarten des DWD zeigen die Messreihen benachbarter Klimastationen scheinbare Widersprüche in Verbindung zu den Standorten der Bodenprofile. Dies liegt einerseits an einer gewissen Entfernung und damit verbundenen naturräumlichen Änderung gegenüber dem eigentlichen Standort. So liegt die nächstgelegene Messstation Eberswalde zum Punkt G6/5 nicht auf dem Barnim sondern im Eberswalder Urstromtal.

Landschaftsentwicklung (Geologie und Geomorphologie)

Das Exkursionsgebiet liegt im Nordostdeutschen Tiefland im Bereich der Ablagerungen der letzten Kaltzeit (Weichselkaltzeit). Deshalb sind im Land Brandenburg in teilweise typischer Ausprägung die Abfolgen und Formen der glazialen Serie erhalten geblieben. Allgemein wird aber im Jungmoränengebiet zwischen einem älteren und jüngeren Verbreitungsgebiet unterschieden. Auf topographischen Karten hebt sich das Jungmoränengebiet vom Altmoränengebiet weiter im Süden Brandenburgs durch seine Seenanzahl deutlich hervor. Zwischen dem älteren und jüngeren Jungmoränengebiet fallen Unterschiede in der Reliefgestaltung auf, die

auf das längere Wirken periglaziärer Bedingungen im älteren Jungmoränengebiet zurück zu führen sind. Demgegenüber weist das jüngere Jungmoränengebiet (i. W. die Uckermark) höhere Reliefenergien und mehr abflusslose Senken auf. Letztere sind nach dem Eisrückzug aufgrund der kürzeren Wirkungszeit für Prozesse des Reliefausgleichs noch nicht an die Vorfluter vollständig angebunden worden. Als jüngeres Jungmoränengebiet werden die Areale hinter der Pommerschen Eisrandlage in der Uckermark außerhalb des Exkursionsgebietes im Nordosten Brandenburgs bezeichnet. Die Maximalausdehnung des weichselzeitlichen Inlandeises wird mit der Brandenburger Eisrandlage in Verbindung gebracht, die sich südlich und westlich des Exkursionsraumes befindet. Zwischen der äußersten, der Brandenburger Eisrandlage und der Pommerschen Eisrandlage gibt es weitere Rückzugsstadien des ehemaligen Inlandeises. Die meisten werden als Staffeln mit lokalen Ortsbezeichnungen geführt. Bedeutendere Randlagen des Eisrückzuges werden wie die Frankfurter als Eisrandlage bezeichnet. Letztere durchzieht das Exkursionsgebiet von Südsüdost nach Westnordwest (s. Abb. 1).

Der Barnim wird gewissermaßen durch diese Randlage geteilt, der Exkursionspunkt G6/5 befindet sich auf der dazugehörigen Grundmoräne hinter dieser Randlage. Auch der Punkt G6/4 im Südwesten der Schorfheide liegt hinter dieser Randlage. Er ist wegen seiner Lage dem Sander der Pommerschen Eisrandlage zuzuordnen. Alle anderen drei Standorte befinden sich vor bzw. in der Nähe der Frankfurter Eisrandlage. Im Allgemeinen sind die Weichselmoränen eher sandiger mit Bodenarten im Unterboden von Sl2 bis Ls4. Die Geschiebedecksande im Hangenden der Moräne, sofern nicht erodiert, haben i. d. R. die Bodenarten Su2 und z. T. Ss. Demgegenüber sind abgesehen von Mooren im Exkursionsgebiet vorwiegend Sande der holozänen Niederungsbereiche, der Urstromtäler und Schmelzwasserbildungen zu finden. Schluffig-tonige

Beckenbildungen sind im betrachteten Bereich kaum bekannt.

Nach dem Ende der Eiszeit haben sich die Vorflutverhältnisse weiter entwickelt. Dies führte dazu, dass sich die holozänen Gewässer zunächst in die pleistozänen Sedimente einschneiden und sie mit dem Einstellen der heutigen Grundwasserverhältnisse diese Vertiefungen zum Teil wieder auffüllten. So weist insbesondere das Eberswalder Urstromtal auf seinen Talsandterrassen größere Grundwasserflurabstände auf. Im westlicheren Teil geht das Urstromtal vor seiner Vereinigung mit dem Berliner Urstromtal in das Luchgebiet des Rhinluches über, in dem hohe Grundwasserstände zu einer verbreiteten Moorbildung führten.

Für das Exkursionsgebiet sind die beiden vom Urstromtal nach Norden führenden Talungen des Rhin und der Havel bedeutsam. Diese beiden Vorfluter nutzen ebenfalls im Pleistozän angelegte Täler, die im Gegensatz zu den erwähnten Urstromtälern eine Nord-Süd-Ausrichtung haben. Derartige Talungen entstanden beim Rückzug des Eises, wenn die Schmelzwässer über längere Zeit versuchten die Urstromtäler weiterhin zu erreichen. Besonders typisch ausgeprägt ist dies im Bereich der weiter südlich gelegenen Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen. Dieser Bereich ist zwischen dem Berliner und Baruther Urstromtal besonders intensiv zerschnitten worden.

Allgemeine Bodenverbreitung (s. Abb. 2)

Die Verteilung der Böden und ihre Heterogenität sind im Exkursionsgebiet stark von der Verbreitung von Substraten und dem Einfluss des Grundwassers abhängig.

In den breiten Niederungen des Exkursionsgebietes orientieren sich die Böden vorrangig nach dem Grundwasserstand. Bei sehr hohen Ständen haben sich Moore gebildet. Sie treten im Kremmener Luch und entlang der Havel auf. In dem Bereich der holozänen Sedimente der Havelniederung und des Eberswalder Ur-

stromtales sind von den Mooren Übergänge zu den Gleyen vorhanden, wobei anteilig die Gleye auf Flussanden dominieren, bei denen auch eine Grundwasserabsenkung stattgefunden hat, wie sie am Profilpunkt G6/1 nachgewiesen wurde.

Die grundwasserferneren Talsande in den genannten Niederungen haben i. d. R. eine schwache Verbraunung in einem Decksand. Typisch sind in diesen Gebieten podsolige und vergleyte Braunerden bis podsolige Gley-Braunerden. Dünen in diesen Talsandgebieten sind meist podsolige Regosole bis Gley-Podsole (vergleichbar Profilpunkt G6/4).

In den Hochflächen gibt es ebenfalls Moore, die an die eingeschnittenen Schmelzwasserinnen gebunden sind und z. T. durch Verlandung von Seen entstanden. Dies ist im Umfeld des Profilpunktes G6/3 der Fall.

Die trockenen Schmelzwassersande als Bildungen vor ehemaligen Eisrandlagen zeichnen sich durch podsolige Braunerden aus Decksand über Schmelzwassersand aus, die auch in Podsol-Braunerden übergehen können. Bei großen zusammenhängenden Sandern kommen wie in der Schorfheide auch Flugsande flächenhaft vor. Auf ihnen haben sich meist Podsol-Braunerden und Braunerde-Podsole entwickelt. Diese Dünen sind meist älter und besitzen ebenfalls einen periglaziären Decksand, der zur Verbraunung neigt. Da ältere Flugsande, auch wegen der ererbten Eigenschaften vom Schmelzwassersand und durch die erneute Sortierung, schneller zur Versauerung neigen, sind in der Schorfheide öfter Podsole aus Flugsand zu finden.

Auf den Moränenstandorten des Gebietes sind meist Fahlerde-Braunerden und Braunerde-Fahlerden aus Lehmsand bis Sand (aus Geschiebedecksand) über Lehm bis Lehmsand (aus Geschiebemergel) verbreitet. Diese Böden werden wie auf der Granseer Platte oder dem Barnim durch lessivierte Braunerden und Braunerden unterbrochen, wenn die Moräne ausdünt. In Senken können neben Gleyen, Pseudogleye und Kolluvien vorkommen. Bei entsprechender Neigung auf Ackerflächen führt die Erosion zum Abtrag des

Geschiebedecksandes. Die verbleibenden diagnostischen Horizonte führen dann oft zur Einstufung als Parabraunerde. Geht die Erosion weiter und die Ackerkrume erreicht die kalkhaltige Moräne, können Pararendzinen entstehen. Pseudovergleyung im Untersuchungsgebiet bedarf einer dicht gelagerten Lehmfließerde im Unterboden und eine entsprechende Reliefposition mit Zusatzwasser (s. Profilpunkt G6/3).

Die Heterogenität der Böden ist in den Niederungen und auf den Sandern relativ gering. Demgegenüber steigt sie meist aufgrund der Substratheterogenität in der Nähe und hinter der ehemaligen Frankfurter Eisrandlage.

Vegetation und Landnutzung

Die heutige Verteilung von Wald-, Grünland- und Ackerflächen orientiert sich vorwiegend an der Verteilung der Substrate und Böden. Vorherrschend sind Sandstandorte, die in den Niederungen auch mit Mooren vergesellschaftet sind. Moore und Böden mit hohem Grundwasserstand werden bevorzugt als Grünlandstandorte genutzt. Kleinflächig sind aber auch zahlreiche Forstflächen zu finden.

Innerhalb der Wuchsbezirke, denen die Exkursionspunkte zuzuordnen sind, macht der heutige Waldanteil 36% aus. Es handelt sich um 25% Laubholz- und 75% Nadelholzbestände. Die Baumart Kiefer dominiert in allen Wuchsbezirken mit einem Anteil von 67% (Eiche: 10%, Buche: 3%, sonstige Laubbaumarten 12%, sonstige Nadelhölzer: 8%). Als natürliche Vegetation treten indes entsprechend der Klima- und standörtlichen Nährkraftbedingungen überwiegend Buchenwälder sowie Traubeneichen-Buchenwaldgesellschaften in Erscheinung. Natürliche Kiefernorkommen beschränken sich auf einzelne Dünenfelder. In den feuchten Niederungen bilden auf organischen Standorten Erlen- und Erlen-Eschenwälder und auf den mineralischen Standorten Stieleichen-Hainbuchenwälder die natürliche Vegetation.

In der Vergangenheit wurden Grundwasserstandorte trocken gelegt, um sie besser bewirt-

schaften zu können. Auf den Hochflächen ist zwischen den reinen Sandstandorten und den Moränenstandorten zu unterscheiden. Erstere werden meist forstwirtschaftlich genutzt und letztere ackerbaulich. Dies war jedoch nicht immer so. Bevor im ehemaligen Preußen damit begonnen wurde, in den Niederungen das Grundwasser durch Grabenentwässerung abzusenken, waren diese Standorte nicht nutzbar und bewaldet. Danach wurden die entwässerten Standorte der Niederungen stärker landwirtschaftlich genutzt, wodurch man die armen Sande nicht in jedem Fall mehr landwirtschaftlich nutzen musste. Sie wurden meist wieder bewaldet. Auf etlichen dieser Standorte lassen sich heute in den Bodenprofilen noch die Spuren der ehemaligen Beackerung im Oberboden sehen. Hingegen wurden die Moränenstandorte wegen ihrer gegenüber den trockenen Sandstandorten besseren Bodenfruchtbarkeit bevorzugt ackerbaulich genutzt. Dies geschah auch bei unterschiedlicher Mächtigkeit der Sandbedeckung, wenn sich diese nicht zu nachteilig für die Wasserversorgung der Ackerpflanzen auswirkte. Insofern stellt das Profil G6/5 mit seiner Forstnutzung eine Ausnahme dar. Solche von der Regel abweichenden Nutzungsvarianten können durch historische Besitzverhältnisse oder durch einen zu kleinräumigen Wechsel der Standortbedingungen entstanden sein. Letzteres trifft auf die beiden Standorte G6/5 und G6/3 zu. Wobei bei Letzteren die Heterogenität zusätzlich durch die Nähe zur ehemaligen Eisrandlage erklärt werden kann.

Exkursionspunkte

Die Exkursionspunkte liegen im forstlichen Wuchsgebiet Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland. Bei den Wuchsbezirken handelt es sich im Einzelnen um den Oranienburger Talsand (G6/1), den Rühnicker Sand (G6/2), die Granseer Platte (G6/3), die Eichhorster Platte (G6/4) und die Wandlitzer Platte (G6/5) (Gauer & Aldinger et al. 2005). Im Folgenden werden die landschaftliche und forstökologische Einordnung, die Profilentstehung und besondere chemische und physi-

kalische Eigenschaften für die Standorte im Überblick vorgestellt.

Zur Beurteilung werden neben den gemessenen und berechneten Werten in den Tabellen auch abgeleitete und beschriebene Eigenschaften (FIS Bodengeologie, Datenspeicher Wald) herangezogen.

G6/1 Exkursionspunkt Nassenheide

Der Standort befindet sich westlich der Siedlung Nassenheide in einem ca. 1 km entfernten Waldstück unweit der Mündung des Ruppiner Kanals (Rhin) in die Havel bei Oranienburg. Der Standort liegt in einem grundwassernahen Teil der westlichen Verlängerung des Eberswalder Urstromtales auf holozänen Sanden, die in südöstlicher Richtung in spätpleistozäne (Tal-)Sande übergehen. In westlicher und nördlicher Richtung kommen auch Moore in diesem äußerst ebenen Niederungsteil vor. Ob im Ansprachebereich des Profils die holozänen Sande in ältere spätpleistozäne Talsande übergehen, ist aufgrund der feinkörnig werdenden Sande ab 7,5 dm unwahrscheinlich.

Das Profil, ein Gley-Reliktgley aus Flusssand, zeichnet sich im Oberboden durch eine ehemalige Pflugbearbeitung aus. Es ist sogar zu vermuten, dass vor der Grundwasserabsenkung der Humusgehalt höher war als heute. Auch die Oxidationsmerkmale, die im Profilbild erst zwischen 4,5 und 7,5 dm schwach zu erkennen sind, lassen darauf schließen, dass der ursprüngliche Grundwasserschwankungsbereich im Oberboden lag.

Im Bereich der Niederung finden sich überwiegend mittlere bis kräftige Standorte mit Beständen sehr hoher Bonität. Die Basensättigung ist am Exkursionspunkt im Oberboden hoch und darunter sehr hoch, was auf die Grundwasserzusammensetzung in der Niederung zurückzuführen sein dürfte. Da die Auflagehorizonte nur schwach entwickelt sind (Humusform F-Mull), handelt es sich offensichtlich um eine junge Forstnutzung auf diesem Standort. Die aktuelle Bestockung bildet ein Kiefernstangenholz. Im Oberboden ist mit einem pH-Wert von 4 bereits eine beginnende Versau-

erung festzustellen, die durch die Kiefern-nutzung begünstigt wird.

Der Standort weist aufgrund seiner hohen Basensättigung und den trotz Absenkung recht hohen Grundwasserstand gute Wachsbedingungen auf.

G6/2 Exkursionspunkt Grieben

Dieser Standort befindet sich auf einem ausgedehnten Sanderareal, das der Frankfurter Eisrandlage vorgelagert ist. Das Profil besitzt für Schmelzwassersandstandorte eine typische Substratabfolge. Das oberste Substrat stellt die so genannte Hauptlage dar, den regelmäßig auftauenden Tiefenbereich eines Dauerfrostbodens, der auch als Decksand bezeichnet wird. Er weist i. d. R. einen gegenüber dem Untergrund geringfügig höheren Schluff- und/oder Tonanteil auf. Dies ist auf die stärkere kryoklastische Verwitterung wie auch auf einen kleineren äolischen Eintrag während des Periglazials zurückzuführen. Dadurch ist auch gegenüber dem Liegenden die Verbraunung begünstigt. Im Bereich der Untergrenze des Bv-Horizontes findet man, sofern überhaupt Grobbodenanteile im Decksand vorhanden sind, meist eine Häufung von Kiesen und manchmal auch Geröllen, die nur selten als Steinsohle ausgeprägt bzw. erkennbar sind. Darunter folgt ein kryoturbater Bereich des Schmelzwassersandes ohne Schichtung, der auf ein sporadisches aber wesentlich selteneres Auftauen dieses Tiefenbereichs hinweist (Basislage). Er unterscheidet sich vom Liegenden und i. d. R. als geschichtet zu erkennenden Untergrund in der Korngrößenzusammensetzung kaum und wenn, ist dies sedimentationsbedingt. Im Bereich der Profilwand ist eine deutliche Vertiefung der Untergrenze des Bv-Horizontes bis über 1 m unter Flur vorhanden. Dies kann auch aufgrund geringer Humusanteile bis in die Tiefe der Tasche auf einen so genannten ehemaligen Wurzeltopf zurückgeführt werden. Deshalb wurde die Profilbeschreibung auch an einer der Seitenwände durchgeführt, weil dort die Mächtigkeitsverhältnisse den normalen auf dieser Fläche eher entsprechen, obwohl in der

Regel die Bv-Untergrenze bis ca. 5-6 dm reicht. Für derartige Standorte ist die beginnende Podsolierung typisch, die hier bereits zu einer geringmächtigen Podsol-Horizontabfolge geführt hat. Entsprechend niedrig sind die pH-Werte bis in den Bv-Horizont hinein. Die Basensättigung ist nur in den Auflagen und dem sehr stark humosen Aeh-Horizont mittel bis hoch. Darunter ist der Boden basenarm und nur im Untergrund im reinen C-Horizont mittelbasisch.

Entsprechend der ziemlich armen Nährkraftverhältnisse setzt sich die potenzielle natürliche Vegetation im Bereich der Sanderflächen überwiegend aus Traubeneichen-Buchenwäldern mit Kiefer zusammen. Deren Bonität ist gering. Die aktuelle Bestockung am Exkursionspunkt bildet ein Kiefernbestand im Baumholzstadium.

G6/3 Exkursionspunkt Meseberg

Dieser Standort befindet sich in unmittelbarer Nähe zur Eisrandlage des Frankfurter Stadiums der Weichselkaltzeit. Das Relief ist sehr bewegt und weist kleinere Rinnenstrukturen in der Umgebung auf, die oft vermoort sind. Es gibt insbesondere in östlicher und damit in Richtung der ehemaligen Eisrandlage einen verstärkten Wechsel von Schmelzwassersanden mit Geschiebemergel. Das Profil befindet sich offensichtlich inmitten von Schmelzwassersanden auf einer Geschiebemergelscholle oder -durchragung. Aufgrund der dichten Materiallagerung kommt es auch in Verbindung mit der Reliefsituation, die einen lateralen Wasserzuschuss ermöglicht, zur Bildung von Staunässe. Aufgrund des Substrataufbaus des Bodens setzt die Staunässe erst unterhalb von 4 dm ein. Typisch für Moränenstandorte ist das oberste Substrat, das dem Geschiebedecksand entspricht (Hauptlage). Die Ausprägung hier ist schwach Kies führend und als Lehmsand (Su2) ausgebildet. Dies ist auch ein Grund, weshalb trotz der Kiefernbestockung die beginnende Podsolierung nicht so weit fortgeschritten ist, wie es im vorherigen Standort zu finden war. Das folgende Substrat zeigt deutliche Anzeichen

einer periglaziären Überprägung, die aber zu keiner Homogenisierung der beteiligten Materialien Geschiebedecksand und Geschiebemergel geführt hat. Es liegen Lehmsand (Su2) und Sandlehm (Sl4) nebeneinander vor. An dieser Bodenartenverteilung orientieren sich auch die pedogenetischen Erscheinungen der Tonverlagerung im Profil. Die Laborergebnisse entstammen einer Mischprobe.

Diese periglaziäre Überprägung reicht bis 14 dm (Basislage), weshalb auch noch ein Teil des anstehenden Geschiebemergels bis 18 dm unter Flur entkalkt ist.

Gegenüber den Sandprofilen besitzt dieses einen deutlich anderen Chemismus. Lediglich im tonverarmten und verbrauchten Geschiebedecksand ist die Basensättigung arm bis mittel. Schon in den heterogenen Substraten, die im Liegenden folgen, ist die Basensättigung deutlich höher und steigt mit der Tiefe im Grundmoränenkallehmsand bis auf 100%. Der schwache Humusgehalt bis in eine Tiefe von 25 cm erlaubt die Spekulation, ob dieser Standort in historischen Zeiten mal beackert wurde. Ein Indiz wie eine scharfe Untergrenze ist allerdings nicht oder nicht mehr vorhanden.

Die Nährkraft der Moränenstandorte reicht je nach Basenvorrat von mittlerer bis kräftiger Trophie. Dementsprechend variiert die Produktivität auf diesen Standorten. Am Exkursionspunkt stockt ein Kiefernbestand im Baumholzstadium.

G6/4 Exkursionspunkt Zerpenschleuse

Das Profil befindet sich im Südwesten des Sanders der Schorfheide. Dieser Bereich ist in der Höhenlage etwas niedriger als die restliche Schorfheide. Integrierte Senken sind deshalb auch vermoort. Aber auch in diesem Bereich sind flächenhaft verbreitete Dünen typisch. Das Profil befindet sich auf einer solchen Düne, die in eine vermoorte Senke ragt. Zeitweise kann deshalb der Grundwasserstand im Profil deutlich ansteigen. Dies führt bei diesem und vergleichbaren Standorten zu einer intensiveren Verlagerung von Sesquioxiden durch die Podsolierung als auf trockeneren Dünenstandorten. Die Grundfeuchte erleichtert

die Mobilisierung. Das Substrat Flugsand ist im gesamten Ansprachebereich relativ einheitlich. Die Basensättigung ist bis auf den ersten Mineralbodenhorizont mittel. Die ehemalige Beackerung ist gut erkennbar. Aufgrund der relativ guten Wasserversorgung ist der Humusgehalt der ehemaligen Krume weitgehend erhalten geblieben. Die Podsolierung ist aber nicht auf die Sesquioxide beschränkt, sondern umfasst auch die Humusverbindungen. Bei den Flugsanden dürfte es sich überwiegend um umgelagerte Schmelzwassersande handeln, die gewissermaßen die Eigenschaften dieser geerbt haben. Dies lässt sich auch an den pH-Werten ablesen. Jedoch bringt die äolische Verlagerung bzw. Bildung des Substrates Flugsand mit sich, dass geringe Anteile organischer Substanz im gesamten Profil vorhanden sind und für die vorhandene bessere Basensättigung mit verantwortlich sind.

Die Dünenstandorte sind hinsichtlich ihrer Nährkraftverhältnisse als ziemlich arm bis arm einzustufen. Die potenzielle natürliche Vegetation wird überwiegend von Traubeneichen-Buchenwäldern gebildet. Eine Verbesserung kann bei Grund- und Schichtenwassereinfluss erfolgen. Aktuell ist der Exkursionsstandort mit Pappeln und Birken bestockt.

G9/5 Exkursionspunkt Grüntal

Das Profil befindet sich östlich dem so genannten Biesenthaler Becken auf einer Grundmoränenfläche der Weichselkaltzeit auf der Barnim-Platte. In diesem nördlichen Randbereich des Barnim orientiert sich die Vorflut in Richtung des nördlich gelegenen Eberswalder Urstromtals. Die im Schnitt nur wenige Meter mächtige weichselzeitliche Moräne ist teilweise durchschnitten und die unterlagernden Schmelzwassersande, auch als Vorschüttsande bezeichnet, bilden das Bodenausgangsgestein. Dies ist im betrachteten nördlichen Bereich des Barnim verstärkt der Fall, so dass ein engräumiger Wechsel von Moränenresten und Schmelzwassersanden besteht. Größere zusammenhängende Schmelzwassersandareale und zum Urstromtalrand im Norden hin befindliche Dünen werden forstlich

genutzt. Ein Indiz für diesen engräumigen Wechsel bildet am Standort der geringmächtige, periglaziär überprägte und deshalb auch entkalkte Geschiebemergel, der im Profil von einem Vorschüttsand unterlagert wird.

Die Substrate haben für solche Moränenrestflächen eine charakteristische Abfolge. Dem überwiegend schwach schluffigen Geschiebedecksand (Hauptlage) folgt eine Lehmfließerde aus dem ehemaligen Geschiebemergelrest (Basislage), der seinerseits von einem vorgeschütteten Schmelzwassersand unterlagert wird. In den Randbereichen solcher Moränenreste dünnt die Fließerde aus und geht in lessivierte Braunerden über, die durch charakteristische Lessivierungsbänder im Unterboden gekennzeichnet sind.

Nach diesen 3 in der Abfolge auftretenden Bodenausgangsgesteinen (Geschiebedecksand/-Geschiebemergel/Schmelzwassersand) orientieren sich auch die bodendiagnostischen Horizonte des Profils. Im Bereich der periglaziären Hauptlage, die den Geschiebedecksand umfasst, finden wir eine Tonverarmung (fahle Farbe des Ael-Horizontes), eine Verbraunung (Farbe des Bv-Horizontes) und eine beginnende Podsoligkeit (Merkmale eines Aeh-Horizontes). Man kann sich vorstellen, dass die genannte Auszählung auch zeitlich eine Abfolge bildet, da für die Ausprägung der betreffenden Horizontmerkmale auch eine zunehmende pH-Wertabnahme Voraussetzung ist. Vom obersten bearbeiteten Mineralbodenhorizont abgesehen ist eine generell pH-Wertzunahme mit der Tiefe festzustellen. Dem entspricht auch die allgemeine Zunahme der Basensättigung mit der Tiefe, lässt man die von Auflagebestandteilen charakterisierten Oberbodenhorizonte außer Acht.

Ein häufiges Phänomen derartiger Böden ist aufgrund der höheren Lagerungsdichte der Lehmfließerde eine zeitweilige bzw. witterungsabhängige Stauvernässung, die sich im Profil mit relativ geringen Eisen-Mangan-Konkretionen und Rostflecken ausdrückt. Diese Merkmale sind jedoch nicht so profilprägend, dass man die systematische

Einstufung Pseudogley im Subtyp erwähnen sollte.

Überwiegend werden derartige Standorte landwirtschaftlich genutzt und nur in Ausnahmefällen wie diesem forstlich. Meistens sind dann bei kräftiger Trophie und hoher Produktivität Misch- oder Laubwaldbestockungen zu finden. Am Exkursionspunkt bildet ein Kiefernstangenholz den aktuellen Bestand.

Literatur

AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 5. Auflage, Hannover (KA5).

Amtliche Liegenschaftskarte (ALK), Folie 42 Bodenschätzung.

BAURIEGEL, A.; KÜHN, D.; SCHMIDT, R.; HERING, J.; HANNEMANN, J. (2001): Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000.- Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow/Potsdam 2001.

GAUER, J., ALDINGER, E. et al. (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. Mitt. d. Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung. Bd.43.

Geologische Spezialkarte 1: 25000, Blätter 3044, 3144, 3145, 3147, 3248.

LIPPSTREU, L.; HERMSDORF, N. & A. SONNTAG (1997): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow/Potsdam

Fachinformationssystem Bodengeologie. - Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Cottbus.

SCHULZKE, D. & KAULE, G. (2000): Eine agrarökologische Gebietsgliederung für Deutschland und Ableitung von Schutz- und Nutzungszielen für die Landwirtschaft In: Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft Heft 371

DWD: Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland (Zeitraum 1961-90).

DWD: Klimadaten – Langjährige Mittelwerte an Stationen 1961-90.

STACKEBRANDT, W. et al. (2010): Atlas zur Geologie von Brandenburg. 157 Seiten, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus; ISBN 978-3-9808157-4-1.

Standortsituation Exkursionspunkt: G6/1 (Nassenheide)

Profil-Nr.: 2410597 Bearbeiter: Kühn TK25: 3145 (Nassenheide) Ort: Nassenheide
 Lage: RW: 3377914 HW: 5653183 Kreis: Oberhavel Datum: 18.11.2009
 Nutzung: Mittelwald Vegetation: Nadelwald aus Kiefern (Stangenholz)
 Relief: flächenhafter, ebener Tiefenbereich

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L+Of	+ 3 cm	organische Auflagehorizonte
2	rGr ff-ss(Sf)	45 cm	sehr bis dunkelbrauner, z.T. leicht gelblich brauner (10YR6/2, 10YR4/3, 10YR6/4), mittel humoser Oberbodenhorizont, mit hohem Anteil an hellen Rostflecken, mit sehr hohem Anteil an Linsen des ehemaligen Go-Horizontes, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt <i>Lehnsand (S2) aus Flusssand</i>
3	rGr ff-ss(Sf)	45 cm	blassbrauner (10YR6/3), kaum humoser, reilktisch reduktiver Grundwasserhorizont, mit mittlerem Anteil an hellen Rostflecken, mit Einzelkorngefüge <i>Reinsand (Ss) aus Flusssand</i>
4	Go ff-ss(Sf)	75 cm	leicht gelblich brauner bis weißer (2,5Y6/4-10YR7/2), oxidativer Grundwasserhorizont, mit sehr hohem Anteil an hellen Rostflecken, mit Einzelkorngefüge <i>Reinsand (Ss) aus Flusssand</i>
5	Gor ff-ss(Sf)	200 cm	leicht gelblich brauner (2,5Y6/3), überwiegend reduktiver Grundwasserhorizont, mit Einzelkorngefüge <i>Reinsand (Ss) aus Flusssand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	GG-rGG: f-s(Sf)
Bodenformenbezeichnung:	Gley-Reliktley aus Fluvilsand (Flusssand)
WRB:	Gleysol from fluvial sands
sonst. Profilkennz.:	F-Mull, keine Erosionserscheinungen
Anmerkungen:	feuchter durchlässiger Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobbodenanteilsklasse	Textur (% des humusfreien Feinbodens)											
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	20	-	2,3	37,0	50,2	4,5	0,7	0	89,5	5,2	5,3			
3	45	-	2,4	43,2	47,9	1,9	0,6	0	93,5	2,5	4,0			
4	75	-	1,3	53,8	41,0	0,6	0,6	0	96,1	1,2	2,7			
5	200	-	1,3	51,3	45,2	0,6	0,6	0	97,8	1,2	1,0			

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾ (g/kg)	Fe ₀ (g/kg)	Fe ₀ (g/kg)	Fe ₀ /Fe _d (%)
2	4,3	4,1	3,4	n.b.	1,52	1,5	0,12	13	1,10	1,15	1,0
3	5,3	5,0	0,3	n.b.	0,06	0,1	<0,03	7	0,30	0,06	0,2
4	5,8	5,6	0,3	n.b.	<0,06	<0,1	<0,03	7	0,47	0,09	0,2
5	5,9	5,6	0,2	n.b.	<0,06	<0,1	<0,03	5	0,17	0,04	0,2

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ · 0,12)

²⁾ Teilweise Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Fe _d (M-%)	P _i (M-%)	K _i (M-%)	KAK _{pot} (M-%)	KAK _{pot} (M-%)	KAK _{pot} (M-%)	austauschbare Kationen ¹⁾						BS _{pot} (%)	
							H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Min ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	0,53	0,015	0,71	4,8	0,09	1,63	0,04	0,04	2,80	0,12	0,03	0,02	0,02	62
3	0,31	0,005	0,72	1,6	-0,01	0,07	<0,01	<0,01	1,36	0,07	0,05	0,02	0,02	94
4	0,30	0,003	0,66	2,0	0,10	<0,03	0,01	<0,01	1,49	0,11	0,11	0,09	0,09	90
5	0,20	0,006	0,68	1,0	0,38	<0,03	<0,01	<0,01	0,70	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	77

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe von potentiell austauschbare Kationen

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pf			nFK (cm/d)	Kf
			2,0	2,5	4,2		
1	38	39	41	42	43	44	45

⁵⁾ Die bodenphysikalische Kennwerte dieser Tabelle werden zur Exkursion ausgehängt.

Standortsituation Exkursionspunkt: G6/2 (Grieben)

Profil-Nr.: 2410595 Bearbeiter: Kühn TK25: 3144 (Löwenberg-Mark)
 Lage: RW: 5861518 Kreis: Oberhavel Ort: Grieben
 Nutzung: Hochwald Vegetation: Madewald aus Kiefern (Baumholz) Datum: 18.11.2009
 Relief: Verebnung

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	+ 12 cm	} organische Auflagehorizonte
2	Of	+ 9 cm	
3	Oh	+ 2 cm	
4	Ash		dunkelbrauner (7.5YR3/2), mittel humoser, podsolierter Oberbodenhorizont mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge, stark durchwurzelt <i>kyoturbater Lehmsand (Su2) aus Decksand</i>
5	pkv-ls(Sp)	2 cm	dunkelgrauer (7.5YR3.4), schwach humoser, mit Sesquioxiden angereicherter Unterbodenhorizont, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge, stark durchwurzelt <i>kyoturbater Lehmsand (Si2) aus Decksand</i>
6	Bsh	5 cm	dunkelgelblich brauner (10Y4/6), kaum humoser, verbraunter Unterbodenhorizont, mit hohem Anteil an Humusflecken, mit Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt <i>kyoturbater Reinsand (Ss) aus Decksand</i>
7	pkv-ss(Sp)	35 cm	Leichtgelblich brauner (10YR6/4) Untergrundhorizont, mit hohem Anteil an Humusflecken, mit Einzelkorngefüge <i>kyoturbater Reinsand (Ss) aus Schmelzwassersand</i>
8	IICv	60 cm	blass- bis sehr blassbrauner (10YR6/3 bis 10YR7/3) Untergrundhorizont, mit Einzelkorngefüge <i>Schmelzwassereinsand (Ss)</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: **PP-BB: p-s(Sp)-t-s(Sgf)**
 Bodenformenbezeichnung: **Podsol-Braunerde aus Sand (Decksand) über Sand (Schmelzwassersand)**
 WRB: Cambisol from periglacial sands / glaciofluvial deposits
 sonst. Profilkennz.: Feinhumusarmer Rohhumus, keine Erosionserscheinungen
 Anmerkungen: stark verisauerter, trockener durchlässiger Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	(% der huminstreuen Feinrade)									
			gS	mS	fS	gU	mU	tU	ΔS	ΔU	ΔT	
1	2	2	10,2	60,9	15,5	7,5	2,2	1,2	86,6	10,9	2,5	
5	5	5	8,2	58,9	19,7	6,2	1	0	86,8	7,2	6,0	
6	35	35	13,6	70,9	12,7	0,5	0,5	0	97,2	1,0	1,8	
7	60	60	1,2	64,1	33,1	0	0	0	96,4	0	1,6	
8	200	-	0,7	58,6	39,2	0	0	0	98,5	0	1,5	

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C)	CaCO ₃ (M-%)	C _t (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	4,5	3,2	50,3	n.o.	26,1	18	19	20	21	23
2	4,5	2,9	43,5	n.o.	23,1	23,1	0,76	30	2,63	1,41
3	3,6	3,0	19,0	n.o.	10,3	10,3	0,37	28	4,45	1,77
4	3,8	3,6	4,6	n.o.	2,35	2,4	0,09	25	3,26	2,34
5	3,9	4,4	1,1	n.o.	0,37	0,4	<0,03	17	1,94	0,89
6	4,3	4,7	0,3	n.o.	0,10	0,1	<0,03	9	1,27	0,41
7	4,5	4,7	0,2	n.o.	<0,06	<0,1	<0,03	8	1,04	0,42

¹⁾ C_{org} = C_t - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	austauschbare Kationen ¹⁾ (cmol/kg)										BS _{pot} (%)
		H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mir ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺			
1	2	14,3	1,77	2,34	0,18	0,30	7,52	1,30	0,73	0,18	68	
2	5	12,1	2,25	4,04	0,33	0,06	4,43	0,59	0,27	0,12	45	
3	35	7,7	1,32	3,63	0,32	0,02	1,83	0,25	0,24	0,07	31	
4	60	4,5	0,24	3,64	0,15	0,06	0,25	0,06	0,07	0,03	9	
5	200	0,8	-0,06	0,80	0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	10	
6	0,38	0,009	0,68	0,3	0,1	0,22	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,02	

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe von potentiell austauschbare Kationen

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5		
1	38	39	40	41	42	43	45

⁵⁾ Die bodenphysikalische Kennwerte dieser Tabelle werden zur Exkursion ausgehendigt.

Standortsituation Exkursionspunkt: G6/3 (Meseberg)

Profil-Nr.: 2410588 Bearbeiter: Kühn TK25: 3044 (Großmützel) Ort: Meseberg
 Lage: RW: 3370588 HW: 5869511 Kreis: Oberhavel Datum: 12.11.2009
 Nutzung: Hochwald Vegetation: Nadelwald aus Kiefern (Baumholz) Datum: 12.11.2009
 Relief: vertikal konvexer, horizontal gestreckter Hang

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L + Of	+ 3 cm	organische Auflagehorizonte
2	Aeh		dunkelgrauer (7.SYR4/1), schwach humoser, podsolierter Oberbodenhorizont mit Einzelkorngefüge, mittel durchwurzel
3	pky-(fk2)ls(sp)	5 cm	kyoturbarer schwach Kies führender Lehmsand (Su2) aus Decksand
	Bv-Ah		dunkelbrauner bis dunkelgelblich brauner (7.SYR2 bis 10YR4/4), sehr schwach humoser, verbraunter Oberbodenhorizont, mit Einzelkorngefüge, mittel durchwurzel
4	pky-(fk2)ls(sp)	25 cm	kyoturbarer schwach Kies führender Lehmsand (Su2) aus Decksand
	Bv		gelblich brauner (10Y5/4), kaum humoser, verbraunter Unterbodenhorizont, mit Einzelkorngefüge, sehr schwach durchwurzel
5	pky-(fk2)ls(sp)	40 cm	kyoturbarer schwach Kies führender Lehmsand (Su2) aus Decksand
	Bt+Sw-Ael		leichtgelblich brauner und dunkelgelblich brauner (10YR6/4 und 10YR4/6) Mineralbodenhorizont, mit sehr hohem Anteil an hellen Rostflecken, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge
	pky-(kk2)sls (Mg+Sp)	95 cm	schwach Kies führender Fließlehmsand (Su2) aus Geschiebemergel und Geschiebedecksand mit hohem Anteil an Sandsteinresten
6	Bt+Ael-Sw		leichtgrauer bis gelblich brauner und stark brauner (10YR7/2 bis 10YR5/4 und 7.5YR4/6) stauwasserleitender Untergrundhorizont, mit sehr hohem Anteil an dunklen Rostflecken und mit äußerst hohem Anteil an Bleichnestern, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge
	pky-(kk2)sls (Mg+Sp)	140 cm	schwach Kies führender Fließlehmsand (Su2) aus Geschiebemergel und Geschiebedecksand mit sehr hohem Anteil an Sandsteinresten
7	Sw		brauner und stark brauner (10YR5/3 und 7.5YR4/6) wasserstauer Untergrundhorizont, mit hohem Anteil an dunklen Rostflecken, sehr hohem Anteil an dunklen Rostflecken sowie diffusen Bleicherscheinungen, mit Polyedergefüge
	gm-sl(Mg)	180 cm	Grundmoränenlehm (S4) aus Geschiebemergel
8	efCc		brauner (10YR5/3), mittel carbonatführender Untergrundhorizont mit mittlerem Anteil an Kalkstein, und schwachem Anteil an Kalkrohren, mit Schichtgefüge
	gm-cis(Mg)	200 cm	Grundmoränenkalklehmsand (S3) aus Geschiebemergel

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	p2LF-SS-BB: p-(k)sl(p)-p-(k)sls(Mg+Sp)/lg-(Mg)
Bodenformenbezeichnung:	schwach podsolige Fahlerde-Pseudogley-Braunerde aus Kies führendem Sand (Decksand) über Kies und Lehmbröcken führendem Fließsand (Geschiebemergel und Geschiebedecksand) über sehr tiefem Moränenlehm (Geschiebemergel)

WRB: Stagnic Luvisols from periglacial sands / glacial deposits
 sonst. Profilkennz.: F-Mult, keine Erosionserscheinungen
 Anmerkungen: schwach versauerter, mäßig staunasser Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	Textur (% des humusfreien Feinbodens)											
			gS	mS	tS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	5	fG1, mG1	3,2	39,3	42,5	7,2	2,1	0	85,0	9,3	5,7			
3	25	fG1, mG1	4,1	42,4	42,4	4,4	1,1	0	88,9	5,5	5,6			
4	40	fG1, mG1	4,9	42,4	41,4	5,4	0,7	0	88,7	6,1	5,2			
5	95	fG1, mG1	7,7	37,9	33,1	9,5	2,9	0	78,7	12,4	8,9			
6	140	fG1, mG1	8,6	39,9	33,5	6,4	3,5	0	82,0	9,9	8,1			
7	180	fG1, mG1	4,2	24,9	35,1	16,0	2,6	2,5	64,2	21,5	14,3			
8	200	fG1, mG1	4,0	20,1	37,5	15,0	5,1	7,9	61,6	28,2	10,2			

Lfd. Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _i (M-%)	C _{org} /N ²⁾	Fe ₀ (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe ₀
1	4,8	4,5	18,4	n.b.	9,50	9,5	0,47	20	1,50	0,67	0,5
2	3,8	3,5	5,2	n.b.	2,72	2,7	0,15	18	1,94	1,11	0,6
3	4,2	4,2	1,4	n.b.	0,60	0,6	0,04	15	1,57	0,88	0,6
4	4,3	4,3	0,8	n.b.	0,30	0,3	<0,03	13	1,62	0,76	0,5
5	4,5	4,1	0,8	n.b.	0,11	0,1	<0,03	9	4,20	0,58	0,1
6	5,0	4,5	0,6	n.b.	0,06	<0,1	<0,03	5	0,25	0,10	0,4
7	7,3	6,6	1,2	<1,0	0,11	<0,1	<0,03	6,06	1,12	0,2	0,2
8	7,9	7,4	1,5	7,9	1,06	<0,1	<0,03	3,24	0,98	0,3	0,3

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ · 0,12)

²⁾ Teilweise Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Nr.	Hor.-grenze (cm)	pH (M-%)	P _t ³⁾ (M-%)	K _t ³⁾ (M-%)	KAK _{meil} (cmol/kg)	KAK _{Ulich} (cmol/kg)	austauschbare Kationen ⁴⁾						BS _{pot} (%)	
							H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	0,42	0,038	0,78	10,2	-0,05	<0,02	0,02	<0,01	8,96	0,98	0,26	0,04	100	
2	0,46	0,027	0,89	3,2	0,28	1,94	0,10	0,04	0,61	0,08	0,08	0,03	25	
3	0,48	0,019	0,91	1,7	0,05	1,36	0,01	0,03	0,15	0,03	0,08	0,02	16	
4	0,49	0,015	0,98	1,5	0,00	1,20	<0,01	0,02	0,14	0,09	0,08	<0,02	22	
5	0,14	0,012	1,21	2,9	0,07	1,06	0,01	0,03	1,40	0,22	0,02	0,06	59	
6	0,42	0,018	1,23	3,2	0,07	0,30	<0,01	0,02	2,34	0,31	0,06	0,05	86	
7	0,18	0,026	1,46	8,4	0,93	0,04	0,04	<0,01	6,97	0,69	0,05	0,06	93	
8	0,30	0,031	1,37	6,9	-3,54	<0,03	0,02	<0,01	10,19	0,37	0,08	0,05	155	

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe der potentiell austauschbare Kationen

Lfd. Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	k _t (cm/d)	
			1,8	2,0	2,5			
1	38	39	40	41	42	43	44	45
3)								

³⁾ Die bodenphysikalische Kennwerte dieser Tabelle werden zur Exkursion ausgehendigt.

Standortsituation Exkursionspunkt: G6/4 (Zerpenschleuse)

Profil-Nr.: 2410605 Bearbeiter: Kühn TK25: 3147 (Zerpenschleuse)
 Lage: RW: 3400123 HW: 5860330 Kreis: Barnim Ort: Zerpenschleuse
 Nutzung: Hochwald Vegetation: Laubwald aus Pappel und Birke (Baumholz) Datum: 08.12.2009
 Relief: Verebnung (Sporn in Niederung)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	+ 1 cm	organischer Auflagehorizont
2	Aeh a-ss(Sa)	5 cm	grauer (7.5YR5/1), mittel humoser, podsolierter Oberbodenhorizont mit Einzelkomgefüge, mittel durchwurzelt Reinsand (Ss) aus Flugsand
3	Aeh-rAp a-ss(Sa)	20 cm	dunkelgrauer (7.5YR4/1), schwach humoser, podsolierter, relictisch beackter Oberbodenhorizont mit Einzelkomgefüge, mittel durchwurzelt Reinsand (Ss) aus Flugsand
4	Ae		brauner bis dunkelbrauner (7.5Y4/2), sehr schwach humoser, podsolierter Oberbodenhorizont, mit hohem Anteil von Humusflecken, mit Einzelkomgefüge, sehr schwach durchwurzelt
5	a-ss(Sa)	25 cm	Reinsand (Ss) aus Flugsand
	Bsh		Rötlichbrauner und dunkel rötlich braunem (5YR5/2 und 5YR3/2) schwach humoser, mit Sesquioxiden angereicherter Unterbodenhorizont, mit Einzelkom- und Subpolyedergefüge, sehr schwach durchwurzelt
	a-ss(Sa)	45 cm	Reinsand (Ss) aus Flugsand
6	Go-Bhs a-ss(Sa)	65 cm	Dunkelbrauner bis stark brauner (7.5Y3.4 und 7.5YR4/6), kaum humoser Unterbodenhorizont, mit hohem Anteil an Humusflecken, mit Einzelkom- und Subpolyedergefüge Reinsand (Ss) aus Flugsand
7	Gw a-ss(Sa)	170 cm	dunkelgelblich bis leichtgelblich brauner (10YR4/6 bis 10YR6/4) Grundwasserhorizont, mit nicht zeichnenden, oxidierenden Verhältnissen, mit mittlerem Anteil an Humusröhren und im oberen Teil mit hohem Anteil an Humusreicherungsflecken, mit Einzelkomgefüge Reinsand (Ss) aus Flugsand
8	Gw a-ss(Sa)	200 cm	Dunkelgelblich brauner (10YR4/4) Grundwasserhorizont mit reduktiven und oxidierenden Verhältnissen, mit Einzelkomgefüge Reinsand (Ss) aus Flugsand

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: rvGG-PPH: a-s(Sa)
 Bodenformenbezeichnung: (Reliktacker)Gley-Humuspodsol aus Flugsand
 WRB: Podzol from aeolian sands
 sonst. Profilkennz.: L-Mull, keine Erosionserscheinungen
 Anmerkungen: stark versauerter, feuchter durchlässiger Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der huminstreuen Feinrade)											
			gS	mS	hS	gU	mU	tU	hS	hU	hT	hT		
3	5	-	0,9	36,3	57,6	1,1	0,6	0	94,8	1,7	3,5			
4	20	-	1,0	34,0	61,8	1,1	0,6	0	96,8	1,7	1,5			
5	25	-	0,9	34,9	60,5	0,6	0,6	0	96,3	1,2	2,5			
6	45	-	0,2	16,5	77,5	0,6	0,6	0	97,3	1,2	1,5			
7	65	-	0,6	17,4	80,2	0,9	0,9	0	98,2	1,8	0			
8	170	-	1,6	35,9	59,8	0	0	0	97,3	0	2,7			
9	245	-	0,2	33,9	64,2	0	0	0	98,3	0	1,7			

Lfd.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	N _i (M.-%)	C _{org} /N ²⁾ (g/kg)	Fe ₄ (g/kg)	Fe ₀ (g/kg)	Fe ₀ /Fe ₄
1	4,4	4,0	8,8	n.b.	4,67	4,7	0,27	17	0,41	0,36	0,88
2	3,9	3,4	5,4	n.b.	3,00	3,0	0,15	20	0,36	0,35	0,97
3	4,1	3,6	1,9	n.b.	1,06	1,1	0,05	20	0,13	0,12	0,91
4	4,4	4,0	5,4	n.b.	2,80	2,8	0,10	27	0,19	0,17	0,91
5	4,5	4,3	2,2	n.b.	1,07	1,1	0,04	25	0,08	0,02	0,25
6	4,0	3,6	1,1	n.b.	0,48	0,5	<0,03	25	0,10	0,02	0,17
7	4,7	4,7	0,6	n.b.	0,24	0,2	<0,03	26	0,07	0,01	0,12
8	4,8	4,8	0,5	n.b.	0,23	0,2	<0,03	24	0,08	0,02	0,19

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃·0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd.-Nr.	Fe ₂ (M.-%)	P ₁ (M.-%)	P ₂ (M.-%)	K ₁ (M.-%)	K ₂ (M.-%)	K ₃ (M.-%)	K ₄ (M.-%)	K ₅ (M.-%)	austauschbare Kationen ³⁾ (cmol/kg)							BS _{pot} (%)
									H ₂ O ⁴⁾	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
2	0,10	0,019	0,59		4,7	0,02	0,47	0,03	0,13	3,40	0,62	0,09	<0,02	88		
3	0,09	0,012	0,59		3,1	0,35	1,74	0,06	0,01	0,62	0,04	0,06	0,18	29		
4	0,06	0,006	0,67		1,5	0,20	0,99	0,03	<0,01	0,29	<0,02	<0,02	0,03	23		
5	0,12	0,014	0,85		5,1	0,15	3,42	0,04	<0,01	1,36	0,04	0,04	0,09	29		
6	0,17	0,012	0,98		2,3	-0,01	1,78	<0,01	<0,01	0,54	<0,02	<0,02	<0,02	26		
7	0,20	0,011	1,10		1,2	-0,06	1,04	<0,01	<0,01	0,22	<0,02	<0,02	<0,02	23		
8	0,21	0,009	0,83		1,1	-0,02	0,61	<0,01	<0,01	0,10	<0,02	<0,02	0,41	49		
9	0,21	0,010	0,83		0,6	-0,04	0,54	<0,01	<0,01	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	20		

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe von potentiell austauschbare Kationen

Lfd.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pf		nFK (Vol.-%)	k _f (cm/d)		
			1,8	4,2				
1	38	39	40	41	42	43	44	45

⁵⁾ Die bodenphysikalische Kennwerte dieser Tabelle werden zur Exkursion ausgehendigt.

Standortsituation Exkursionspunkt: G6/5 (Grüntal)

Profil-Nr.: 2420400 Bearbeiter: Baurtregel TK25: 3248 (Melchow) Ort: Grüntal
 Lage: 3415211 HW: 5843621 Kreis: Barnim Datum: 20.06.2006
 Nutzung: Hochwald Vegetation: Madewald aus Kiefern (Stangenholz)
 Relief: Verebnung (Sporn in Niederung)

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	L+Of	+ 4 cm	organische Auflagehorizonte
2	Bv+Oh+Aeh		bräunlich grauer bis leichtgelblich brauner (10YR5/4, 10YR5/3), mittel humoser, aus Gemenge von verbräuntem und podsoliertem Oberboden-, und Auflagehorizonten, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelte Koyolurkater schwach Kies führender Lehnsand (Su2) aus Geschiebedecksand
3	Bv+Oh+Aeh	10 cm	leichtgelblich bis gelblich brauner (10YR5/4 bis 10YR5/6), kaum humoser, tonverarmter Oberbodenhorizont, mit mittlerem Anteil an hellen und dunklen Rostflecken, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge, schwach durchwurzelte Koyolurkater schwach Kies führender Lehnsand (Ss) aus Geschiebedecksand
4	Bv+Oh+Aeh	40 cm	leichtgelblich bis gelblich brauner (10YR7/4), tonverarmter Oberbodenhorizont, mit mittlerem Anteil an hellen Eisen-Mangan-Konkretionen und hellen Rostflecken, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge
5	Bv+Oh+Aeh	45 cm	bräunlich bis leichtgelblich brauner (10YR4/4 und 10YR7/3) tonangereicherter Untergrundhorizont, mit außerst hohem Anteil an Tonbläuen, mit mittlerem Anteil an hellen Rostflecken, geringem Anteil an weichen Eisen-Mangan-Konkretionen, mit Sub- und Polyedergefüge
6	Bv+Oh+Aeh	60 cm	schwach Kies und Lehnsand (Su2) führender Normallehm (Ls4) aus Geschiebemergel mit hohem Anteil an Frostkellen
7	Bv+Oh+Aeh	90 cm	leichtgelblich bis gelblich brauner (10YR5/4 bis 10YR5/6), tonangereicherter Unterbodenhorizont, mit sehr hohem Anteil an Tonbläuen mit mittlerem Anteil an hellen Rostflecken, geringem Anteil an weichen Eisen-Mangan-Konkretionen, mit Polyedergefüge
8	Bv+Oh+Aeh	120 cm	schwach Kies führender Sandlehm (S4) aus Geschiebemergel mit hohem Anteil an Frostkellen
9	Bv+Oh+Aeh	120 cm	gelblich brauner (10YR5/6) Untergrundhorizont, mit hohem Anteil an hellen Rostflecken, mit Einzelkorn- und Subpolyedergefüge
10	Bv+Oh+Aeh	200 cm	abgespülter Reinsand (Ss) aus Schmelzwassersand

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol: sBB-LF: p-(k)s(Sp)-p-(k)(Mg)/p-s(Sg)
 Bodenformenbezeichnung: pseudovergleyte Braunerde-Fahlerde aus Kies führendem Sand (Geschiebedecksand) über tiefem Sand (Schmelzwassersand) (Geschiebemergel) über tiefem Sand (Schmelzwassersand)
 WRB: Haplic Albelvisol from periglacial and glacial deposits
 sonst. Profilkennz.: Feinhumusarmer Moder, keine Erosionserscheinungen
 Anmerkungen: schwach versauerter, in Feuchtlephasen zur Staunässe neigender Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilkategorie	Textur (% der huminstreuen Feinrade)											
			gS	mS	hS	gU	mU	tU	hS	hU	hT	hT		
1	10	3	6,8	42,7	36,7	9,4	1,2	0	86,2	10,6	3,2			
2	40	-	7,8	40,4	38,8	8,8	0,7	0	87,0	9,5	3,5			
3	45	-	9,3	39,6	37,4	8,0	2,6	0	86,3	10,6	3,1			
4	60	-	6,4	27,5	32,5	9,1	11,0	0	66,4	20,1	13,5			
5	90	-	7,9	28,7	30,5	6,0	11,0	1,6	67,1	19,0	13,9			
6	120	-	2,0	35,1	51,9	0,8	6,5	0	89,0	7,3	3,7			
7	200	-	25,2	62,9	7,3	0,5	4,1	0	95,4	4,6	0			

Lfd.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	N _i (M.-%)	C _{org} /N _i ²⁾	Fe ₀ (g/kg)	Fe ₀ /Fe _{tot} (%)
2	6,0	5,0	7,8	n.b.	3,89	3,9	0,22	18	2,20	0,5
3	4,9	4,3	1,0	n.b.	0,35	0,4	0,03	12	1,64	0,2
4	5,1	4,3	0,5	n.b.	0,09	0,1	<0,02	7	1,24	0,30
5	5,3	4,1	1,5	n.b.	0,14	0,1	0,02	6	5,55	0,80
6	7,2	6,1	1,7	n.b.	0,13	0,1	0,02	6	5,36	0,60
7	7,0	6,1	0,7	n.b.	<0,09	<0,1	<0,02	4	2,83	0,65
8	8,4	7,1	0,4	<1,0	0,15	<0,1	<0,02			

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze in der Berechnung einbezogen

Lfd.-Nr.	Fe ₂ ⁺ (M.-%)	P _i ²⁾ (M.-%)	K ₂ O (M.-%)	KAK _{pot} Milch (cmol/kg)	KAK _{pot} Ullrich (cmol/kg)	austauschbare Kationen ⁴⁾								BS _{pot} (%)
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
1	0,49	0,078	0,72	15,7	11,9	0	<0,01	0,02	1,51	12,45	1,13	0,58	0,06	91
2	0,56	0,062	0,89	1,3	0,08	0,97	<0,01	0,05	0,15	<0,01	0,05	0,02	18	
3	0,57	0,015	0,99	0,7	0	0,59	<0,01	0,02	0,08	<0,01	<0,01	<0,02	17	
4	1,72	0,018	1,48	6,7	0,04	1,63	<0,01	0,13	3,94	0,60	0,22	0,09	72	
5	1,84	0,026	1,43	10,0	1,91	<0,02	0,01	0,01	7,31	0,92	0,09	0,09	84	
6	0,91	0,020	1,00	4,4	1,26	<0,02	0,01	<0,01	2,77	0,29	0,14	<0,02	73	
7	0,56	0,023	0,87	1,6	-0,53	<0,02	<0,01	<0,01	2,07	0,10	0,02	<0,02	100	

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe der potentiell austauschbare Kationen

Lfd.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pf			nFK (Vol.-%)	Kf (cm/d)
			1,8	2,0	2,5		
1	1,27	39	40	41	42	44	45
2	1,48	5					
3	1,53						
4	1,63						
5	1,77						
6	1,62						

⁵⁾ Weitere bodenphysikalische Kernwerte dieser Tabelle werden zur Exkursion ausgehendigt.

Böden als Archive der Landschaftsgeschichte im Vorfeld des Tagebaus Jänschwalde

A. RAAB¹, T. RAAB², M. TAKLA², A. NICOLAY¹, E. BÖNISCH³ UND H. RÖSLER³

- (1) Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften (FZLB), Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU). E-Mail: raabalex@tu-cottbus.de, melanie.takla@tu-cottbus.de
 - (2) Lehrstuhl für Geopedologie & Landschaftsentwicklung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU). E-Mail: raab@tu-cottbus.de, alexander.nicolay@tu-cottbus.de
 - (3) Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM), Referat Braunkohle. E-Mail: horst.roesler@bldam-brandenburg.de, eberhard.boenisch@bldam-brandenburg.de
-

Einleitung/Ziel der Exkursion

Mit dem Ziel die (prä-)historische Landschafts- und Landnutzungsgeschichte im Vorfeld des Braunkohlentagebaus Jänschwalde (Vattenfall Europe Mining & Generation AG) in der Niederlausitz zu rekonstruieren, führen das Brandenburgische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) und die Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) seit April 2010 gemeinsame archäologische, pedologische und geomorphologische Untersuchungen durch. Die langjährigen archäologischen Prospektionen und systematischen Ausgrabungen haben eine Vielzahl an vor- und frühgeschichtlichen bis neuzeitlichen Funden und Befunden erbracht und liefern sowohl Erkenntnisse über die Besiedlungsgeschichte der Region als auch über den anthropogenen Einfluss auf die Landschaft.

Im Rahmen der Untersuchungen des BLDAM wurden im ehemaligen Königlichen Taubendorfer Forst (Lkr. Spree-Neisse) bisher mehr als 500 Meilerstellen archäologisch dokumentiert und damit eines der größten Meilerareale Europas entdeckt. Die Größe sowie die Anzahl der Meiler deuten auf eine industrielle Holzkohleproduktion hin, die vermutlich in Zusammenhang mit dem ehemaligen Eisenhüttenwerk in Peitz steht, in dem seit 1567 Raseneisenerz verarbeitet wurde. Aufgrund der Dimensionen der Köhlerei muss von umfangreichen Landschaftsveränderungen du-

rch Rodungen während der historischen Nutzungsphasen ausgegangen werden. Zeugen äolischer Verlagerungen sind flächenhaft vorhandene Decksande, die in einer Mächtigkeit von stellenweise über einem Meter Meilergrundrisse sowie Ackerbodenhorizonte begraben.

Im Exkursionsgebiet werden interdisziplinäre Untersuchungen an bis zu 200 m langen und 1,5 m tiefen Sondageschnitten durchgeführt, die einen einzigartigen Einblick in die Landschaft sowie in die Verbreitung von Böden und Sedimenten ermöglichen. Im Verlauf der Exkursion werden je nach Aufschlusslage – es handelt sich um einen laufenden Tagebaubetrieb – aktuelle archäologische und bodenkundlich interessante Standorte im Tagebauvorfeld Jänschwalde und in dessen Umfeld angefahren.

Exkursionsraum

Naturraum

Der Tagebau Jänschwalde (Abb. 1) liegt ca. 15 km nordöstlich von Cottbus (Brandenburg, Niederlausitz). Naturräumlich befindet sich das Gebiet im Nordostdeutschen Tiefland. Gemäß der naturräumlichen Gliederung Brandenburgs von SCHOLZ (1962) ist das Areal des Tagebaus Jänschwalde dem Ostbrandenburgischen Heide- und Seengebiet zuzuordnen.

Klimatisch betrachtet liegt der Exkursionsraum nach SCHOLZ (1962) im Bereich des ostdeutschen Binnenklimas. KOPP (2003) ordnet das

Klima im Untersuchungsgebiet dem Mittelmärkisch-Anhaltinischen Planarklima zu. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur liegt bei 8,9°C und die durchschnittliche Niederschlagssumme beträgt 565 mm/a, gemessen bei Peitz (PIK 2009).

Entsprechend der physiogeographischen Standorteigenschaften wäre im Exkursionsgebiet nach HOFMANN & POMMER (2005) folgende potentielle natürliche Vegetation zu erwarten:

- auf den lehmbeeinflussten Sandstandorten der Hornoer/Grießener Hochfläche ein Kiefern-Traubeneichenwald,

- auf den Sandböden der Sanderflächen ein Kiefernwald,
- in den Niederungsbereichen der Neiße, Spree und Malxe ein Traubenkirschen-Eschenwald und auenwaldartiger Niederungswald.

Tatsächlich wurde das Areal des Tagebaus Jänschwalde vor dem Abbau teils forstwirtschaftlich (Kiefernforste) genutzt, teils wurde auf den Fluren innerhalb der Gemarkungsgrenzen der Ortschaften Jänschwalde, Horno und Grießen Ackerbau betrieben.

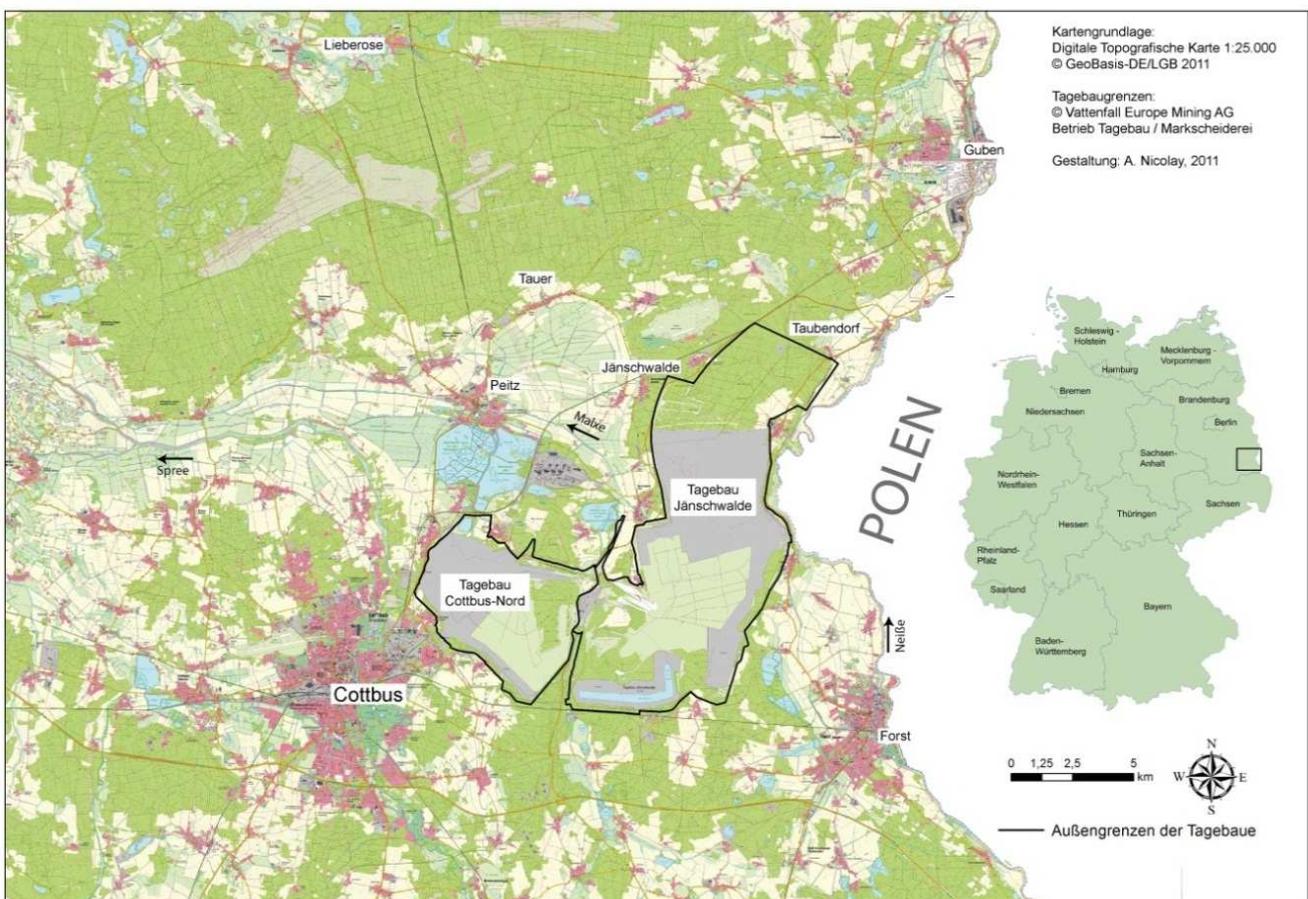


Abb. 1: Übersichtskarte zum Exkursionsgebiet Tagebau Jänschwalde

Geologie, Geomorphologie und Böden

Das Braunkohlenfeld Jänschwalde liegt im Norden des Lausitzer Braunkohlenreviers (Abb. 2), welches regionalgeologisch der ostbrandenburgischen Kreidesenke zuzuordnen ist (KLOCEK 2009). Von den vier, in der Lausitz vorhandenen, miozänen Flözen, ist das zweite abbauwürdig. Es erreicht durchschnittliche Mächtigkeiten von 8-14 m und liegt etwa 40-100 m unter der Oberfläche (LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 2010). Das Hangende bilden mächtige, tertiäre schluffige und feinsandige Ablagerungen der Brieske-Formation sowie darüber folgende reliktsch auftretende Schluffe der Rauno-Formation. Sie bilden den Abschluss der Tertiären Schichtenfolge im Tagebau Jänschwalde (KLOCEK 2009).



Abb. 2: Das Lausitzer Braunkohlenrevier (LBGR 2011).

Die Landschaft im Untersuchungsgebiet wurde im Wesentlichen von den quartären Eiszeiten geprägt. Das Exkursionsgebiet liegt im Übergangsbereich vom Jung- zum Altmoränengebiet. Nach CEPEK et al. (1994) hat das Exkursionsgebiet Anteil an vier quartärgeomorphologischen Einheiten (Abb. 3):

- glaziale Hochflächen im Bereich des Lausitzer Grenzwalls (S III, Schmelzwassersande, fluviatile Kiessande aus dem Saale-Komplex) – Ortslage Grieben,
- weichselzeitliche Sanderschüttungen (Taubendorfer Sander),
- Ablagerungen der Urstromtäler und periglaziäre Schwemmkegel,

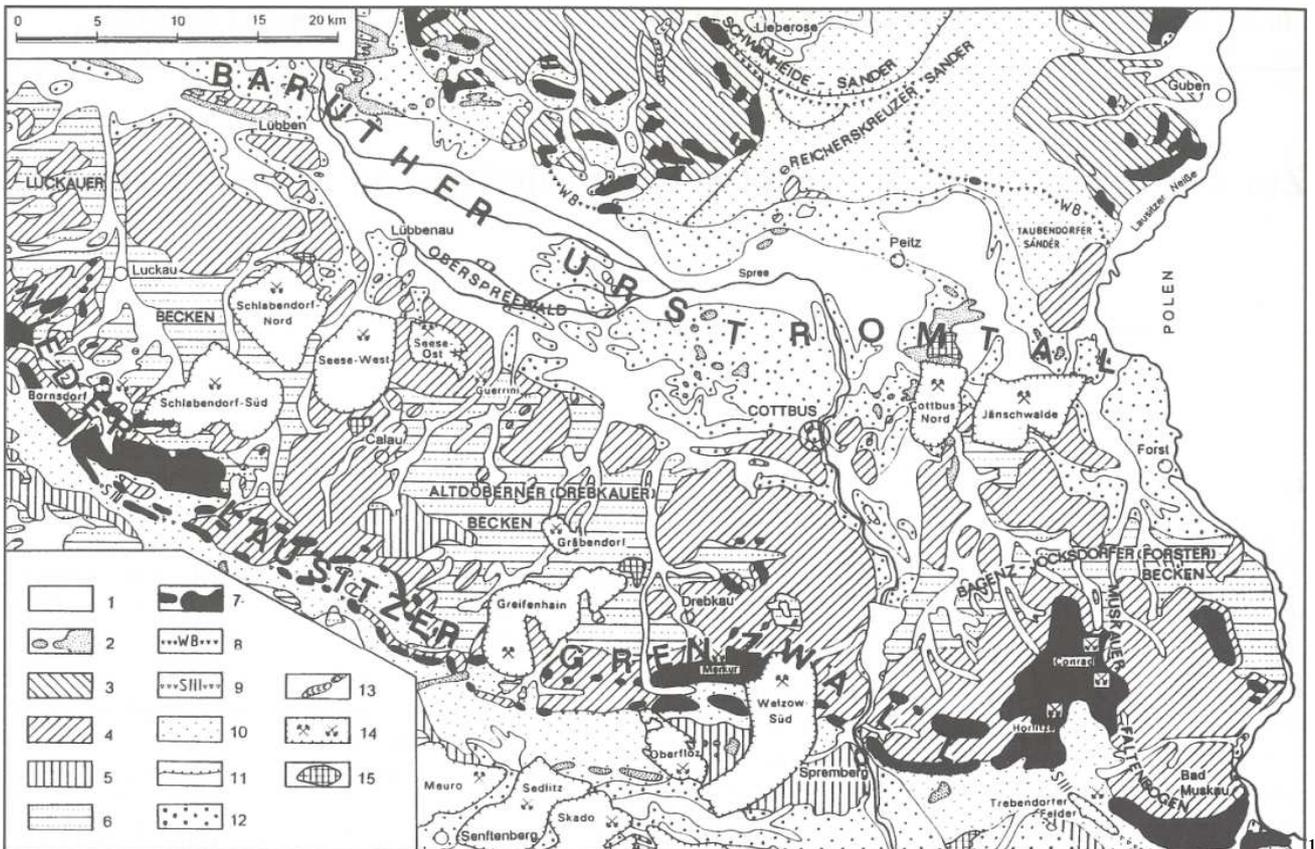
- holozäne Niederungen der Spree-, Malxe-, und Neißenerung (Aue-lehm, Torfe, Sande).

Während der Weichseleiszeit wurden die eiszeitlichen Sedimente periglaziär überprägt (LIPPSTREU et al. 1994).

Morphologisch stellt das Gebiet ein flachwelliges Hochflächenareal dar, das im Osten von der Niederterrasse der Neiße begrenzt wird. Die Hornoer/Griebener Hochfläche ist ein periglaziär überformter Rest saalekaltzeitlicher Grundmoränenablagerungen des Lausitz-Glazials (S III) (CEPEK et al. 1994). Die Hochfläche wird von der schwach geneigten weichselzeitlichen Sanderschüttung des Taubendorfer Sanders nahezu vollständig umschlossen. Durch eine markante Geländestufe setzt sich der Sander im Westen von den Talsand-Ablagerungen und Terrassen des Glogau-Baruther Urstromtales ab (Abb. 4). Im westlichen Bereich der Sanderschüttungen sind flache, von NEE nach SWW, verlaufende (Kerb-) Täler vorhanden, die am Fuße Schwemmfächer aufweisen. Die Entstehung der Erosions- und Akkumulationsformen kann auf die erste menschliche Besiedlung und Nutzung der Landschaft während der Bronzezeit zurückgeführt werden (WOITHE 2003).

Am Fuße des Sanders liegen äolische Decksedimente, die flächenhaft verbreitet sind und Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern besitzen. Nur vereinzelt sind diese Decksedimente morphologisch als Dünenkörper erkennbar.

Typische Böden im Untersuchungsgebiet sind Podsol-Braunerden bzw. podsolige Braunerden aus glazi-fluvialen Sanden. Schwach entwickelte Podsol-Regosole sind im Bereich der holozänen Flugsanddecken im Osten des Tagebaus vorhanden. Sie überdecken die in den Talsanden entwickelten und ackerbaulich genutzten Braunerden (Abb. 10 und Profil Flugsandfeld/BP1). Exemplarisch sind typische Böden für die Standortsituationen Taubendorfer Sander und Griebener Hochfläche dargestellt.



- holozäne Niederungen, 2 – Binnendünen, 3 – glaziale Hochflächen des Brandenburger Stadiums der Weichseleiszeit, 4 – glaziale Hochflächen des Niederlausitzer Grenzwalls (Lausitz-Kaltzeit, S III), 5 – tertiäre und älter saalezeitliche Hochflächen, 6 – morphologische Beckengebiete, spätsaalezeitlich (SIII) erosiv angelegt und weichselzeitlich periglazial überdeckt, 7 – Endmoränen, 8 – Maximalausdehnung des Inlandeises in der Weichsel-Kaltzeit, 9 – Maximalausdehnung des Inlandeises während der Lausitz-Kaltzeit (S III), 10 – Sander, 11 – markante Unterschneidungen im weichselzeitlichen Sandergebiet, 12 – Ablagerungen und Terrassen in den Urstromtälern sowie Flussterrassen und periglaziäre Schwemmkegel, 13 – Wallberg, 14 – Braunkohlentagebaue, 15 – Außenhalden. Rechteck markiert das Exkursionsgebiet

Abb. 3: Geologisch-geomorphologische Übersichtskarte (Cepek et al. 1994).

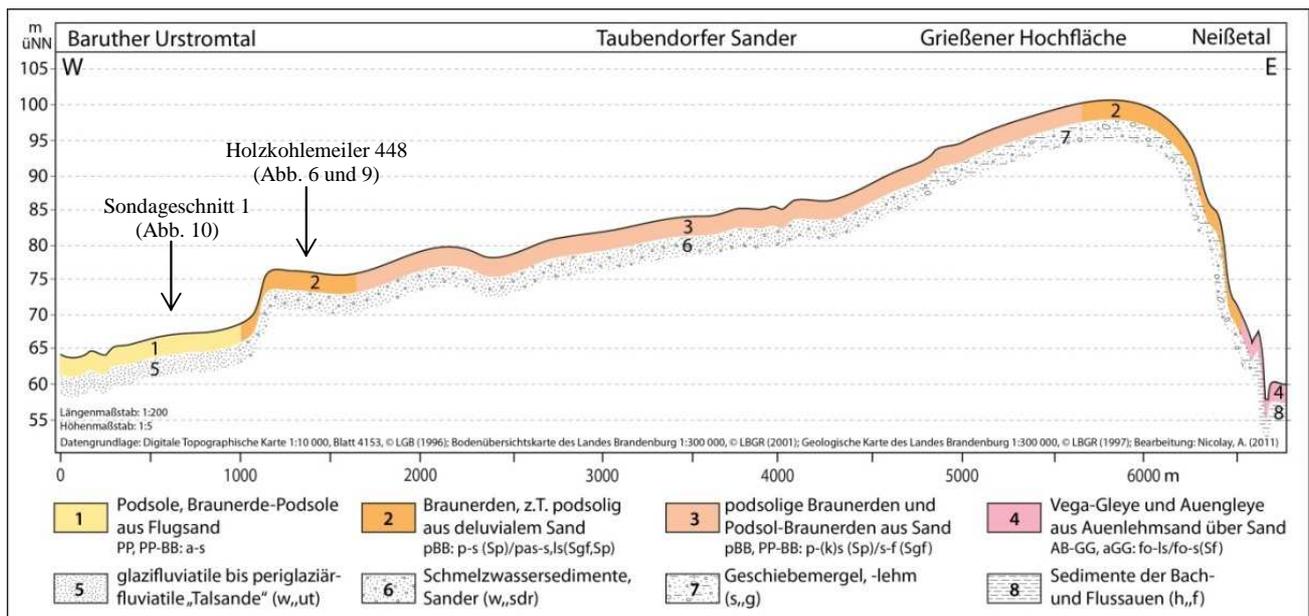


Abb. 4: W-E Geländeschnitt von Jänschwalde nach Grieben durch das Exkursionsgebiet mit Darstellung der typischen Böden und der Bodensubstrate

Vor- und Frühgeschichte im Exkursionsgebiet

Obwohl die Tagebaue zwangsläufig mit einer totalen Vernichtung von Kulturlandschaften und der Überbaggerung von Ortschaften verbunden sind, bieten sie doch für die Archäologie auch die Chance einer umfassenden Landschafts- und Besiedlungsaufnahme und damit eine Loslösung von einer partiellen Dokumentation von einzelnen Befunden und Fundplätzen (BÖNISCH, E. 2001). Immerhin wird allein im Tagebau Jänschwalde jährlich etwa eine Fläche von ca. 200 ha beansprucht. Die Länge des Tagebaus Jänschwalde beträgt etwa 4 km, abgebaggert wird ein Streifen von ca. 500 m, der bergmännisch Jahresscheibe genannt wird.

Die archäologische Arbeit läuft in der Regel in drei übergreifenden Schritten ab. Nach der Aufarbeitung der Archivalien und der Prospektion sollen Sondagen Aufschluss über den Erhaltungszustand und Aussagewert der Fundplätze liefern. Danach werden Flächengrabungen ausgewählt.

Die systematischen Ausgrabungen im Tagebau Jänschwalde brachten in den letzten Jahren vielfältige Ergebnisse. Sie waren in erster Linie auf die Erfassung der gesamten Kulturlandschaft ausgerichtet. Dabei sind besonders die zahlreich ausgegrabenen mittelsteinzeitlichen Schlagplätze und neolithischen und frühbronzezeitlichen Bestattungsplätze mit Silexpfeilspitzen und -dolchen als Grabbeigaben hervorzuheben (RÖSLER 2001). Außerdem konnten auf der Hornoer Höhe bronzezeitliche Pfostenbauten (Gehöfte, etwa 3000 Jahre alt) mit Speicherplätzen für Getreide, Brunnen, die die Wasserversorgung in der Höhenlage sicherten, und Gräber nachgewiesen werden (BÖNISCH 2004).

Anfang 2008 gruben Archäologen am Tagebau Jänschwalde ein germanisches Dorf des 3. und 4. Jahrhunderts aus. Die dabei freigelegten Hausgrundrisse, Brunnen, eine Getreidemühle und vieles mehr vervollständigten das Bild von der Lebensweise der Germanen in der Niederlausitz. Besonders in-teressant war die Entdeckung einer Schmiede zur Schmuckherstellung innerhalb dieser Siedlung. Hier wurden auch Fibeln hergestellt, die zur Tracht der auf dem benachbarten Friedhof beigesetzten Toten gehörten (SCHULZ 2008).

Außerdem stand in den Jahren 2004 und 2005 die Ortsuntersuchung von Horno im Vordergrund. Neben der Boden- und Baudenkmal-dokumentation waren hier wissenschaftliche Disziplinen wie Historie, Ethnologie, Geologie und Botanik eingeschlossen und lieferten ein umfassendes Bild von der Ortsgenese (GROß 2005, BÖNISCH 2005). Die Auswertungen dazu sind noch nicht abgeschlossen (siehe hierzu DFG-Projekt „Der hochmittelalterliche Landesausbau und die Entwicklung der Siedlungsstrukturen in Brandenburg. Ländliche Siedlung und kulturelle Transformation. Hoch- und spätmittelalterliche Landschaftsgestaltung (12. Jh. bis 14./15. Jh.) im Spiegel von Grabungsgroßprojekten in Brandenburg“).

Da der Tagebau seit 2009 hauptsächlich in den Bereich der Hornoer Höhe einschneidet, konzentrieren sich dort seither die archäologischen Arbeiten. Ziel bleibt aber weiterhin die ganzheitliche Erfassung des betroffenen Siedlungsgebietes. Bei der Exkursion im Tagebauvorfeld sollen vorzugsweise steinzeitliche und bronzezeitliche Siedlungskomplexe und ein mittelalterlich bis neuzeitliches Holzkohlemeilerareal vorgestellt werden.

Exkursionsroute und -standorte

Einen Überblick über die Exkursionsroute bietet Abb. 5. Es werden die nachfolgenden vier Standorte angefahren:

- A Tagebau Jänschwalde - Aussichtspunkt bei Heinersbrück
- B Tagebauvorfeld Jänschwalde
- C Wölbäcker und Kerbtälchen am Rand der Hornoer Höhe
- D Dorf Grießen.

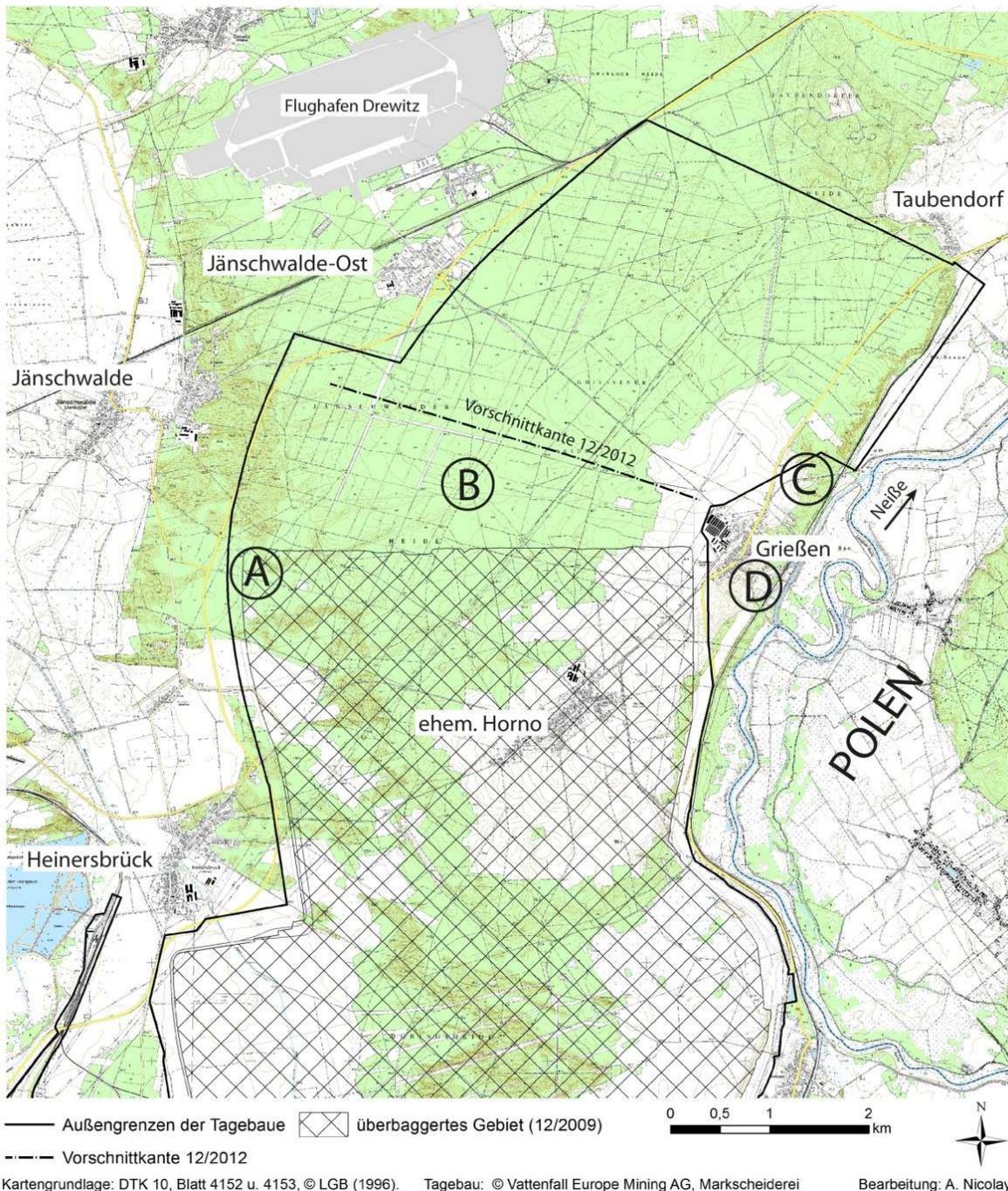


Abb. 5: Lage der Exkursionsstandorte im Bereiche des Tagebauvorfeldes Jänschwalde.

Standorte

A Tagebau Jänschwalde - Aussichtspunkt bei Heinersbrück

Der bei Heinersbrück im Westen des Tagebaus Jänschwalde gelegene Aussichtspunkt bietet einen Blick in den aktiven Braunkohlentagebau. Zu sehen ist die Förderbrücke F60 sowie ein Einblick in die Geologie des Tagebaus mittels der ca. 4 km langen W-E verlaufenden Vorschnittkante.

B Tagebauvorfeld

Station 1: Bronzezeitliche Gehöfte auf der Hornoer Höhe

Die Besiedlung einer pleistozänen Höhenfläche wie der Hornoer Höhe galt wegen der Wasserferne für die Zeit vor dem Mittelalter bislang als unwahrscheinlich. Durch die Grabungen im Tagebau Jänschwalde wurde allerdings eine phasenweise Nutzung der Hochflächen verbunden mit günstigen Klimabedingungen nachgewiesen. Dazu gehören Gehöftsiedlungen aus der jüngeren Bronzezeit, ca. 1000 v. Chr., die jeweils nur in einem begrenzten Zeitraum genutzt wurden. Beispielhaft sei die Grabung eines bronzezeitlichen Gehöftes (Grießen, Fundplatz 6), welches westlich von Grießen aufgefunden wurde, genannt. Aufgedeckt wurde ein Grundriss eines zweischiffigen Pfostenhauses von etwa 25 m Länge und 5 m Breite. Das Haus hatte einen Anbau und zwei Feuerstellen. Besonders hervorzuheben ist die Erhaltung zweier paralleler Wandgräbchen mit Resten des Lehmewurfes. Südlich vor dem Haus befanden sich Vorratsgruben. Ein Brunnen wie auf anderen Gehöften nachgewiesen, ist hier in Richtung des Neißetales zu vermuten, konnte jedoch auf Grund der benachbart liegenden Entwässerungstrassen noch nicht belegt werden. An Funden sind Scherben mit der für die Jungbronzezeit typischen Rillenverzierung und einige durchlochte Keramikteile von Siebgefäßen hervorzuheben.

Station 2: Köhler über der Kohle

Im Tagebauvorfeld sind bisher mehr als 500 Meilerstellen registriert worden. Es handelt sich dabei ausschließlich um Standstellen von Rundmeilern. Im meist hellgelben märkischen Sand heben sie sich besonders gut als schwarze Ringverfärbung ab. Zum Abdecken und Abdichten des aufgeschichteten Holzes für den Inkohlungsprozeß wurde in der Regel umliegendes Erdmaterial verwendet. Dabei entstand ein ringförmiger Graben, der sich beim Auseinanderziehen des Meilers mittels Schürhaken teilweise mit Holzkohleresten verfüllte (RÖSLER 2008). Die Meilerringe haben einen Innendurchmesser von 5 bis über 20 Meter. Die Meiler mit den größeren Durchmessern liefern sicher einen Hinweis auf die industrielle Verwertung der gewonnenen Holzkohle. Der größte Teil der hier hergestellten Holzkohle wird deshalb direkt zur Belieferung des benachbarten Peitzer Hüttenwerkes gedient haben. Bei den kleineren Meilern ist dagegen sicher von einer individuellen Verwendung im Haushandwerk oder in kleineren Handwerksbetrieben auszugehen. Es ist davon auszugehen, dass die Meiler seit dem späten Mittelalter bis in die frühe Neuzeit betrieben wurden. Ein von Dünen sand überdeckter Meiler wurde dendrochronologisch in das Jahr 1850 datiert. Für die weiteren untersuchten Meiler sind Holzbestimmungen und dendrochronologische Untersuchungen vorgesehen. Sie werden eine genauere Einordnung der Meiler ermöglichen. Die nachgewiesenen „überdünten“ Meilerstandorte weisen aber schon jetzt auf die enge Wechselwirkung von „großer Köhlerei“ und Umweltveränderungen hin.

Exemplarisch wurde der Holzkohlemeiler (HKM) 448 sowohl archäologisch als auch bodenkundlich untersucht. Der Holzkohlemeiler HKM 448, mit einem Durchmesser von ca. 18 m liegt im Bereich des Taubendorfer Sanders am Beginn eines kleinen Kerbtals. Der Profilquerschnitt (Abb. 6 und 9) zeigt, dass derselbe Standort zwei Mal genutzt wurde. Mittels laboranalytischer Methoden soll der Einfluss der Köhlerei, d.h. der Hitzeeinwirkung auf die

Böden und die Folgen für die Bodengüte und nachfolgende Nutzung untersucht werden.



Abb. 6: Planum und Schnitt durch den Holzkohlemeiler 448 (Foto: Nicolay 2010).

Standort 3: Ausgewählte Sondageschnitte

Als weitere Beispiele für anthropogen induzierte Landschaftsveränderungen werden ausgewählte Sondageschnitte vorgestellt. Profilschnitt 1 (Projekt 52) ist ein etwa 120 m langes und bis zu 2 m tiefes W-E-Querprofil (Abb. 10), das sich im westlichen Areal des Tagebauvorfeldes befindet (Abb. 4). Das Profil zeigt einen fossilen Ackerbodenhorizont, der nahezu über die gesamte Länge des Aufschlusses verfolgt werden kann. Der fAp-Horizont ist überdeckt mit äolischen Sanden, die bis zu 1,50 m mächtig sind und die Reaktivierung äolischer Dynamik durch Rodung und ackerbauliche Nutzung belegen.



Abb. 7: Luftbild mit Blick auf das Strassenangerdorf Grieben. Im Hintergrund die Neißeau (Foto: Rösler 2009)

C Wölbäcker und Kerbtälchen am Rand der Hornoer Höhe

Nördlich von Grieben sind im Wald Relikte mittelalterlicher Ackerfluren noch oberflächlich deutlich sichtbar (Abb. 7 und 8). Es handelt sich um sogenannte Wölbäcker, die auch als Hochäcker oder Hochbeete bezeichnet werden. Der Name beschreibt die typische Ausprägung dieser Felder. Sie entstanden beim Pflügen mit einem Beetpflug, der die Grundlage der mittelalterlichen Flurbearbeitung darstellt.



Abb. 8: Schnitt durch die Wölbäcker nördlich von Grieben. Erkennbar ist der unter den Wölbungen liegende Rest eines fossilen Bodens. Die Ackerfurchen bleiben als "Gräben" im Boden sichtbar (Foto: Piskorski 2009).

Der Acker wurde von der Mitte her gepflügt, aber die Schollen konnten nur in eine Richtung umgeworfen werden. Dadurch entstand in der Mitte eine Wölbung und an den Ackergrenzen eine Furche. Für die Niederlausitz hat Fritz Bönisch diese Wirtschaftsweise und damit in Zusammenhang stehende Flureinteilungen an verschiedenen Stellen ausführlich behandelt (u.a. BÖNISCH, F. 2001). Der Vorteil bei der Anlage von Wölbäckern besteht darin, dass unabhängig von klimatischen Einflüssen ausgeglichene Ernten erzielt werden konnten. In niederschlagsreichen Jahren war eine bessere Ernte auf den Wölbungen zu erzielen. In trockenen Jahren hingegen war der tiefer gelegene Randbereich der Felder ertragreicher. Die alten Feldstrukturen wurden in den letzten Jahren auf Grabungen im Tagebauvorfeld vielfach angetroffen und dokumentiert. In der Re-

gel zeigen sie sich als streifenförmige Verfärbungen als „Nebenprodukt“ der archäologischen Grabungsschnitte. Im Tagebau Cottbus-Nord sind durch Grabungen gezielt solche Ackerfluren unter Dünenbedeckungen untersucht worden. Im Ergebnis dieser Untersuchungen wurden mehrere Wölbäckergruppen, die als Gewanne bezeichnet werden, untersucht und dabei der Zusammenhang zwischen der Anlage der Felder und deren nachfolgender Überdünung dokumentiert (WOITHE & RÖSLER 2001).

Im Bereich der hier gezeigten Wölbäcker im Griebener Wald wurden im Jahre 2009 erste Sondageschnitte im Zusammenhang mit Bohrpunkten im Tagebauvorfeld angelegt. Die archäologischen Schnitte, die quer zu den Äckern aufgezogen wurden, lieferten fossile Böden unter den Ackerwölbungen und weisen auf eine zeitlich begrenzte Nutzung der Felder (Abb. 8) hin.

In unmittelbarer Nähe zu den Wölbäckern haben sich am Osthang der Hornoer/Griebener Hochfläche tief eingegrabene Kerbtäler herausgebildet, die im Gelände deutlich erkennbar sind. Eine Möglichkeit der Erfassung der Wölbäcker und Kerbtäler bieten auch die von Vattenfall gefertigten Airborne Laserscanningkarten. Soweit die Wölbäcker sich noch oberflächlich abzeichnen, liefern die Karten ein umfassendes Bild der Feldstrukturen und damit sind eingehende Untersuchungen zu mittelalterlichen Ackerstrukturen möglich.

Ziel der archäologischen Grabungen ist es, diese Angaben zu vervollständigen und Details zu dem jeweiligen Feldaufbau zu liefern.

Bisher konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Kerbtäler am südlichen und westlichen Hang der Hornoer Höhe. Dabei konnten die „gravierendsten Eingriffe in den Landschaftswasser- und Stoffhaushalt für die Römische Kaiserzeit und das späte Hoch- bis Spätmittelalter rekonstruiert werden“ (WOITHE 2003). Das passt auch in das neu entwickelte Bild für die Landschaftsentwicklung im gesamten mitteleuropäischen Raum (BORK et al. 1998).

D Grieben – Dorf und Flur aus dem Mittelalter

Grieben ist ebenso wie das Nachbardorf Horno in der Zeit des hochmittelalterlichen deutschen Landesausbaus im 13. Jh. überwiegend von slawischen Bauern angelegt worden. Horno wurde nach ausgegrabenen, dendrochronologisch datierten Brunnen 1229/30 gegründet. Die Lage auf der bis dahin von trockenen eichenreichen Wäldern (z.B. Flurstück „Die Eichberge“) eingenommenen Moränenplatte, die planmäßige Anlage als mittelgroßes Straßenangerdorf (Abb. 7) an der alten Straße Cottbus-Heinersbrück-Guben sowie eine regelmäßige Gewinnflur sind typische Merkmale einer solchen Neugründung. In der Ortsflur sind überall die mittelalterlichen Wölbäcker entweder noch an der Oberfläche sichtbar oder sie werden durch Ausgrabungen freigelegt. Dem Ortsnamen Grieben liegt mittelhochdeutsch „Grieß Sand“ zugrunde, was auf Sand- und Kiesbänke im Neißetal zurückgeführt wird. Das älteste Gebäude ist die Kirche aus dem 15. Jahrhundert.

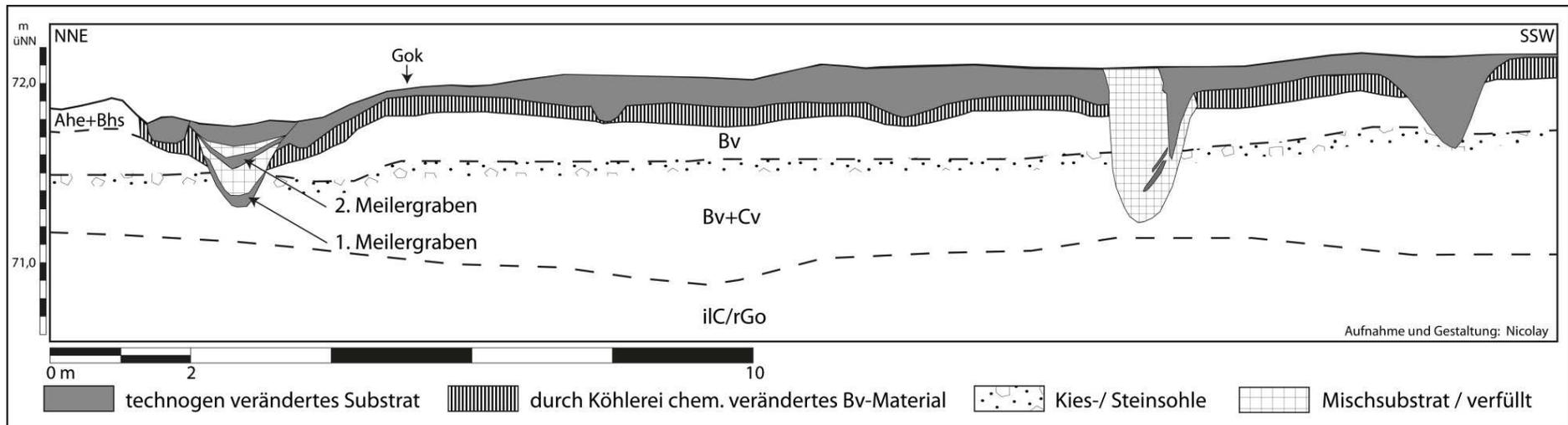


Abb. 9: Querschnitt durch den Holzkohlemeiler 448. Die zwei Meilergräben belegen die 2-fache Nutzung des Meilerplatzes (Sondageschnitt 40, Projekt 52, HKM 448).

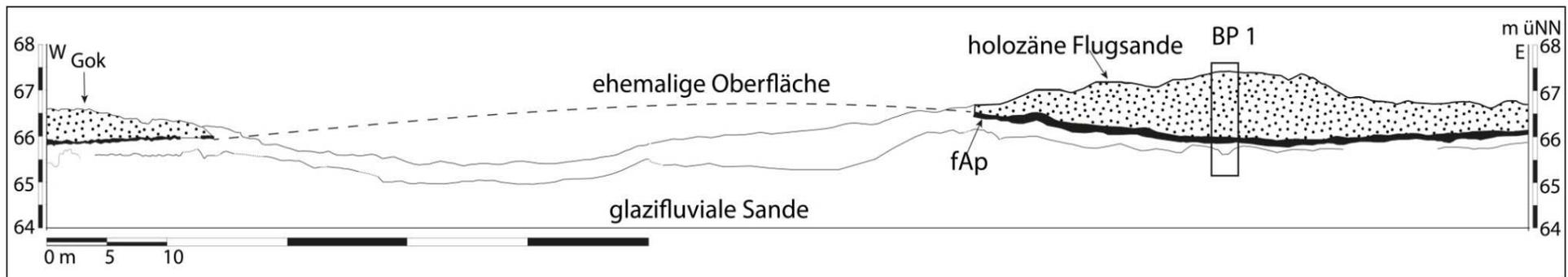


Abb. 10: 120 m langer Sondageschnitt im Bereich des Flugsandfeldes (Sondageschnitt 1, Projekt 52.). Der fossile Ackerbodenhorizont ist mit ca. 1,5 m mächtigen Sanden überdünnt (Sondageschnitt 1, Projekt 52)..

Literatur

- BÖNISCH, E. (2001a): Die archäologische Abbauscheibe 2000. - Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier: 9-20.
- BÖNISCH, E. (2004): Häuser, Speicherplätze und Siedlungsmuster. Neues zu Siedlungen der Lausitzer Kultur links der Neiße. - Biblioteka Archeologii Srodkowego Nadodrza, 2: 91-120.
- BÖNISCH, E. (2005): 8 Jahrhunderte Horno dokumentieren, erforschen und bewahren. - Was bewahren die Forscher von Horno. Ein Dorf im Niederlausitzer Braunkohlenrevier wird dokumentiert: 7-13.
- BÖNISCH, F. (2001b): Wölbäcker als Kennzeichen früherer Gewinnfluren. - Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000: 203-212.
- BORK, H.-R., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P., SCHATZ, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Gotha.
- CEPEK, A., HELLWIG, D. & W. NOWEL (1994): Zur Gliederung des Saale-Komplexes im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. - Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1/1: 43-83.
- GROß, W. (2005): Planung und Ausführung der Dokumentation von Horno. - Was bewahren die Forscher von Horno. Ein Dorf im Niederlausitzer Braunkohlenrevier wird dokumentiert: 225-227.
- HOFMANN, G. & U. POMMER (2005): Potentielle natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1:200 000. - Eberswalder forstliche Schriftenreihe, 24.
- KLOCEK, G. (2009): Abbau mit kontinuierlichem Direktverstoß am Beispiel des Tagebaus Jänschwalde. In: STOLL, R.D., NIEMANN-DELIUS, C., DREBENSTEDT, C. & K. MÜLLENSIEFEN (2009): Der Braunkohlentagebau. Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt. Springer. Berlin, Heidelberg: 150-163.
- KOPP, D. (2003): Die Böden des nordostdeutschen Tieflandes und ihr Zusammenwirken mit Relief, Klima und Vegetation. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (Hrsg., 2010): Atlas zur Geologie von Brandenburg. Cottbus.
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N., SONNTAG, A. & H.U. THIEKE (1994): Zur Gliederung der quartären Sedimentabfolgen im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Jänschwalde und in seinem Umfeld - Ein Beitrag zur Gliederung der Saale-Kaltzeit in Brandenburg. - Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1/1:15-35.
- PIK POSTDAM - INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (Hrsg., 2009): Walterdiagramm Peitzer Teiche (FFH 4152-302). Online: http://www.pik-potsdam.de/~wrobel/sg-klima-3/landk/walter/ref/walter_1009_ref.png, Abruf: 13.01.2011.
- RÖSLER, H. (2001): Gräber der Schnurkeramik an der Hornoer Hochfläche. In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000, S. 111-119.
- RÖSLER, H. (2008): Köhlerei für das Eisenhüttenwerk Peitz in Brandenburg. - Archäologie in Deutschland 2008/3: 36-37.
- SCHOLZ, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs. Potsdam: Pädagogisches Bezirkskabinett Potsdam.
- SCHULZ, D. (2008): Verbrannt und zugeweht. Germanische Gräber bei Jänschwalde. - Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2007: 177-187.
- WOITHE, F. & H. RÖSLER (2001): Bodenkundliche Untersuchung überdünter Wölbäcker in den Fluren von Merzdorf und Dissenchen, Tagebauvorfeld Cottbus-Nord. - Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier 2000 (Calau 2001): 197-202
- WOITHE, F. (2003): Untersuchungen zur postglazialen Landschaftsentwicklung in der Niederlausitz. Dissertation, Universität Kiel.

Standortsituation: Flugsandfeld

Profil-Nr.: BP 1	Bearbeiter: Nicolay	TK25: 4153
Lage: RW: 3467150	HW: 5744000	Kreis: Spree-Neiße Ort: Jänschwalde
Nutzung: keine	Vegetation: Keine, ehem. Nadelwald aus Kiefer	Datum: 12.04.2010

Lab. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	L	+ 7 cm	organische Auflagehorizonte
2	Of	+ 3 cm	
3	Oh	+ 2 cm	
4	Ahe+Bhs a-s(Sa)	10 cm	grauer (10YR 6/1), schwach humoser, sauergebleichter Verzahnungshorizont, z.T. mit Sesquioxidanreicherung und Humuseinwaschung, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt <i>Sand (fSms) aus Flugsand</i>
5	iiC a-s(Sa)	141 cm	gräulich-gelber (10YR 7/6), silikatischer Untergrundhorizont, sehr schwach humos, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt, Holzkohleflitter <i>Sand (fSms) aus Flugsand</i>
6	II fAp p-s(Sf)	155 cm	graubrauner (10YR 4/1) fossiler Ackerbodenhorizont, mit hohem Anteil von Holzkohleflittern, schwach humos, Einzelkorngefüge, ¹⁴ C-Datierung in Bearbeitung <i>kryoturbater Sand aus Flusssand (Urstromtalsand)</i>
7	II fBv p-s(Sf)	172 cm	gelblich brauner (10YR 5/6) fossiler Verbraunungshorizont, sehr schwach humos, Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt <i>kryoturbater Sand aus Flusssand (Urstromtalsand)</i>
8	II iiCv p-s(Sf)	180 cm	bläugelber (2,5Y 7/6), verwitterter silikatischer Untergrundhorizont, Einzelkorngefüge, sehr schwach durchwurzelt <i>kryoturbater Sand aus Flusssand (Urstromtalsand)</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	PP-RQ: a-s(Sa)//BB:p-s(Sf)
Bodenformen-bezeichnung:	Podsol-Regosol aus Sand (Flugsand) über sehr tiefer fossiler (Acker-) Braunerde aus Fluvisand (Urstromtalsand)

Standortsituation: Taubendorfer Sander

Profil-Nr.: BP 43	Bearbeiter: Nicolay	TK25: 4153
Lage: RW: 3467630	HW: 5745005	Kreis: Spree-Neiße Ort: Griessen
Nutzung: keine	Vegetation: Keine, ehem. Nadelwald aus Kiefer	Datum: 16.09.2010

Lab. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	L	+ 10 cm	organische Auflagehorizonte
2	Oh	+ 2 cm	
3	Ahe+Bhs pky-(k)s(Ssdr)	9 cm	dunkelgrauer (2,5Y 4/1), welliger, schwach humoser sauergebleichter Verzahnungshorizont, z.T. mit Sesquioxidanreicherung und Humuseinwaschung, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt <i>kiesführender kryoturbater Sand aus Sandersand</i>
4	Bv pky-(k)s(Ssdr)	30 cm	brauner (10YR 5/8), welliger Verbraunungshorizont, schwach humos, Einzelkorngefüge, mäßig durchwurzelt <i>kiesführender kryoturbater Sand aus Sandersand</i>
5	Bv+Cv pky-(k)s(Ssdr)	42 cm	braungelber (10YR 7/6), welliger, verwitterter Verzahnungshorizont, mäßig durchwurzelt, Einzelkorngefüge <i>kiesführender kryoturbater Sand aus Sandersand</i>
6	iiC fg-(k)s(SSdr)	120 cm	bläugelber (2,5Y 7/4 – 2,5Y 7/6), geschichteter, schwach hellrostfleckiger Untergrundhorizont, schwach durchwurzelt <i>kiesführender Sand aus Sandersand</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	PP-BB: p-(k)s/f-(k)s(Ssdr)
Bodenformenbezeichnung:	Podsol-Braunerde aus Kies führendem Kryosand (Sandersand) über Kies führendem Sand (Sandersand)

Standortsituation: Griebener Hochfläche

Profil-Nr.: BP 51	Bearbeiter: Nicolay	TK25: 4153
Lage: RW: 347100	HW: 5744680	Kreis: Spree-Neiße
Nutzung: ehem. Acker	Vegetation: Keine	Ort: Griessen
		Datum: 10.09.2010

Lab. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ap		dunkelgrauer (2,5Y 3/1), stark humoser, kiesführender Ackerhorizont, Bröckelgefüge
	<i>pas-(k)s(Sp)</i>	30 cm	<i>kiesführender deluvialer Sand aus Decksand</i>
2	Bv		braungelber (10YR 6/6), Verbraunungshorizont, schwach humos, Einzelkorngefüge, mäßig durchwurzelt
	<i>pas-(k)s(Sp)</i>	45 cm	<i>kiesführender deluvialer Sand aus Decksand</i>
3	Bv+Cv		blaßbrauner (10YR 6/3) verwitterter Verzahnungshorizont
	<i>pas-(k)s(Sp)</i>	60 cm	<i>kiesführender deluvialer Sand aus Decksand</i>
4	C		blaßgrauer (2,5Y 7/2), schwach hellrostfleckiger Untergrundhorizont, schwach durchwurzelt
	<i>pas-(k)s(Sp)</i>	80 cm	<i>kiesführender deluvialer Sand aus Decksand</i>
5	II C		brauner (10YR 5/6) Untergrundhorizont mit hellweißen (10YR 8/1) Sandlinsen, hellrostfleckig
	<i>gm-(k)(Lg)</i>	120 cm	<i>kiesführender Lehm aus Geschiebelehm</i>
6	II C		brauner (10YR 5/6) Untergrundhorizont
	<i>gm-(k)(Lg)</i>	140 cm	<i>kiesführender Lehm aus Geschiebelehm</i>

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	vBB: p-(k)s(Sp)/g-(k)I(Lg)
Bodenformenbezeichnung:	(Acker-) Braunerde aus kiesführendem Sand (Decksand) über tiefem kiesführendem Lehm (Geschiebelehm)

Kurzumtriebsplantagen – Kohlenstoffsenke und Stickstoffdynamik

J. KERN, H. DOMSCH, R. GEBBERS

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam
Tel.: +49/(0)331/5699-123,
Email: jkern@atb-potsdam.de

Einleitung

Mit dem Anbau von nachwachsenden Rohstoffen konnte in den letzten Jahren vor allem in Deutschland ein wichtiger Beitrag zur Substitution fossiler Rohstoffe geleistet werden. Auf einem Versuchsfeld des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) werden seit 1994 einjährige Pflanzenarten sowie mehrjährige Arten wie Pappeln und Weiden angebaut, die im 2- und 4-jährigen Turnus geerntet werden. Die praxisnahen Feldversuche zeigen, dass es in Abhängigkeit der mineralischen Düngung zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich des Biomassertrages, aber auch hinsichtlich der Umweltwirkungen kommen kann.

Vor diesem Hintergrund wird seit 2008 im Rahmen eines durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Projektes die Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik (N-Auswaschung, N₂O-Bodenemissionen) des Bodens einer Kurzumtriebsplantage untersucht. Das Ziel dabei ist, die energetische Effizienz, die Umweltbeeinflussung und die technischen Erfordernisse beim Anbau von Pappel und Weide unter praxisnahen Bedingungen auf den für das Land Brandenburg typischen, sandigen Böden zu ermitteln.

Route

Die Fahrt zum ca. 30 km von Berlin entfernten Potsdamer Exkursionspunkt, dem ATB, führt uns über die Glienicker Brücke, einer

Verbindung zwischen den Städten Berlin und Potsdam. Die Brücke war etwa drei Jahrzehnte ein für die Öffentlichkeit gesperrter Übergang zwischen den beiden deutschen Staaten. Mehrfach erwähnt wurde sie in dieser Zeit durch den auf ihr stattfindenden Agentenaustausch zwischen Ost und West. (Abb. 1).

Hier überqueren wir ein nacheiszeitliches Schmelzwassertal, in dem heute das Flussbett der Havel verläuft. Die Weiterfahrt im Potsdamer Stadtgebiet ermöglicht einen Blick auf den 13 m tiefen Heiligen See, einem gestreckten Gletscherzungenbecken, wo die subglaziale Hauptrinne ansetzt. Der See ist von der Havel isoliert und wird heute von Grundwasser gespeist, was sich in einer guten Gewässerqualität widerspiegelt. Vorbei am Neuen Garten mit dem Schloss Cecilienhof erreichen wir den Pfingstberg, eine Stauchendmoräne. Diese Anhöhe bietet eine gute Aussicht auf den Potsdamer Raum. Daher wurde hier zwischen 1849 und 1863 das Belvedere im Stile der römischen Villa Medici nach einer Bauidee von Friedrich Wilhelm IV erbaut (Architekten: L.F. Hesse, F.L. Persius und F.A. Stüler). Der umgebende Garten wurde durch Peter Joseph Lenné (1789-1866) geplant. Er war einer der bedeutendsten deutschen Gartenkünstler und Landschaftsgestalter des 19. Jahrhunderts. Seine Parks und Gärten prägen an vielen Stellen noch heute das Bild der Städte Berlin und Potsdam. Die Gestaltung der Havelseenlandschaft zwischen beiden Städten, in der er unter dem Motto der "Landschaftsverschönerung" Nützlichkeit und Schönheit zu verbinden versuchte, ist ein eindrucksvolles, weit über seine Zeit hinaus

wirkendes, frühes Beispiel für die Landschaftsgestaltung in Deutschland. Dies ist mit ein Grund dafür, dass heute große Teile Potsdams in die UNESCO-Liste der „Unvergänglichen Kultur- und Naturerbe der Welt“ aufgenommen sind. Von Lenné wurde auch die Bornstedter und Bornimer Feldflur gestaltet, in der unser Exkursionsziel liegt, und die vom Pfingstberg aus gut betrachtet werden kann. Diese Feldflur wurde in den 1970 und 80er Jahren obstbaulich genutzt. Sie hat aber inzwischen ihre einstigen landwirtschaftlichen Strukturen mit geraden, baumbestandenen Feldwegen zurück erhalten. Nach Verlassen des Pfingstbergs passieren wir typische Abschnitte der Lennéschen Feldflur, bevor wir nach 7 km das Exkursionsziel, das ATB erreichen.

Klima, Geologie und Geomorphologie

Die Gesteinsverhältnisse und die Oberflächenstruktur, wie wir sie heute im Land Brandenburg antreffen, wurden in den vergangenen 400.000 Jahren während der letzten drei Eiszeiten geprägt. Gletscher, die große Teile Brandenburgs überzogen, hinterließen charakteristische Ablagerungen und Reliefformen (Dalchow et al. 1998). Zentrale Teile Brandenburgs, wie der Potsdamer Raum gehören zum Jungmoränengebiet, das durch die letzte Weichselzeit mit ihrem Höhepunkt im Zeitraum 20.000 bis 14.000 Jahre vor heute gestaltet wurde. Neben Seen treten ausgedehnte Niederungen, ebene bis wellige Platten sowie Berge und Rücken unterschiedlicher Ausmaße und Höhen auf. Außerdem fallen engräumige Vegetationswechsel auf. Im Nordwesten von Potsdam erstreckt sich in 40-50 m ü. NN die ca. 20 km² große Bornstedter Grundmoräne. Sie hat eine Höhe von 40-50 m ü. NN, ist frei von Fließgewässern mit einem Grundwasserstand von etwa 10-15 m unter Flur (Schroeder 2001). Sie wird von ockerfarbenen fein- bis mittelsandig-schluffigen Geschiebemergeln bedeckt.

Die Grundmoräne mit den Versuchsfeldern liegt gemäß der KTBL-Nomenklatur im Klimagebiet 8, welches durch ein relativ ausgeglichenes Klima und durch eine hohe Anzahl von verfügbaren Feldarbeitstagen gekennzeichnet ist (KTBL-Taschenbuch 1994). Das Niederschlagsmittel der Jahre 2000-2009 betrug 632 mm a⁻¹ und die Jahresmitteltemperatur 9,9 °C (DWD 2010).

Exkursionsraum

Geschichte des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

Die Gründung des Gutes Bornim durch den Ritter von Bornheim im Nordwesten von Potsdam geht auf das 12.-13. Jahrhundert n.Chr. zurück. In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurde im Auftrag des Kurfürsten Friedrich Wilhelm ein Schloss im holländischen Stil mit Lehr- und Modellgärten für Obst-, Wein- und Gemüsebau angelegt. 1756-1760 ließ Friedrich der Große das zwischenzeitlich verfallene Schloss abreißen und an dessen Stelle ein Gutshaus zur Bewirtschaftung der umliegenden Güter errichten. Der preußische Hofarchitekt Friedrich Ludwig Persius (1803-1845) errichtete ein Jahrhundert später ein neues Gutshaus im Stil einer italienischen Villa, von der heute noch der Glockenturm erhalten ist. Um 1844 wurden auf der 525 ha großen Domäne bereits Vorschläge von Albrecht Daniel Thaer (1752-1828) umgesetzt, d.h. die Ackernutzung auf den leichten, ertragsarmen Böden an die unterschiedliche Bodengüte angepasst. Mit der Anlage von Laubholzhecken versuchte man schon zu dieser Zeit der Erosion zu begegnen. Im Jahr 1927 wurde das Gut Bornim durch das Institut für Betriebslehre und Arbeitswirtschaft der landwirtschaftlichen Hochschule Berlin als Versuchsstation für Landarbeit übernommen.

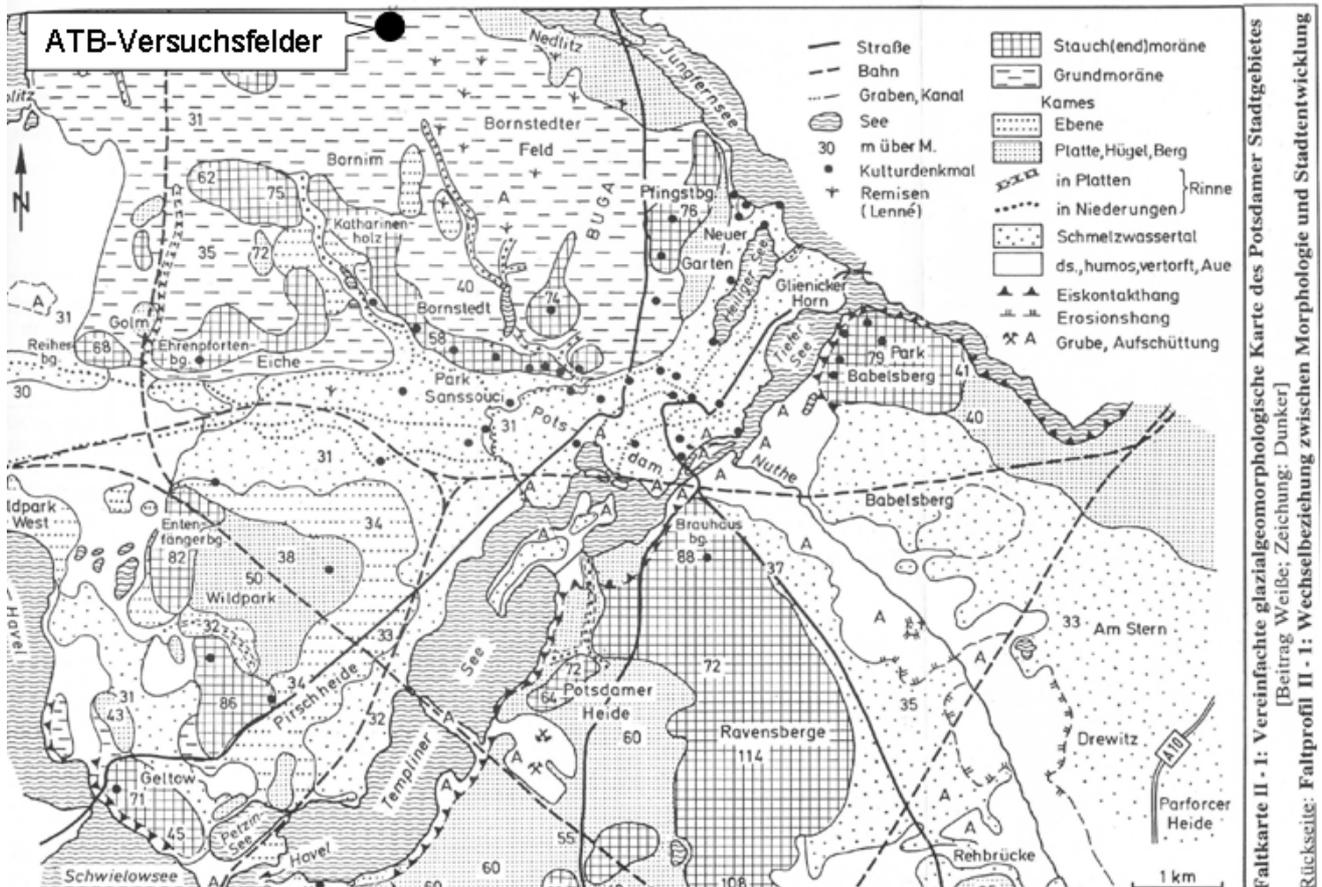


Abb. 1: Vereinfachte glazialgeomorphologische Karte des Potsdamer Stadtgebietes nach Schroeder (2001)

Ein Jahr später entstand in unmittelbarer Nähe das erste Schlepperprüffeld in Deutschland. Nach Ende des 2. Weltkrieges erfolgte 1952 ein Neubeginn mit dem „Institut für Landtechnik“, einer Forschungs- und Prüfstation für Schlepper und Landmaschinen. In Folge der deutschen Wiedervereinigung kam es 1992 zur Neugründung des Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., das der Leibniz-Gemeinschaft angehört. Die Forschungsarbeiten erfolgen heute in 4 Forschungsprogrammen, die auf das übergeordnete Ziel einer nachhaltigen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Ressourcen ausgerichtet sind.

Energieplantage auf dem „Königsfeld“ des ATB

Im Jahr 1994 wurde nördlich angrenzend an das Institutsgelände des ATB ein Versuchsfeld angelegt, auf dem seither einjährige und mehrjährige Energiepflanzen angebaut und auf ihre Ertragsleistung sowie auf ihre Umweltwirkung untersucht werden. Das Feld befindet sich in der im 19. Jahrhundert von Lenné

angelegten Bornimer Feldflur, und wird im Südwesten von der für den Kraftfahrzeugverkehr gesperrten Lindenallee begrenzt (Abb. 2). Mit einer Gesamtfläche von 3 ha ist das Versuchsfeld Teil eines 36 ha großen Schlags, dem ehemaligen „Königsfeld“, das bereits vor 80 Jahren bodenkundlich analysiert und beschrieben wurde (Pfuhl 1929). Ein Vergleich mit dem Bodenzustand der 1990er Jahre zeigte, dass es in der Zwischenzeit zu einer Humusanreicherung von 7,9 auf 15,5 g kg⁻¹ gekommen war (Scholz 1999). Für den überdurchschnittlich hohen organischen Gehalt im Vergleich zu anderen Brandenburger Sandböden gibt es eine Reihe von Erklärungen. Nach jahrzehntelanger konventioneller ackerbaulicher Nutzung fand 1975 ein Wechsel zum Apfelanbau statt. Bevor die Obstkultur angelegt wurde, wurde Seeschlamm und Schweinegülle ausgebracht und tiefgründig, bis zu 1 m Tiefe eingearbeitet. Weitere Düngungsmaßnahmen erfolgten später mit der Ausbringung von Stalldung. Mit der politischen Wende im Jahr 1989 wurde der Obstanbau eingestellt. Die Bäume wurden gerodet, ober-

und unterirdische Holzteile vor Ort geschreddert und teilweise verbrannt. Die zerkleinerte Biomasse und Asche verblieb auf der Fläche, führte aber zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Biomasse. Bevor auf den Flächen wieder konventionell gedüngtes Getreide angebaut wurde, erfolgte 1990 die Ausbringung von 25-30 t Klärschlamm pro Hektar.

Die Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass sich die mehrjährigen Gehölzkulturen Pappel und Weide im Vergleich zu einjährigen Kulturen durch eine besonders günstige CO₂-Bilanz auszeichnen (Kern et al. 2010). Die Gründe dafür liegen in einem geringen Bedarf an Stickstoffdüngemitteln, die ihrerseits nur mit hohem Energieaufwand herzustellen sind, und deren Einsatz maßgeblich die Emission des Treibhausgases N₂O steuert. Außerdem gibt es Hinweise dafür, dass Pappeln und Weiden den C_{org}-Gehalt im Boden jährlich um etwa 1 t pro Hektar erhöhen und somit zu einer CO₂-Senke im Boden beitragen (Kahle und Boelcke 2004; Strähle 2007).

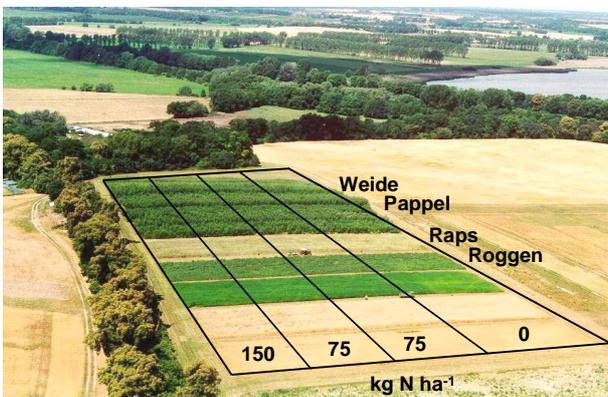


Abb. 2: Energieplantage des ATB auf dem „Königsfeld“

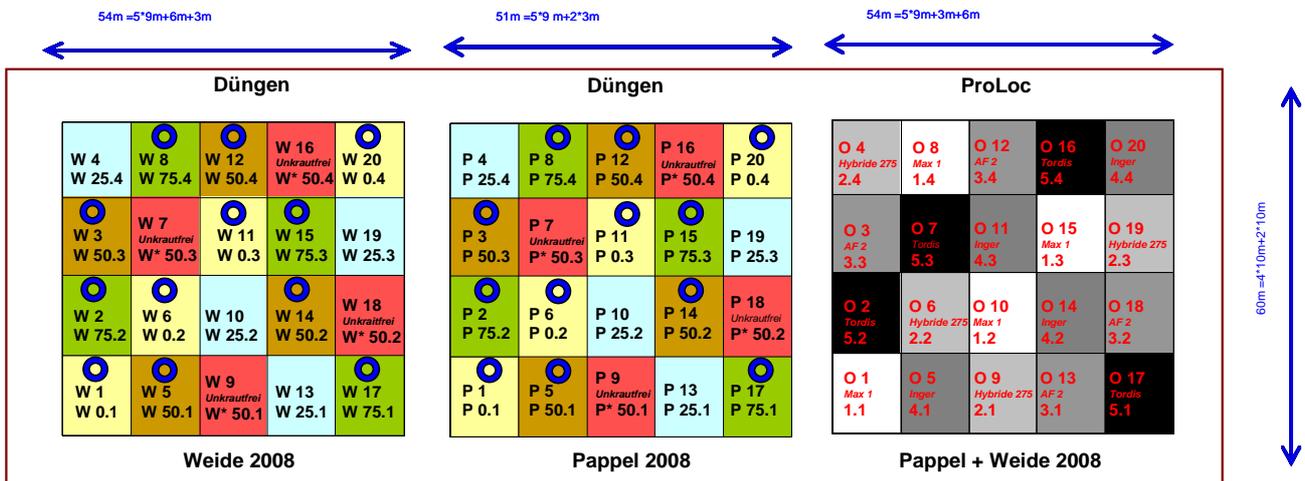
Kurzumtriebsplantage auf dem „Heimfeld“ am ATB

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Diskussion über die Umweltverträglichkeit der Produktion und Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wurde südlich des Königsfeldes ein weiteres Versuchsfeld auf dem sogenannten Heimfeld angelegt. Wie auf dem Königsfeld wurden hier in den 1970er und 80er Jahren

Äpfel produziert, allerdings dürfte die Bodenbearbeitung im Vergleich zur Energieplantage auf dem Königsfeld nicht ganz so tiefgründig gewesen sein, wie an einer klaren Profilhänge zwischen dem Ap- und dem Bv-Horizont in 40 cm Tiefe zu erkennen ist (Abb. 3).

Seit 2008 werden auf dieser Fläche im Rahmen eines FNR-Projekts die Umwelteinflüsse der Stickstoffdüngung beim Anbau der Kurzumtriebsgehölze Pappel und Weide untersucht. In einer randomisierten zweifaktoriellen, 1800 m² großen Blockanlage (Faktoren: Düngung, Unkrautbehandlung) mit jeweils 4 Wiederholungen erfolgen mineralische Düngemittelgaben von 0, 25, 50 und 75 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Abb. 4). Der Verbleib von Stickstoff wird in den Kompartimenten Boden, Sickerwasser und Luft untersucht, wobei insbesondere die umweltrelevanten Prozesse wie bodenbürtige N₂O-Emissionen sowie die Nitratauswaschung in regelmäßiger Folge erfasst werden.

Neben der artspezifischen Ertragsbildung der Gehölze werden die Parameter, die den Stickstoffmetabolismus im Boden maßgeblich steuern, Temperatur, Bodenfeuchte, Nährstoffangebot, mikrobiologische Prozesse (Denitrifikation) und Wurzelmykorrhizierung bestimmt. Der in zweijähriger Rotation ermittelte oberirdische Biomasseertrag wird in Beziehung zu den umweltrelevanten Prozessen (N₂O-Emission, Nitratauswaschung) gesetzt. Auf die Weise wird eine Gesamtbewertung der Biomasseproduktion von schnellwachsenden Baumarten ermöglicht und eine optimierte Düngungsstrategie erarbeitet.



● Harz-Box + N₂O-Ring

Abb. 3: Kurzumtriebsplantage mit vier Stickstoff-Düngungsstufen auf dem „Heimfeld“

Böden

Profilbeschreibung

Anhand eines Bodenschürfes, der auf einem der Versuchsfelder, dem Heimfeld, ausgehoben wurde, lässt sich die Entwicklung der pseudovergleyten Braunerde veranschaulichen (Abb. 4). Auffällig ist der organisch und mit Nährstoffen angereicherte, relativ feinkörnige Ap₂-Horizont, der taschenförmig in den Ap₁-Horizont hineinragt. Hier spiegelt sich die in den letzten zwei Jahrzehnten praktizierte pfluglose Bodenbearbeitung wider, die auf die obersten 20 cm begrenzt war. Die Standort- und Profilbeschreibung mit den 6 Horizonten ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Physikalische und chemische Analysen

Der Standort der Kurzumtriebsplantage wurde anhand einer Karte der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit (ECa in mS m⁻¹) des Bodens ausgewählt. Dazu erfolgte eine Kartierung der Fläche mit dem geoelektrischen Bodensensor EM38. ECa-Karten sind Indikatoren der räumlichen Bodenvariabilität und zeigen insbesondere Änderungen der Textur und des Wassergehaltes an. Der Standort der Kurzumtriebsplantage wurde so gewählt, dass er in einem Areal mit relativ gleichmäßiger ECa liegt.



Abb. 4 Bodenprofil an der Kurzumtriebsplantage

Auswaschung von Nährstoffen

Aufgrund des hohen Sandgehalts auf der Versuchsfläche besteht ein geringer Rückhalt und damit eine hohe Auswaschungsgefährdung von Nährstoffen. Das betrifft in besonderer Weise das düngerbürtige Nitrat-Ion, das im Boden sehr mobil ist. Während der ersten 2 Jahre der Laufzeit des unter 4.3 beschriebenen Projekts zeigte sich, dass im Sommerhalbjahr unter beiden Gehölzarten mit Selbst-

Integrierenden Akkumulatoren nach Bischoff (2007) nur geringe Mengen Nitrat ausgewaschen wurden, da hier die Sickerwassermenge den Transport limitiert. Im Winterhalbjahr erfolgte dagegen mit bis zu 60 kg N ha⁻¹ eine nennenswerte Nitratverlagerung. Für beide Gehölze unterscheidet sich die Nitratauswaschung der beiden niedrigen Düngevarianten nicht, da bis zu einer Düngung von 50 kg N ha⁻¹ die zugegebenen Düngemittel von den Pflanzen vollständig aufgenommen bzw. mikrobiell umgesetzt worden sein dürften. Lediglich auf den Flächen der Düngestufe 75 kg N ha⁻¹ hat das Stickstoffangebot zu Auswaschungsverlusten geführt. Im Zeitraum 2009/2010 passierten durchschnittlich 45% des applizierten Stickstoffs den Hauptwurzelraum.

Lachgasemissionen

Weitere bedeutende Verlustpfade von Stickstoff, die dessen Düngungseffizienz maßgeblich beeinflussen, sind mikrobiologische Prozesse wie die Nitrifikation und die Denitrifikation. Dabei wird neben molekularem Stickstoff auch Lachgas (N₂O) als gasförmiges Endprodukt freigesetzt. Bei der Beurteilung der Umweltverträglichkeit von nachwachsenden Rohstoffen kommt der N₂O-Freisetzung aus dem Boden besondere Bedeutung zu. Aufgrund des hohen Treibhausgaspotenzials von N₂O (N₂O:CO₂ = 298:1) vermindert sich der CO₂-Einspareffekt mit der CO₂-Fixierung beim Biomasseaufbau. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Düngungsintensität mit der Höhe der N₂O-Emissionen auf den vorgestellten Energieplantagen korreliert. Die düngungsinduzierten N₂O-Emissionen in Pappel- und Weidenkulturen liegen im langjährigen Mittel bei 0,5% des applizierten Stickstoffs und damit deutlich unter denen von einjährigen Ackerkulturen (Hellebrand et al. 2008; Kern et al. 2010).

Literatur

- Bischoff, W.-A. (2007) Entwicklung & Anwendung der Selbst-Integrierenden Akkumulatoren: Eine Methode zur Erfassung der Sickerfrachten umweltrelevanter Stoffe. Dissertation, TU Berlin, Berlin, 172 pp.
- Dalchow, C., Bork, H.-R., Neumann, K. (1998) Genese, Struktur und Regionalgeschichte der Landschaften Brandenburgs. In: Klemm, V., Darkow, G., Bork, H.-R. (eds.) Geschichte der Landwirtschaft in Brandenburg. Verlag Mezögaszda, Budapest, p. 1-7.
- DWD (2010) Daten des Deutschen Wetterdienstes
- Hellebrand, H.J., Scholz, V., Kern, J. (2008) Fertiliser induced nitrous oxide emissions during energy crop cultivation on loamy sand soils. *Atmospheric Environment* 42, 8403-8411.
- Kahle, P., Boelcke, B. (2004) Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnische Berichte 35, 99-108.
- Kern, J., Hellebrand, H.J., Scholz, V., Linke, B. (2010) Assessment of nitrogen fertilization for the CO₂ balance during the production of poplar and rye. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1453-1460.
- KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1994/95 (1994). Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Pfuhl, E. (1929) Die bodenkundliche Bewertung des Versuchsgutes Bornim bei Potsdam. Dissertation, Landwirtschaftliche Hochschule Berlin, 47 pp.
- Scholz, V. (1999) Umwelt- und technologiegerechter Anbau von Energiepflanzen. ATB Forschungsbericht 1999/1, Potsdam, 96 pp.
- Schroeder, J.H. (2001) Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 4 Potsdam und Umgebung. Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V., Berlin, 277 pp.
- Strähle, M. (2007) Soil carbon sequestration rates after the afforestation of arable land with short-rotation poplar and willow. Diplomarbeit, TU Berlin, 63 pp.

Tab. 1 Standortsituation Exkursionspunkt: ATB Potsdam

Profil-Nr.: 1 **Bearbeiter:** Schwarz, Guzman, Will **TK25:**
Lage: **Nördl. Breite** 52°26'N **Östl. Länge** 13°00'E **Kreis:** Potsdam **Ort:** ATB-Versuchsfeld
Nutzung: Acker **Vegetation:** Gras, Pappel, Weide **Datum:** 8.10.2010
Relief: kaum geneigt

Profilbeschreibung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	Ap1	0-40 cm	Pflughorizont (Ap1: 7,5 YR 4/3)
2	Ap2	0-40 cm	Pflughorizont (Ap2: 7,5 YR 3/2), Ap2 taschenförmig in Ap1, stark durchwurzelt
3	Bv	40-60 cm	Verbraunungshorizont (7,5YR5/4), schwach durchwurzelt
4	Cv1	60-80 cm	überwiegend rotbrauner (7,5YR6/4) Untergrundhorizont, mit Einzelkorngefüge, sehr schwach durchwurzelt
5	Cv2	80-100 cm	gelblich brauner (10YR7/3 und 7,5YR6/3) Untergrundhorizont, 10% Steingehalt
6	Sw-Cv	100-120+ cm	nassgebleichter (7,5YR5/6) Untergrundhorizont mit hellen Bereichen (7,5YR6/4), 10% Steingehalt

Profilkennzeichnung

Bodenformensymbol:	SS-BB
Bodenformenbezeichnung:	Pseudogley- Braunerde nach KA5
WRB:	Gleyic Cambisol
sonst. Profilkennz.:	
Anmerkungen:	trockener und durchlässiger Standort

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der humustreien Feinerde)								
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		g1	6.2	35.9	41.5	9.2	2.6	1.4	83.6	13.3	3.1
2	40	g1	4.9	32.3	40.6	12.6	2.9	1.7	77.8	17.2	4.9
3	60	g1	2.5	37.8	45.5	8.8	2.1	1.0	85.7	11.9	2.4
4	80	g1	6.9	35.2	50.7	7.0	0.3	<0,5	92.8	7.2	<0,5
5	100	x2, g1	5.7	49.7	38.2	5.3	0.5	<0,5	93.6	5.8	0.6
6	120+	x2, g1	1.3	41.7	50.1	6.1	0.8	<0,5	93.2	6.8	<0,5

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550 °C) (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _t (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	N _t (M.-%)	C _{org} /N _t ⁵⁾
	13	14	15	16	17	18	19	20
1	7.31	6.62	1.07	n.b.	0.24	0.24	0.01	40.7
2	7.55	6.71	3.25	n.b.	1.26	1.26	0.07	18.3
3	6.98	6.35	0.54	n.b.	0.05	0.05	0.00	15.7
4	7.24	6.81	0.31	n.b.	0.03	0.03	0.00	13.5
5	7.10	6.77	0.20	n.b.	0.02	0.02	0.00	9.5
6	7.10	6.66	0.17	n.b.	0.02	0.02	0.00	10.0

¹⁾ C_{org} = C_t - (CaCO₃*0,12)

⁵⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

²⁾ Totalgehalte nach RFA ⁵⁾ wenn KAK_{pot} dann potentiell austauschbare Kationen angegeben

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GVP (%)	Vol.-% Wasser bei pF				nFK (Vol.-%)
			1,8	2,0	2,5	4,2	
	38	39	40	41	42	43	44
2+3	1,54	41	24	n.b.	16	4,6	19
4	1,65	38	18	n.b.	7	4,1	11
5	1,62	39	12	n.b.	3	1,9	9
6	1,65	38	18	n.b.	3	1,3	15

Geothermie Forschungsbohrung in Groß Schönebeck - von der Planung bis zur Stimulation

PD DR. GÜNTER ZIMMERMANN, DR. INGA MOECK

GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg, D-14473 Potsdam
Email: zimm@gfz-potsdam.de, moeck@gfz-potsdam.de

Einleitung

Das Ziel einer breiteren Nutzung tiefer Geothermieressourcen zur Bereitstellung von Grundlaststrom erfordert technologische Weiterentwicklungen auf allen Stufen des Gesamtsystems. In der Geothermienutzung kommen Komponenten zum Einsatz, die für viele Anwendungsbereiche etabliert sind, für die spezifischen Randbedingungen und das Zusammenwirken in geothermischen Anlagen jedoch noch ein erhebliches Verbesserungspotential in Bezug auf Effizienz und Nachhaltigkeit aufweisen. Hier liegt ein großes Potential, um von der vorwettbewerblichen Demonstration zu einer breiteren Marktdurchdringung zu gelangen.

Unter diesem ganzheitlichen Ansatz werden im In situ Geothermielabor Groß Schönebeck alle Stufen des Gesamtprozesses – von der Erkundung über Erschließung des Reservoirs bis zur Energiewandlung im Kraftwerk – untersucht.

Ein Kommunikationsexperiment liefert Aussagen über die Nachhaltigkeit des Reservoirs. Eine Korrosionsteststrecke ermöglicht, Systemkomponenten geothermischer Anlagen in einem betriebsnahen Umfeld zu testen und für den Langzeiteinsatz zu qualifizieren. Mit dem am Standort geplanten Forschungskraftwerk werden systematische Untersuchungen energie- und verfahrenstechnischer Fragestellungen durchgeführt.

In situ Geothermielabor Groß Schönebeck

Fluviatile Sandsteine des Unteren Perm (Rotliegend, ca. 280 Mio Jahre), abgelagert an der Südflanke des südlichen Permbeckens, stellen potentielle Speichergesteine im gesamten zentral-europäischen Raum dar. Diese siliziklastischen Gesteine werden als Gasreservoir exploriert, aber sie enthalten außerdem heißes Wasser und stellen somit geothermale Reservoirs dar, die zur Energiegewinnung genutzt werden können. Diese 4-5 km tiefen Aquifere repräsentieren jedoch Niedrigtemperatur Reservoirs (Gering-Enthalpie Reservoirs) mit Formations-temperaturen von ca. 150 °C. Unsere Explorationsstrategien umfassen eine Kombination aus neuentwickelten geophysikalischen Messmethoden und Nutzung von Altdaten aus der Erdgasexploration mit anschließender 3D Modellierung zur Interpretation von möglichen geothermalen Reservoirs. Des Weiteren umfassen sie den Aufschluss der Lagerstätte durch neuentwickelte Bohrungsstrategien sowie die Stimulationsmaßnahmen zur Produktivitätssteigerung.

Daher wurde das In situ Geothermie-Tiefenlabor in Groß Schönebeck eingerichtet (Abb. 1).

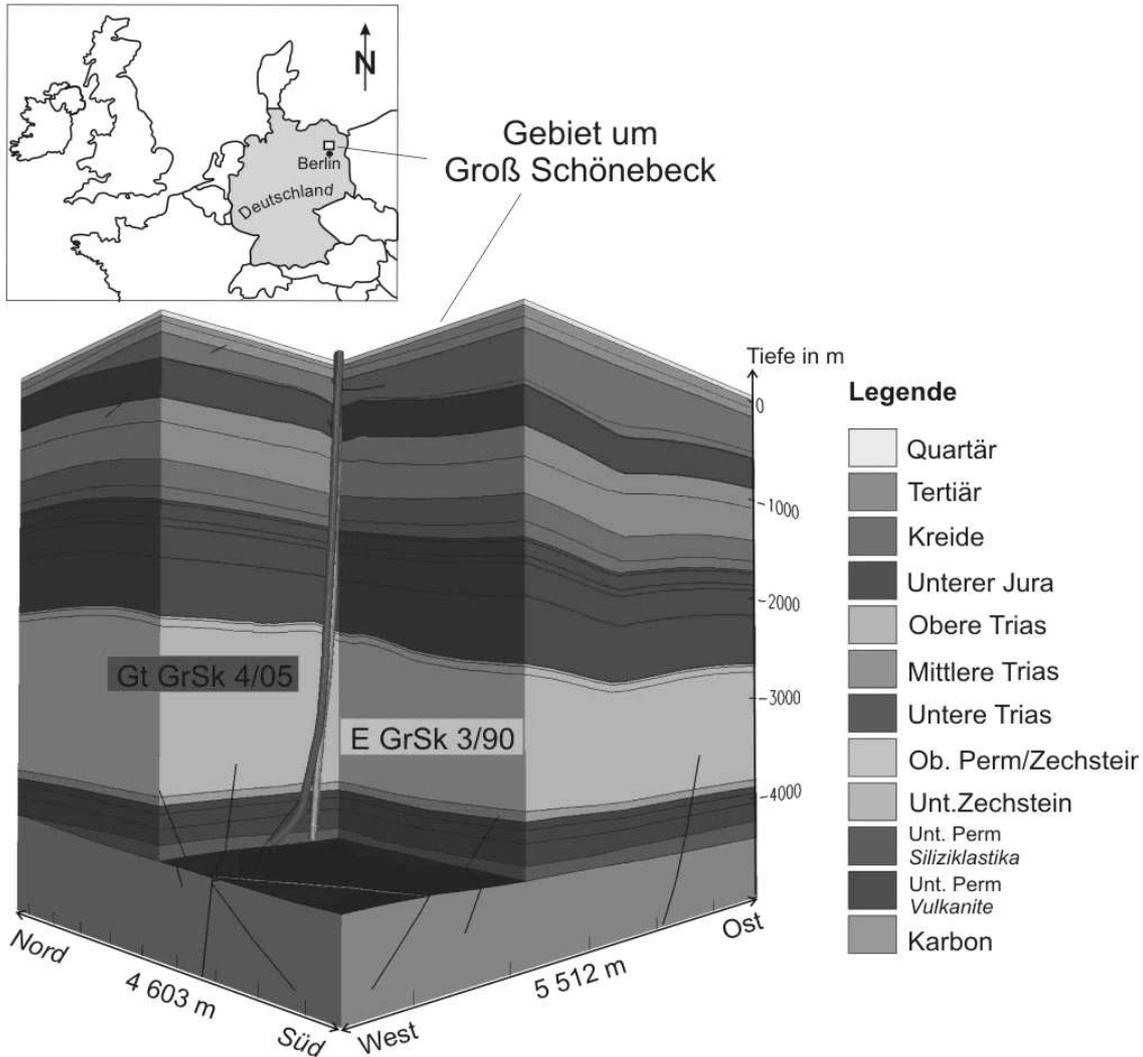


Abb. 1: 3D geologisches Modell der Lokation des in situ Geothermie-Tiefenlabor in Groß Schönebeck inklusive der zwei Bohrungen.

Die erste Bohrung (EGrSk 3/90) wurde 1990 als Erdgassuchbohrung abgeteuft und ab 2001 als Forschungsbohrung genutzt. In dieser 4300 m tiefen Bohrung, die sowohl das sedimentäre als auch das vulkanitische Rotliegend aufschließt, wurden zwischen 2002 und 2004 verschiedene Stimulationsmaßnahmen durchgeführt.

Um das Reservoir zu charakterisieren wurden verschiedene Bohrlochmessungen durchgeführt (Kalibermessungen, Spektrales Gamma-Ray, Widerstandslog, Sonic, bildgebende Verfahren (BHTV, FMI)) (HOLL et al. 2005). Das Reservoir und der gesamte geologische Untergrund wurden abgebildet, in dem ergänzend dazu Altdaten aus der Gas-Exploration reprozessiert, neu bewertet und zur 3D Modellierung verwendet wurden.

Die wirtschaftliche Wandlung von Erdwärme in elektrischen Strom erfordert Temperaturen

von $> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, die in weiten Regionen des Norddeutschen Sedimentbeckens in Tiefen zwischen 4000 und 5000 Metern zu finden sind, sowie die stabile Förderung großer Mengen von Thermalwasser (KÖHLER & SAADAT 2003). In diesen Tiefen ist die natürliche Permeabilität (Durchlässigkeit) der Gesteine nicht ausreichend für eine wirtschaftliche Nutzung. Daher müssen verlässliche Stimulationstechnologien entwickelt werden, um die Produktivität der geothermischen Reservoirs zu erhöhen. Die Forschungsbohrungen in Groß Schönebeck dienen als Hauptexperimentierfeld, um diese Technologien zu entwickeln.

Ziel der Stimulationsmaßnahmen in der Bohrung GtGrSk4/05 ist eine deutliche Produktivitätserhöhung der Zielhorizonte als Voraussetzung für die Nutzbarmachung des Rotliegend als Enhanced Geothermal System

(EGS). Zielhorizonte sind sowohl poröse Sandsteine des Oberen Rotliegend (Dethlingen Formation/Untere Elbe Subgruppe), als auch Vulkanite des Unteren Rotliegend. In den als Andesit ausgebildeten Vulkaniten ist die Permeabilität durch vernetzte Klüfte begründet. Dieses Kluftwasserleitersystem soll zusätzlich aufgeschlossen werden, um die Gesamtproduktivität zu optimieren. Die Sandsteine stellen mit einer Nutzporosität von 8-10% und einer Durchlässigkeit (Permeabilität) von 10-100 mD einen guten effektiven Speicherhorizont dar (TRAUTWEIN & HUENGES 2005). Der Elbe-Basissandstein als unterer Teil der Dethlingen Formation liegt in NE Brandenburg als reiner gut sortierter mittelfeiner bis feiner Sandstein vor, der in fluviatilen Milieu abgelagert wurde. Die effektive Speichermächtigkeit beträgt 80 m, durch den geneigten Bohrverlauf konnten 150 m scheinbare Speichermächtigkeit aufgeschlossen werden. In diesem Sandsteinpaket wurden zwei Gel-Stützmittel Fracs durchgeführt. Die Anordnung des Dubletten-systems mit den geplanten Fracs ist in Abb. 2 dargestellt. Der Bohrpfad der abgelenkten Bohrung GtGrSk4/05 hat eine Inklination von 37 bis 49° in den Reservoirgesteinen und eine Orientierung von 288 bis 296°N, die entlang der minimalen horizontalen Hauptspannung verläuft (HOLL et al. 2004; MOECK et al. 2007). Die Fracs verlaufen parallel zur maximalen horizontalen Hauptspannung (18°N) und sind somit senkrecht zum Bohrpfad ausgerichtet.

Geologische 3D Model-lierung

Die Altdaten aus der Gas-Exploration umfassen 2D seismische Profile von insgesamt 135 km Profillänge und Daten aus 15 umliegenden Tiefbohrungen. Das Hauptziel der Reprozessierung der Altdaten sind: (I) neue Korrelationen des reflektionsseismischen Horizonts Z1 (Top Basalanhydrit im Staßfurt) (II) Korrelation der Rotliegend Reflektoren R1 (Basis Mellin in der Hannover Formation), R2

(Top Eldena 7 in der Dethlingen Formation)

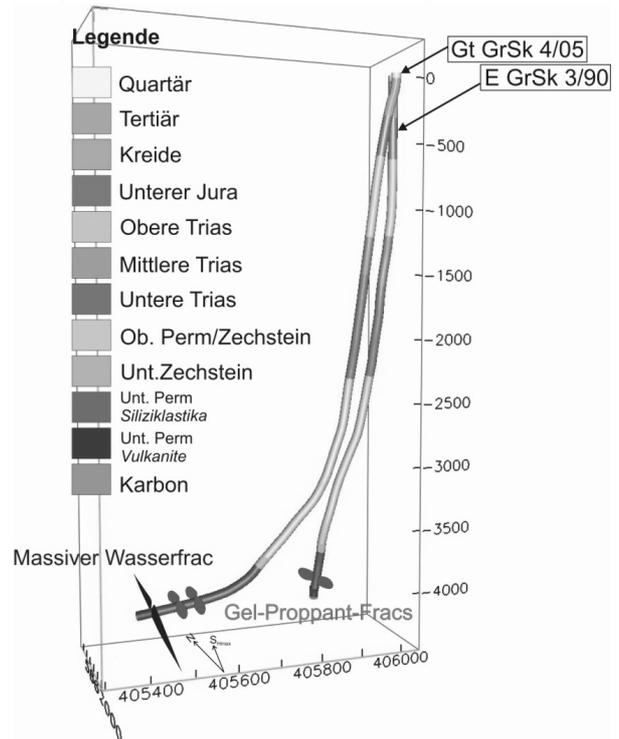


Abb. 2: Anordnung der Dublette einschließlich der Frac-Behandlung (modifiziert nach Zimmermann et al., 2008).

und H6 (Top Vulkanite des Unteren Rotliegend) und (III) Identifikation des Störungsmusters im Rotliegend bestehend aus Haupt- und Sekundär-Störungen.

In Kombination mit den Bohrungsdaten wurde das 3D geologische Strukturmodell mit Hilfe der Software earthVision (DGI) entwickelt. TerraData reprozessierte die seismischen Profile, Geophysik GGD Leipzig führte die Korrelation und Interpretation durch. Darüber hinaus wurden Magnetotellurische und seismologische Messmethoden erfolgreich erprobt, die es erlauben, Eigenschaften des Untergrundes näher zu bestimmen (Bauer et al. 2010, Munoz et al. 2010). Die Analyse der Bohrungsdaten zeigte Bohrlochrandausbrüche in 4100 m im Oberen Rotliegend, die zur Berechnung des in-situ Spannungsfeldes herangezogen wurden. Da für die neue Bohrung vorgesehen war, durch Reduktion des Spülungsdrucks beim Aufschließen des Reservoirs die Speicherschädigung zu minimieren, wurde eine rissmechanische Studie durchgeführt, die Bohrlochrandausbruch-Analyse, Bohrkern-Untersuchungen und numerische Modellierungen beinhalten, um

Aussagen über die Bohrlochstabilität zu erhalten (MOECK & BACKERS, 2007).

Bohrungsstrategien

Durch thermisch-hydraulische FE-Modellierung wurde eine optimale Bohrfad-geometrie für die zweite Bohrung erstellt, basierend auf der Datenbasis der ersten Bohrung (ZIMMERMANN et al., 2007). Der Bohrfad wurde so konzipiert, dass eine Ablenkung im Speicherhorizont in Richtung der minimalen horizontalen Hauptspannung im Rotliegend erfolgt und damit potentielle senkrecht dazu ausgerichtete natürliche hydraulisch aktive Risse angeschlossen werden. Weiterhin wurde der Mindestabstand der Bohrungen im Speicher durch die FE-Modellierung definiert. Die geplanten hydraulischen Fracs orientieren sich in Richtung der maximalen horizontalen Hauptspannung. Durch dieses spezielle Design wird ein thermischer Kurzschluss über die geplante Laufzeit des Thermalwasserkreislaufs von ca. 30 Jahren verhindert. Die speziellen Anforderungen für geothermischen Bohrungen umfassen (I) ein großer Bohrungsdurchmesser zum Platzieren der Tiefenwasserpumpe (II) abgelenktes Bohren, um die oben genannten Voraussetzungen für die Nachhaltigkeit des Thermalwasserkreislaufs zu erfüllen (III) Spülungskonzept zum speicherschonenden Aufschluss.

Nach einigen geologisch-technisch bedingten Problemen konnte die Bohrung mit Aufschluss der Unteren Rotliegend Vulkanite planungsgemäß mit einer Bohrfadlänge von 4400 m beendet werden. Die Rotliegend Sedimente erreichen eine Mächtigkeit von 340 m. Das im Vorfeld erstellte 3D geologische Modell zeigt, dass das Feld Groß Schönebeck an einer Flanke eines strukturellen Hochs in den Sandsteinen liegt (Abb. 3). Der Sandstein im Reservoirbereich erreicht eine Permeabilität von bis zu 100 mD (aus dem PND log errechnet, basierend auf der Kalibrierung mit Hilfe von Bohrkernen aus der Nachbarbohrung EGrSk3/90) und liegt im Bereich des Elbe

Basis Sandstein mit einer effektiven vertikalen Mächtigkeit von ca. 80 m (Moeck et al. 2009).

Die Korrelation zwischen beiden Bohrungen EGrSk3/90 und GtGrSk4/05 zeigt keine signifikanten Änderungen in Mächtigkeit und Schichtlagerung (Abb. 4).

Die Bohrungsinklination von 45° bedingt eine effektive aufgeschlossene Mächtigkeit von ca. 150 m im Elbe Basis Sandstein. Der realisierte Bohrfad mit einem Abstand zwischen beiden Bohrungen von 475 m entspricht den Planungen, so dass die Voraussetzungen für die Durchführung der Stimulationsarbeiten gegeben waren. Der generelle strukturelle geologische Bau in diesem Gebiet wird dominiert durch stark wechselnde Mächtigkeiten des Zechsteinsalzes und der Ausbildung von Salzrücken und Diapiren (Abb. 3 B-C, Diapire von Zehdenick und Grüneberg; in der Abbildung nicht zu sehen). Das Störungsmuster im Unteren Perm besteht aus Nord-West Süd-Ost orientierten Hauptstörungen und Nord-Süd bis Nord-Ost-Süd-West verlaufenden Sekundärstörungen, die vermutlich im Laufe der gerichteten Scherdeformation (wrench tectonics) in der post-orogenen Phase der Varisziden gebildet wurden (BALTRUSCH & KLARNER, 1993). Die Analyse der geologischen Modelle ergibt, dass die Ablagerungszentren des Elbe Basis Sandsteins an paläomorphologische Strukturhochs, die als Liefergebiete dienen, gebunden sind. Somit könnten weitere geothermische Standorte definiert werden. Darüber hinaus wird das geologische Modell als Basis für eine Reservoirmodellierung weiter entwickelt.

Stimulations- und Testarbeiten in der Bohrung Gt GrSk 4/05

In der komplettierten Bohrung Gt GrSk4/05 wurden drei Stimulationsmaßnahmen durchgeführt. Ein erster Leak-Off-Test in den Vulkaniten (unterer offener Bereich von 40 m in der Bohrung) diente zur Bestimmung des Frac Gradienten. Ausgehend von den gewonnenen Daten wurden die Vulkanite mit

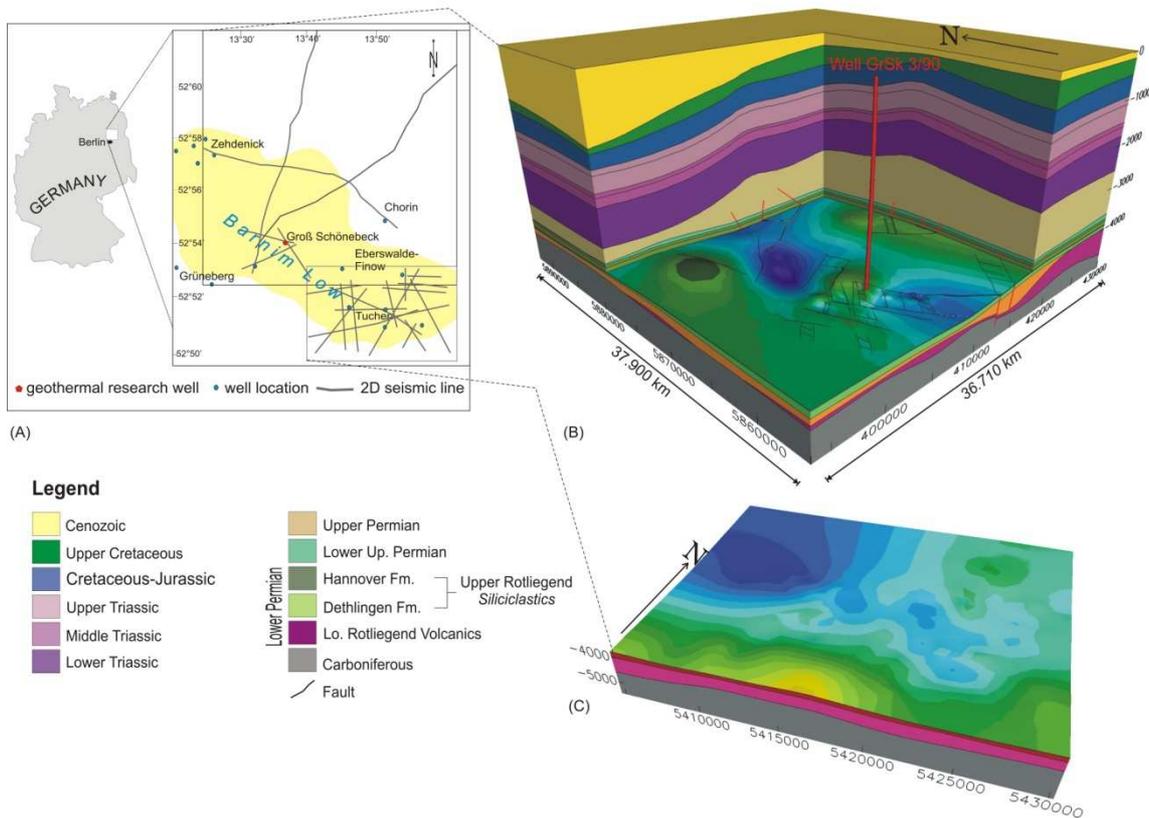


Abb. 3: (A) Das geothermale Reservoir am Forschungsstandort Groß Schönebeck ist in der Barnim Senke gelegen, die von 1970-1990 Zielgebiet der Gasexploration war. Die abgebildeten 2D Seismiklinien und Bohrungen wurden genutzt, um aus Altdaten ein geologisches Modell zu entwickeln. (B) Das neue 3D geologischen Modell für das Umfeld Groß Schönebeck. Die Altbohrung EGrSk3/90 ist an einem strukturellen Hoch innerhalb der Barnimsenke gelegen. (C) Das neue 3D geologische Modell der Tucher Senke am SE Rand der Barnim Senke (aus Moeck et al., 2008).

Hilfe eines massiven Wasserfracs hydraulisch stimuliert. Nachdem der stimulierte Bereich durch Setzen eines ersten Bridge Plugs hydraulisch isoliert wurde, wurde der darüber liegende untere Sandsteinhorizont perforiert und getestet (Injektionstest). Anschließend wurde dieser Bereich mit Hilfe eines Gel-Stützmittel Frac stimuliert. Nachdem auch dieser Bereich durch Setzen eines zweiten Bridge Plug isoliert wurde, wurde der obere Sandsteinhorizont perforiert und anschließend mit Hilfe eines weiteren Gel-Stützmittel Frac stimuliert. Abschließend wurden die Bridge Plugs überbohrt und ein Leistungstest (Lifttest) des gesamten Reservoirs durchgeführt. Die Stimulationsarbeiten wurden durch ein passives, mikroseismisches Monitoring in der Bohrung EGrSk3/90 begleitet. Dazu wurde in etwa 3800m Tiefe ein seismischer Sensor angebracht, der zur Kontrolle und Ortung der beim Hydrofrac entstehenden Risse diente. In der Umgebung der Bohrung zusätzlich

angebrachte Seismometer dienten zur Kontrolle und Identifizierung seismischer Ereignisse an der Oberfläche (KWIATEK et al. 2008).

Interpretation der Ergebnisse

Die Vorgehensweise zur Erschließung von geothermischen Reservoiren beinhaltet die Integration von bestehenden Daten aus der existierenden Gas Exploration im Norddeutschen Becken mit Hilfe von Daten-Reprozessierung und Modellierungen, neue Bohrungen, und Reservoir Stimulationen. Trotz seiner Unsicherheit stellt das 3-D geologische Modell des Umfelds von Groß Schönebeck zur Zeit die detailliertesten Informationen dar, bis weitere ergänzende Daten in dieses Model integriert werden. Eine ergänzende geophysikalische Exploration ist notwendig, um klüftige Bereiche und wasserführende Störungszonen zu detektieren und abzubilden. Daher werden neu

entwickelte magnetotellurische und 2D seismische Experimente im Umfeld von Groß Schönebeck durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Explorationsmethoden sind vielversprechend hinsichtlich der Festlegung möglicher geothermischer Felder (MUNOZ et al. 2008).

Es wurden in diesem Projekt technische und wissenschaftliche Herausforderungen erfolgreich verknüpft, die in zukünftige Strategien zur Exploration und Erschließung für tiefe sedimentäre geothermische Systeme eingehen können, insbesondere im Bereich des Zentralen Europäischen Becken.

Während der Vulkanit-Stimulation wurde insgesamt ein Volumen von 13000 m³ injiziert, aufgeteilt in 4 Zyklen mit Fließraten von 9 m³/min und einer abschließenden Phase mit einer Fließrate von 5 m³/min. Die Zielstellung der Stimulation in den Vulkaniten war der Anschluss über die gering durchlässige Havelfolge an die Sandsteine des Unteren Dethlingen, um diese zu drainieren. Während der 4 Zyklen mit Fließraten von 9 m³/min wurden insgesamt 24 to Sand (20/40 mesh) in den Riss verpresst. Das Ziel war es, das Offenhalten des Risses über den eigenen Scherversatz hinaus (self propping) zu unterstützen. Das Ergebnis des abschließenden Leistungstests in Verbindung mit einem Flowmeter-Logging zeigt, dass durch den Anschluss der Vulkanite an die Sandsteine des Unteren Dethlingen ein beachtlicher Anteil am Gesamtfluss zu erzielen war (ca. 30 %). Weiterhin wurden zwei Gel-Stützmittel Fracs in den Sandsteinen des Unteren und Oberen Dethlingen durchgeführt, die die permeablen Sandsteine nachhaltig an die Bohrung angeschlossen haben.

Ausblick 2010/2011

Kommunikationsexperiment zum Nachweis der Nachhaltigkeit

Im Rahmen eines Langzeitzirkulationsexperimentes zwischen den beiden Bohrungen wird die Nachhaltigkeit der Lagerstätte getestet, denn die über 20-30 Jahre angestrebte

Betriebsdauer eines Geothermiekraftwerkes setzt eine nachhaltige Thermalwasserförderung voraus. Ca. 1 Jahr werden Förder- und Injektionsarbeiten und ein wissenschaftliches Beobachtungsprogramm die Basis für die Verifizierung des reservoirmechanischen Simulationsmodells und das am Standort geplante Forschungskraftwerk liefern. Leistungskriterien wie Produktivität und Injektivität, Druck- und Temperaturverhältnisse im Reservoir, Chemie des Thermalwassers, die Ausdehnung des Reservoirs sowie verfahrenstechnische Fragen werden untersucht.

Langzeitkorrosionsuntersuchungen und Materialforschung

Die hohe Salinität geothermaler Fluide kann in verstärktem Maße zur Korrosion von Materialien in geothermischen Anlagen und damit zu massiven Beeinträchtigungen des Betriebes führen. Um einen Standort geeignete und kostengünstige Werkstoffauswahl treffen zu können, werden in Groß Schönebeck Untersuchungen zur Materialqualifizierung durchgeführt. Die dafür konzipierte Korrosionsteststrecke besteht aus einem System von Rohrleitungen, die vom Hauptstrang des obertägigen Thermalwasserkreislaufes abzweigelt werden. In diesen soll die Korrosionsbeständigkeit metallischer Werkstoffe unter in situ Bedingungen anhand elektrochemischer Messungen getestet werden. An diversen Anschlüssen werden Modellkomponenten (Rohrleitungen), Materialcoupons, Sensoren und auch ein Wärmetauscher mit unterschiedlichen Plattenmaterialien installiert, die zeitabhängige Informationen über den Korrosionsprozess liefern.

Forschungskraftwerk

Das Forschungskraftwerk basiert auf dem Organic Rankine Cycle (ORC). Die Wärme des Thermalwassers wird dabei auf ein anderes Arbeitsmittel übertragen, welches schon bei geringen Temperaturen verdampft. Der entstehende Dampf treibt eine Turbine und den angekoppelten Generator an. Obwohl die ORC-Technik in vielen Bereichen etabliert ist,

zeigt sich aus den Erfahrungen geothermischer Kraftwerke, dass bei der Auslegung und beim Betrieb der Anlagen noch vielseitige Herausforderungen bestehen.

Das Forschungskraftwerk dient daher der systematischen Untersuchung verschiedener technischer Fragestellungen und Lösungsansätze. Es demonstriert eine effiziente Stromerzeugung, bietet aber auch die Möglichkeit unterschiedliche Komponenten und Arbeitsmittel im Betrieb zu testen und verschiedene Standortbedingungen zu simulieren. Neben der Leistungsfähigkeit und Verlässlichkeit einzelner Komponenten stellen der Planungsprozess und die Fahrweise der Gesamtanlage wichtige Aspekte der Untersuchungen dar.

Literatur

- BALTRUSCH S & S. KLARNER (1993): Rotliegend-Gräben in NE-Brandenburg. Z. dt. geol. Ges., 144, 173-186
- BAUER, K., MOECK, I., NORDEN, B., SCHULZE, A., WEBER, M., WIRTH, H., 2010. Tomographic P-wave velocity and vertical gradient structure across the geothermal site Groß Schönebeck (NE German Basin): Relationship to lithology, tectonics, and thermal regime. Journal of Geophysical Research, 115, B08312.
- HOLL, H.-G., MOECK, I. & H. SCHANDELMEIER (2004): Geothermal well Groß Schönebeck 3/90: A low enthalpy reservoir (Rotliegend, NE Germany). Proceedings 66th EAGE Conference & Exhibition, F032, Paris.
- HOLL, H.-G., MOECK, I. & H. SCHANDELMEIER (2005): Characterisation of the tectono-sedimentary evolution of a geothermal reservoir - implications for exploitation (Southern Permian Basin, NE Germany). Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24–29 April 2005, 1–5.
- KÖHLER, S. & A. SAADAT (2003): Thermodynamic Modeling of Binary Cycles – Looking for Best Case Scenarios. Proceedings of the International Geothermal Conference, IGC-2003 Reykjavik, Multiple integrated uses of geothermal resources, S01, Paper061, 14-19.
- KWIATEK, G., BOHNHOFF, M., DRESEN, G., SCHULZE, A., SCHULTE, T., ZIMMERMANN, G. & E. HUENGES (2008): Microseismic Event Analysis in Conjunction with Stimulation Treatments at the Geothermal Research Well GtGrSk4/05 in Groß Schönebeck/Germany. Proc. Thirty-Third Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 28-30, SGP-TR-184
- LEGARTH, B., HUENGES, E. & G. ZIMMERMANN (2005): Hydraulic Fracturing in Sedimentary Geothermal Reservoirs. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 42, 7-8, 1028-1041.
- MOECK, I., BACKERS, T. & H. SCHANDELMEIER (2007): Assessment of mechanical wellbore assessment by numerical analysis of fracture growth. EAGE 69th Conference and Exhibition, 11-14 June 2007, extended abstracts volume, D047, London, UK.
- MOECK I., BRANDT, W., BLÖCHER, G., HOLL, H.-G., ZIMMERMANN, G., HUENGES, E., SAADAT, A. & T. BACKERS (2008): From gas to geothermal exploration: A case study from the NE-German Basin. EAGE 70th Conference and Exhibition, 09-12 June 2008, extended abstracts volume, Rome, Italy.
- MOECK I., SCHANDELMEIER, H., and HOLL, H.G., 2009, The stress regime in Rotliegend reservoir of the Northeast German Basin. Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundsch.), 98/7, 1643-1654.
- MUNOZ, G., RITTER, O., MOECK, I., 2010. A target-oriented magnetotelluric inversion approach for characterizing the low enthalpy Groß Schönebeck geothermal reservoir. Geophysical Journal International, 183/3, 1199-1215.
- TRAUTWEIN, U. & E. HUENGES (2005): Poroelastic behaviour of physical properties in Rotliegend sandstones under uniaxial strain. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 42, 7-8, 924-932.
- ZIMMERMANN, G., MOECK, I. & G. BLÖCHER (2010): Cyclic waterfrac stimulation to develop an Enhanced Geothermal System (EGS) – Conceptual design and experimental results, Geothermics, 39, 59-69.
- ZIMMERMANN, G., REINICKE, A., BLÖCHER, G., MILSCH, H., GEHRKE, D., HOLL, H.-G., MOECK, I., BRANDT, W., SAADAT, A. & E. HUENGES (2007): Well path design and stimulation treatments at the geothermal research well GT GRSK 4/05 in Groß Schönebeck. Proc. 32nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, Calif/USA
- ZIMMERMANN, G. & A. REINICKE (2010): Hydraulic stimulation of a deep sandstone reservoir to develop an Enhanced Geothermal System: Laboratory and field experiments. Geothermics, 39, 70-77.

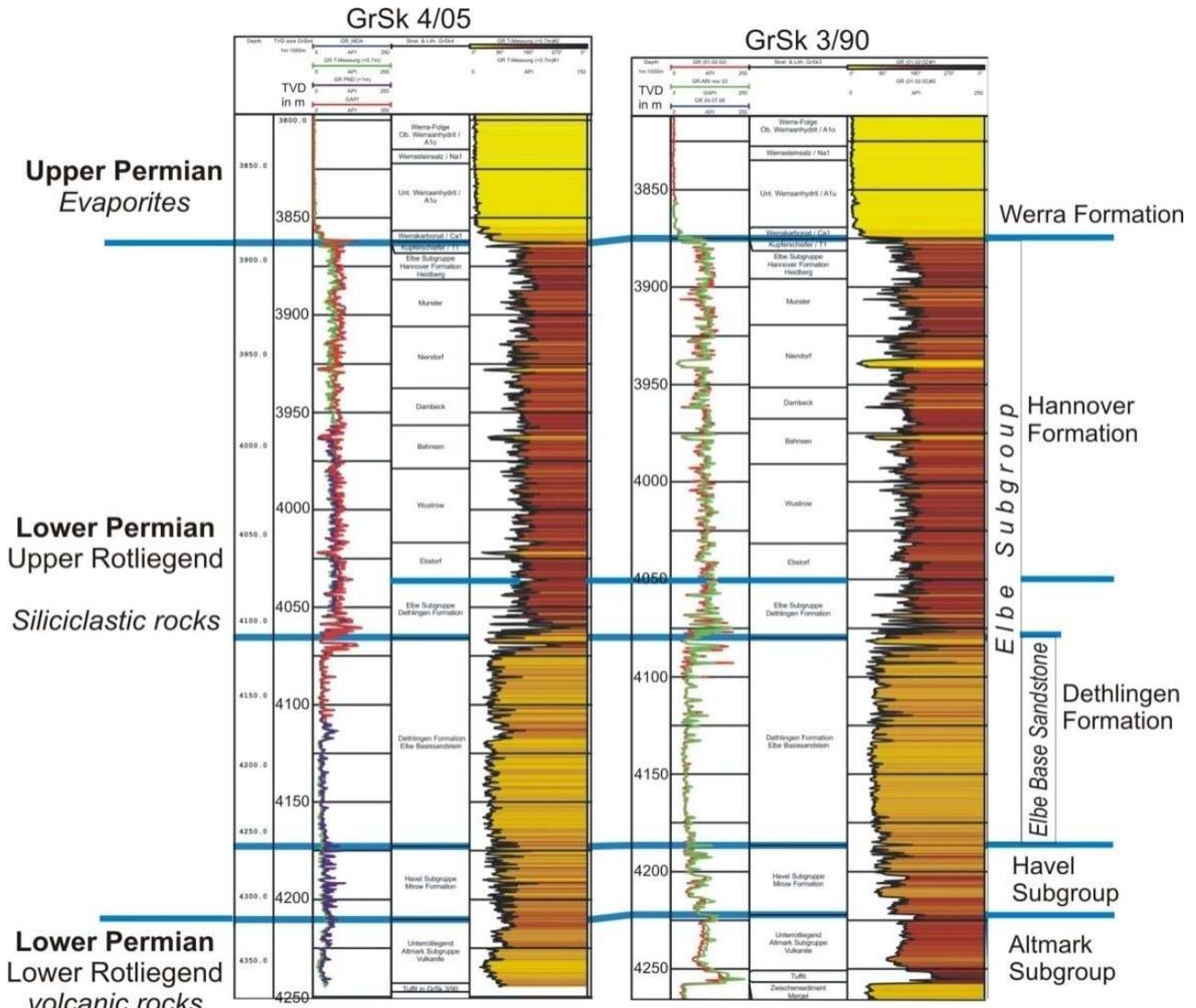


Abb. 4: Korrelation der Gamma Logs zwischen der neuen Bohrung GtGrSk4/05 und der vorherigen Bohrung EGrSk3/90. Das Reservoirgestein besteht aus fein bis mittel körnigem gut sortiertem Sandstein des Elbe Basis Sandsteins in der Unteren Dethlingen Formation.

Bodenprofile am ehemaligen Mauerstreifen Im Südosten Berlins – Erkundungen mit dem Fahrrad und Bohrstock

M. MAKKI¹; N. FRANCK¹, M. FRIELINGHAUS²

- (1) Humbolt Universität zu Berlin, Geographisches Institut
Unter den Linden 6, 10099 Berlin
Mail: mohsen.makki@geo.hu-berlin.de
- (2) Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V.
Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg
Mail:Frielinghaus@zalf.de
-

Einleitung

Der Boden des Jahres 2010 waren die Stadtböden oder Technosole. Stadtböden sind ebenso wie die Böden auf Äckern, Wiesen und in Wäldern Teil der Bodendecke, der dünnen und empfindlichen Haut unserer Erde. Unter dem Begriff Stadtböden werden die vielfältigen Böden städtisch-industrieller Räume zusammengefasst. Die Faktoren, die zu ihrer Entstehung beigetragen haben wie Ausgangsgestein, Relief, Klima, Wasserführung, Flora und Fauna, sind hier durch den Menschen sehr stark beeinflusst worden; so stark, dass sich Stadtböden von denen des Umlandes erheblich unterscheiden.

Viele der bodenbildenden Prozesse sind in der städtische Umfeld stark, wie die Entkalkung, beschleunigt Hinzu kommt auch die starke Beanspruchnahme der Bodenfunktionen in urbanen Räumen.

Nutzungen wie Gewerbe, Industrie, Straßen, Wohnen, Gärten, Grünanlagen oder Brache beeinflussen die Stadtbodenentwicklung in sehr charakteristischer Weise: Böden in Gärten und Parkanlagen zeigen oft einen naturähnlichen Aufbau mit einem Humushorizont an der Oberfläche, dagegen sind Böden unter Straßen technisch stark verändert und durch eine Fahrbahndecke oben versiegelt. Dieses Mosaik aus Böden mit natürlicher Entwicklung, solchen aus umgelagerten Bestandteilen und welchen aus Bau- oder Trümmerschutt, Müll, Schlacken und

Schlämmen ist typisch für Stadtlandschaften. Für das Verständnis der Bodengenese in der Stadt muss der Blick in einen engen Maßstab gelenkt und geschult werden.

Ziel der Exkursion ist die Demonstration dieser Vielfalt von Stadtböden, ihre Einordnung in die Stadtlandschaft und eine Diskussion darüber, wie sich so viele verschiedene Böden auf relativ kleinem Raum nebeneinander entwickeln können.

Exkursionsraum und –route

Die Exkursion folgt dem Radweg entlang der ehemaligen Berliner Mauer von Adlershof bis nach Baumschulenweg. Auf dem Weg liegen der Teltowkanal (erbaut 1906), der Britzer Zweigkanal, die Berliner Stadtautobahn 113, verschiedene Kleingartenanlagen und die Späth'sche Baumschule, die seit 1720 existiert.

Die unterschiedliche Stadtbodenentwicklung wird auf der Exkursionsroute eindrucksvoll demonstriert. Die verschiedenartigen Nutzungen, der Bau des Teltowkanals und die Sperrung des Gebietes zu DDR-Zeiten haben großen Einfluss auf die Bodenentwicklung und lassen uns heute eine Vielzahl an an verschiedenen und sehr interessanten Bodentypen vorfinden. Dazu zählen u.a. Braunerden, Podsole, Pararendzinen, Gleye (z.T. reliktsch), Hortisole, Kalkniedermoorgleye, Lockersyroseme und Regosole.



Abb.1: Exkursionsroute

Das Leitprofil 1 repräsentiert den (Acker-) Reliktgley-Kolluvisol (v.rGG-YK: o-(v)es/s) der Bodeneinheit 3 und den Bereich, in dem die direkten anthropogenen Eingriffe bis in 7 dm Tiefe reichen. Am Tag der Aufnahme waren die Witterungsverhältnisse regnerisch mit nicht sehr starken Niederschlägen innerhalb der letzten 24 Stunden. Das Profil wurde im April 2008 11 dm tief angelegt. Der Oberboden des Quartiers lag 2 dm tief gelockert vor und neigte bei Betreten stark zur Verdichtung. Die Festsubstanz lag im Subpolyeder- und Bröckelgefüge vor. Schlacke, Ziegelreste, Porzellan- und Glascherben liegen an der Oberfläche. Der Flächenanteil ist zwischen 2 und 5 %. Die grünlich-schwarzen, stark humosen ersten zwei Horizonte sind vermischt mit grusgroßen (2 - < 63 mm) Porzellanscherben und Ziegelresten, daneben sind Kalkkonkretionen (< 5 mm) in der Bodenmatrix sehr gering verteilt. Mittels 10%iger HCl wurde der Carbonatgehalt im Gelände als „carbonathaltig“ eingestuft, und ein leicht fauliger Geruch breitete sich aus.

Schalenreste wurden nicht gefunden. Der Grobbodenanteil der Horizonte wurde zusammen auf 3 Vol.-% geschätzt. Unver-

rottete Ernterückstände sind ungleichmäßig im jM-jAp-Horizont verteilt. Deutlich ist die zweite Horizontgrenze bzw. die Schichtgrenze aufgrund der üblichen 4 dm Pflugtiefe sichtbar.

Um die Genese des Bodens zu verdeutlichen, wird bei der Angabe des Bodenausgangsgesteins dieser Horizonte aufgrund der Information der geologischen Karte von 1937 (DIETZ 1937), die hier Niedermoore (Hn) zeigt, noch die Substratgenese og-Hn mit angegeben. Da das ursprüngliche Ausgangsmaterial nicht erkannt werden kann, sind die entsprechenden Horizonte als Horizonte aus natürlichem Bodenmaterial (Yj) anthropogener Bildungen gekennzeichnet.

Ab 4 dm Tiefe beginnen die periglaziär-fluviatilen hellen Flusssande. Bis in 5,5 dm Tiefe sind in dem IIAh-rGo-Horizont rostfarbene Flecken, besonders an den mit OBS verfüllten Wurzelbahnen, in den hellen Sanden sichtbar

Mit zunehmender Tiefe sind die Grundwasserabsenkungen durch zwei rostfarbene, ca. 15 cm breite Bänder als Relikt sehr gut zu erkennen.

Aufgrund der regelmäßigen Bodenbearbeitung wurde der jM-jAp-Horizont zusammen mit dem folgenden beprobt. Der rGr-Go2-Horizont

ist mit dem rGr-Go-Horizont zusammengefasst worden.

Die Trockenrohichte des 4 dm tief frisch gepflügten Bodens ist mit $1,3 \text{ g/cm}^3$ gering, die des Unterbodens ist mit $1,6 \text{ g/cm}^3$ als mittel bis hoch einzustufen.

Der Schluffanteil ist bis in 4 dm Tiefe zusammen mit dem Feinsandanteil etwas über 80 Vol.-%. Die abgeleitete nutzbare Feldkapazität (nFK) des frisch gelockerten Feinbodens, die generell von dem Anteil an Mittelporen und engen Grobporen abhängt, beträgt insgesamt 124 mm.

Wird der geschätzte Grobbodenanteil von etwa 3 Vol.-% berücksichtigt, ist die nFK niedriger (121 mm). Zusammen mit den folgenden Horizonten ist die nFK des gesamten Bodenprofils bis in 10 dm Tiefe dann um die 170 mm und wird insgesamt als mittel eingestuft, wobei die obersten 4 dm eine mittlere und der sandige Untergrund eine sehr geringe nFK hat. Der für den Lufthaushalt wichtige Grobporenanteil im frisch gepflügten Oberboden ist über 13 Vol.-% und wird nach der KA5 als hoch eingestuft. Das Gesamtporenvolumen sinkt in den liegenden Horizonten ab, der Anteil an Grobporen nimmt zu.

Der Carbonatgehalt des Feinbodens der obersten 4 dm ist mit 1,7 M.-% als carbonatarm einzustufen. Die folgenden Horizonte sind carbonatfrei. Im Gelände wurde der Gehalt, bedingt durch die in der Bodenmatrix fein verteilten Kalkkonkretionen, höher bestimmt (c3.2., schwach carbonathaltig). In den oberen zwei Horizonten ist der Anteil der vermuffelten Bodensubstanz mit 5 M.-% stark humos. Die Bodenreaktion ($\text{pH}(\text{CaCl}_2)$) des gesamten Bodenprofils ist neutral, daher ist die potenzielle Kationenaustauschkapazität gleich der effektiven KAK. Sie ist in den obersten zwei Horizonten mit 17 cmol(c)/kg aufgrund des hohen Humusgehaltes und der Bodenreaktion hoch und in den tiefer folgenden Sanden gering. Dem pH-Wert entsprechend sind die Sorptionskomplexe der einzelnen Horizonte mit basischen Kationen gesättigt.

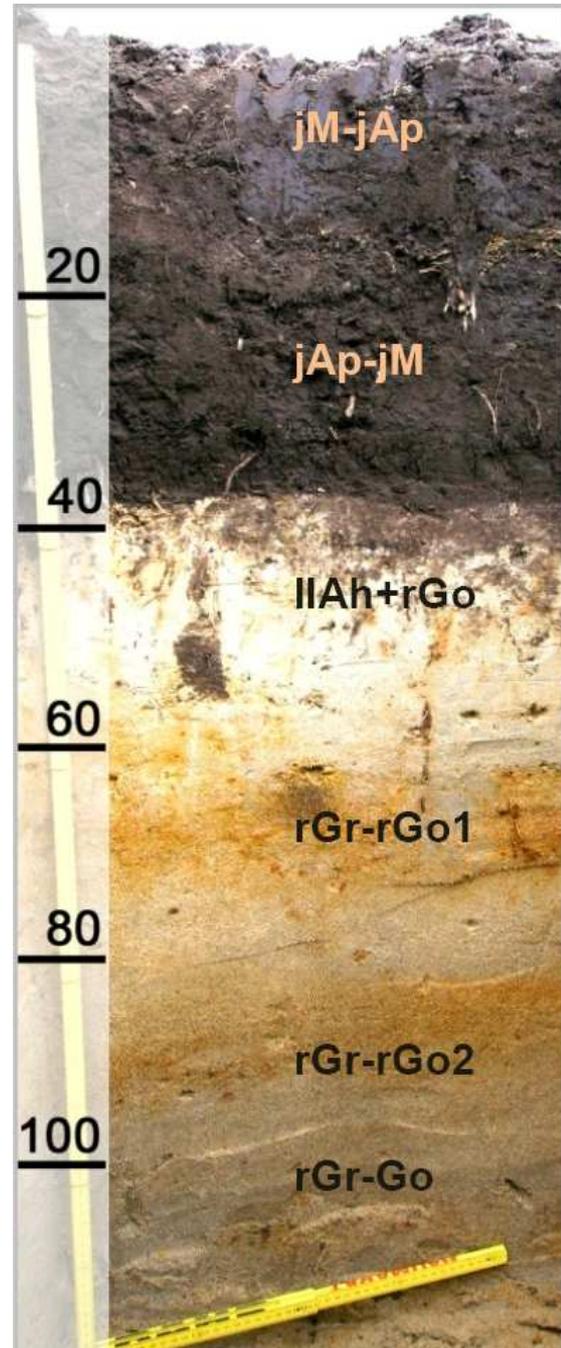


Abb.2: Leitprofil 1

Im II Ah-rGo-Horizont ist der Basensättigungsgrad mit 99 % am niedrigsten. Der Kationenbelag besteht im gesamten Profil aus Ca^{2+} -Kationen. Nur 1 % ist der Anteil der Magnesium- und Kaliumionen am Kationenbelag im Oberboden und in allen weiteren Horizonten noch $< 0,2 \%$. Die Abweichung der Gesamtacidität zu den gemessenen $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werten beträgt im gesamten Profil eine Einheit. Die elektrische Leitfähigkeit (EC) sinkt ab 4 dm Tiefe von $113,5 \text{ [\mu S} \cdot \text{cm}^{-1}]$ in den folgenden Horizonten abrupt.

Der Gehalt an Schwermetallen ist in den stark humosen Horizonten bis 4 dm Tiefe am höchsten, insbesondere Zink (Zn), Blei (Pb) und Kupfer (Cu) sind im Oberboden angereichert. Der gesamte Schwermetallgehalt nimmt im rAh+rGo-Horizont wie in den folgenden liegenden Horizonten stark ab. Der Gehalt an Blei, Zink und Chrom nimmt in den reliktschen G-Horizonten leicht zu. Die Schwermetalle Molybdän und Thallium sind im Boden nicht vorhanden. Die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch werden im gesamten Profil nicht überschritten (BBODSCHV 1998).

Leitprofil 2 befindet sich auf dem Baumschulgelände, direkt an dem angrenzenden Mauerstreifen. Die Bodenform ist vergleyter (Acker-)Reliktgly-Kolluvisol aus schwach Reingrus führenden Mischschluff-sanden (natürliches Boden-material) über periglaziär-fluviatilen Reinsanden (Flusssand): g.v.rGG-YK: om-(zz2)us(Yj), (og-Hn) // fp-ss(Sf). Dieses Profil repräsentiert – wie das Leitprofil 1 – die Einheit v.rGG-YK: o-(v)es//s, jedoch den Bereich, in dem die anthropogenen Eingriffe ≥ 7 dm tief reichen. Es wurde im Januar 2008 angelegt, innerhalb der letzten 24 Stunden vor der Aufnahme fielen keine Niederschläge.

Die Durchwurzelungsintensität der Grobwurzeln in den oberen zwei fast schwarzen Horizonten ist sehr schwach, nur der Oberboden ist mit Feinwurzeln stark durchwurzelt. Porzellanscherben und Ziegelreste (< 1 cm), zu geschätzten 3 Vol.-%, sind in den oberen 7 dm verteilt. Der Oberboden und der Umlagerungshorizont zeigen ein Subpolyedergefüge, die mit der Tiefe folgenden grundwasserbeeinflussten Horizonte ein Einzelkorngefüge.

Der Grundwasserstand in 10 dm Tiefe wird jahreszeitbedingt als der mittlere Grundwasserhochstand (MHGW), der die Obergrenze des Go-Horizonts ist, eingeschätzt. Merkmale eines rGo-Horizonts sind in dem fast schwarzen jM-Horizont nicht zu erkennen, theoretisch jedoch vorhanden, daher ist das Horizontsymbol in Klammern mit angegeben (rGo-) jM). Der jAp-

Horizont, ein ehemaliger Pflughorizont, endet in 2,8 dm Tiefe mit einer horizontal verlaufenden Grenze. Hier ist der Schluff- und Feinsandanteil innerhalb des gesamten Profils am höchsten. Die zweite Horizontgrenze ist deutlich wellig. Im Unterboden ist der Mittelsandanteil 50 Vol.-%, der Grobsandanteil nimmt im Liegenden zu. Die OBS des schwarzen Oberbodens, dem jAp-Horizont, ist um etwa ein M.-% niedriger als im darunter liegenden Horizont. Der folgende 35 cm mächtige schwarze (rGo-)jM-Horizont hat mit 7,3 M.-% den höchsten Gehalt an OBS und wird als sehr stark humos eingestuft. Der Oberboden ist carbonatarm, hat jedoch mit 1,3 M.-% CaCO_3 den höchsten Gehalt im gesamten Profil. Auch hier wurde der Gehalt im Gelände mit c3.2 höher eingestuft. Der Gehalt an CaCO_3 des folgenden Horizonts ist mit nur 0,2 M.-% sehr gering. Die tiefer folgenden Horizonte, der hellgelbe IIrGr-Horizont folgt in 7 dm Tiefe, sind carbonatfrei.

Die Bodenreaktion ($\text{pH}(\text{CaCl}_2)$) der oberen drei Horizonte ist neutral. Der nach 8 dm folgende hellgraue Gro-Horizont liegt im reduzierenden Milieu. Die Bodenreaktion ist sehr schwach alkalisch.

Die Kationenaustauschkapazität ist im Oberboden mit fast 21 [$\text{cmol}(\text{c}) \cdot \text{kg}^{-1}$] wie im (rGo-)jM-Horizont sehr hoch. Die KAK der mit der Tiefe folgenden Horizonte ist aufgrund der niedrigen Humus- und Tongehalte mit < 8 [$\text{cmol}(\text{c}) \cdot \text{kg}^{-1}$] gering, dann sehr gering. Im jAp-, (rGo-)jM- und IIrGr-Horizont sind die Bodenaustauscher vollständig mit Basen gesättigt, wobei Ca^{2+} -Ionen fast alleine den Kationenbelag bilden. Im Gro-Horizont ist der Anteil der sauer wirkenden Kationen, z. B. Al- und Fe-Kationen, mit nur 3 % am höchsten.

Die elektrische Leitfähigkeit ist mit über 100 [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$] in den oberen zwei Horizonten am höchsten und nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Der Oberboden ist mit Schwermetallen kontaminiert. Neben der Anreicherung von Kupfer, Blei und Zink ist der Arsen-Gehalt mit 33,7 mg/kg Trockensubstanz Boden auffällig.



Abb.3: Leitprofil 2

Im (rGo)-jM-Horizont sinkt der Gehalt aller SM, wie mit zunehmender Tiefe in jedem weiteren Horizont, ab. Eine Ausnahme ist der im Gro-Horizont erhöhte Arsengehalt mit 36 mg/kg Trockensubstanz Boden. Die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch werden im gesamten Profil ansonsten nicht überschritten (BBODSCHV 1998).

Diskussion der anthropogen beeinflussten Bodenentwicklung

Der Boden ist degradiert. Durch die nutzungsbedingte Bodenbearbeitung ist der

Bodenaufbau generell in den obersten 4 dm gestört, und Horizonte, die bodenbildende Prozesse abzeichnen, fehlen. Das Material wird gelockert, gewendet und zerkleinert, dabei wird das Gefüge angegriffen. Von anthropogen umgelagerten, zersetzten und humifizierten ehemaligen Niedermoortorfen, die zusammen mit unbekanntem Mengen an Stallmist, Düngemitteln, Baggergut, Klärschlamm, Aschen sowie Schlacken und Siedlungsbauabfall vermischt sind, wird ausgegangen. Die Horizontgrenzen zu den liegenden periglaziär-fluviatilen Flussanden sind in beiden Horizonten anthropogen verursacht. Die Karte Anthropogener Auftrag (z. T. mit natürlichem Ausgangssubstrat vermischt) zeigt, wie mächtig die Aufträge sind bzw. wie tief die anthropogenen Eingriffe reichen. Die Bezeichnung der humosen Auftragsböden (Bodeneinheit 3) als Typ Kolluvisol wurde auch deshalb verwendet, weil Aufträge, wie das durch den Bau der Kanäle anfallende Baggergut und der Siedlungsschutt lagebedingt vorhanden sind. Der humose Auftrag ist häufig mächtiger als nutzungsbedingt bei Gartenböden üblich. Auch ist der Oberboden nicht durch biologische Aktivitäten vertieft worden. Aus diesem Grund sind diese gartenbaulich genutzten Böden nicht dem typischen Gartenboden Hortisol zugeordnet worden. Die Zusammensetzung der dunkelbraunen bis schwarzen humosen Auftragsböden der Baumschule war im Gelände nicht zu identifizieren.

Dies ist für urbane Böden durchaus typisch (HILLER & MEUSER 1998). Die Materialien werden z. T. flüssig aufgebracht und durch die relativ tiefe mechanische Bodenbearbeitung (bis zu 8 dm) vermischt. Der leicht faulige Geruch des Bodens in Reaktion mit 10%iger HCL ist typisch für Klärschlamm (HILLER & MEUSER 1998). Der basische pH-Wert ist ein Kennzeichen für die Alkalisierung, die mit aufgetragenen Substraten wie z. B. Aschen oder Siedlungsschutt einhergeht (BLUME 1996; MEKIFFER 2008). Der hohe Schluffanteil im bearbeiteten Horizont kann durch mechanische Zerstörung von Aggre-

gaten, eingearbeiteten Flussschluff und/oder schluffige anthropogene Aufträge bedingt sein. Die Abschätzung des Carbonatgehalts der humosen Auftragsböden mittels 10%iger HCl ergab während der Geländearbeiten häufig höhere Werte, als im Labor im Feinboden bestimmt wurden, oft c3.2 oder c3.3 (schwach bis mittel carbonathaltig). Dies geht auf einen zwar geringen, aber carbonathaltigen Anteil an Grobboden (z. T. Konkretionen als Reste von Düngemitteln) in dem beprobten Bodenmaterial zurück. Aus diesem Grund wurden die entsprechenden Substratklassen mit einem e für Carbonatgehalt > 2 M.-% gekennzeichnet. Generell werden die natürlichen Gegebenheiten im Unterboden sehr dezent und die nutzungsbedingten direkten Eingriffe in den Bodenaufbau stark widergespiegelt. Ein Beispiel ist der (Acker) Kolluvisole über Reliktalkgley (v.YK/rGGc, Legendenummer 13 bis 15). In dem ungestörten natürlichen Unterboden ist ab 85 cm Tiefe Wiesenmergel im Kapillarsaum ausgefallen. Eine Verlagerung mit dem Sickerwasser wurde aufgrund carbonatfreier Horizonte über 8 dm Tiefe ausgeschlossen. Sie kennzeichnen den Bereich, in dem die geologische Karte von 1937 (DIETZ, Hrsg. PREUßISCHE GEOLOGISCHE LANDES-ANSTALT 1937) flachen Torf mit zum Teil Wiesenkalk über Kalk angibt, und den Bereich, der als angrenzendes Durchströmungs-moor beschrieben wird.

Der Gehalt an Schwermetallen in den humosen oberen Horizonten ist durch den anliegenden Straßenverkehr und das Aufbringen von Klärschlamm und Pestiziden gegeben. Die Kontamination der liegenden Sande (LP2) wird auf kontaminiertes Grundwasser zurückgeführt. Eine Verlagerung mit dem Sickerwasser ist theoretisch ausgeschlossen, da die Bodenreaktion in allen beprobten Horizonten der Profile 1 und 2 weit basischer ist als der entsprechende Grenz-pH-Wert (< pH 4).

Auch die erhöhte elektrische Leitfähigkeit der oberen Horizonte wird auf anthropogen eingebrachte Salze zurückgeführt. Die Böden, welche westlich an die Fläche unter Folie angrenzen, sind von der sogenannten Boden-

müdigkeit betroffen. Der Boden ist erschöpft und wird z. T. nicht mehr bewirtschaftet. Generell sind Böden von Baumschulen gefährdet, da weitestgehend Sonder- und Monokulturen gepflegt werden. Der bodenbildende Prozess ist die Entkalkung, für weitere natürliche bodenbildende Prozesse ist das Milieu zu basisch. Auch lassen die mechanischen Eingriffe keine ungestörte Entwicklung zu (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002; HINTERMAIERERHARD & ZECH 1997).

Die natürliche Entwicklung der Böden ist durch die Störung der Horizontierung, die Verdichtung, die Schadstoffbelastung, durch Alkalisierung und auch Eutrophierung sowie durch das Absenken des Grundwassers anthropogen stark verändert. Dies ist für Böden in urbanen Räumen typisch (BLUME 1996). Die in dieser Nutzungseinheit vorgefundene Vielfalt der Eingriffe ist jedoch so komplex, dass sich hier Schadstoffquellen und direkte Eingriffe auf den Stoffhaushalt und den Bodenaufbau überlagern und die Bodenentwicklung durch diese Kombination intensiv verändert ist.

Literatur

Die in diesem Text zitierte Literatur wird im Rahmen der Exkursion auf Wunsch zur Verfügung gestellt.

Standortsituation Exkursionspunkt: H3 (Berl.Mauerstreifen)

Profil-Nr.:	L 1	Bearbeiter:	N. Franck, M. Makki	TK25:	K5, 402A
Lage:	RW: 28771	HW:	14650	Ort:	Berlin Baumschulenweg
Nutzung:	Baumschule	Vegetation:	Offene Fläche	Datum:	19.04.2008
Relief:	Kaum, schwach geneigt				

Profilbeschreibung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	jM-jAp	20 cm	Der carbonatarme, stark humose sandige Schluff (Us) des Oberbodens reagiert neutral und zeigt ein Subpolyeder-Bröckelgefüge. Substratart: om-(zz2)su(Y), (0g-Hr) schwach Reingrus führende Mischsandschluffe (natürliches Bodenmaterial)
2	jAp-jM, wie der Horizont jM-jAp	40 cm	Der carbonatarme, stark humose sandige Schluff (Us) des Oberbodens reagiert neutral und zeigt ein Subpolyeder-Bröckelgefüge. Substratart: om-(zz2)su(Y), (0g-Hr)
3	IIAh+rGo		Der sehr schwach humose, schwach schluffige Sand (Su2) liegt als Einzelkompette vor. Die Bodenreaktion ist neutral. Verlagerter Humus verfällt Wurzelbahnen. Oxidationsmerkmale sind fleckig verteilt. Substratart: fp-s(Sf), periglazial-fluviatile schwach Reingrus führende Reinsande
4	IrGr-rGo1	57 cm	Der sehr schwach humose Horizont aus grobsandigem Mittelsand (mSgs) reagiert neutral. Die Partikel liegen als Einzelkompette vor. Oxidationsmerkmale zeichnen sich bandförmig von den hellen Sanden ab. Substratart: fp-ss(Sf) periglazial-fluviatile Reinsande (Flusssande)
5	rGr-rGo2	80 cm	Der sehr schwach humose, reiktitisch grundwasserbeeinflusste Horizont aus feinsandigem Mittelsand (mSs) hat einen neutralen pH-Wert und liegt als Einzelkompette vor. Bandförmig sind weitere Oxidationsmerkmale sichtbar. Substratart: fp-ss(Sf) periglazial-fluviatile Reinsande (Flusssande)
6	rGr-Go	98 cm 98 x cm	Der sehr schwach humose, grundwasserbeeinflusste Horizont aus feinsandigem Mittelsand (mSs) reagiert neutral. Der Reinsand liegt als Einzelkompette vor. Hier nimmt die Bodenleuchte mit der Tiefe zu. Ab 110 cm ist der Boden nass Substratart: fp-ss(Sf) periglazial-fluviatile Reinsande (Flusssande)

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Horizont-grenze (cm)	Bodenart							Textur (% der huminstreuen Feinerde)						
		gS	mS	fS	ΣS	ΣU	ΣT	gS	mS	fS	ΣS	ΣU	ΣT		
1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1 & 2	40	Us	2	9	31	42	53	5							
3	57	Su2	3	19	63	85	12	3							
4	80	mSgs	31	50	14	95	4	1							
5 & 6	>98	mSfs	16	54	28	98	2	0							

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (M.-%)	GV (550°C) (M.-%)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	KAK _{pot} Mellich emol/kg	BS _{pot} (%)	EC (g/kg) μS·cm ⁻¹	TRD (g/cm ³)	nFK (Vol.-%)
1 & 2	7,6	6,9	58,9	1,7	1,7	6,7	5	17,06	100	113,5	1,3	31
3	7,7	6,8	1,7	0	0	n.b.	0,4	2,16	99	54,8	1,6	18
4	7,8	6,8	1,3	0	0	n.b.	0,2	0,58	100	24,2	1,6	5
5 & 6	7,9	7,1	0,2	0	0	n.b.	0,2	0,55	100	28,0	n.b.	5

¹⁾ C_{org} = C_t - (CaCO₃ · 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Schwermetallgehalte [mg/kg]											
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Tl	Md	Zn		
1 & 2	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
3	3,21	2,38	11,62	75,35	8,75	82,46	0,11	0	166,96			
4	2,31	0	2,73	0	1,02	1,55	0	0	2,45			
5 & 6	0,39	0	0,97	0,2	0,32	0,66	0	0	2,45			
	0,40	0	1,11	0	0	1,08	0,14	0	3,82			

Profilkennzeichnung

Bodenform	
Bodensystematische Einheit	Substratsystematische Einheit
Subtyp: (GG-YK)	Klasse: 0-V/es/s
Subvariätät: g.v.(GG-YK)	Subtyp: om-(zz2)(c)su(Y), (0g-Hr)/fp-ss(Sf)
Vergleicher (Acker-)Reifkley-Kolluvisol aus schwach Reingrus führenden Mischsandschluffen (natürliches Bodenmaterial) über periglazial-fluviatile Reinsanden (Flusssand)	
*Veränderung, da das ursprüngliche Ausgangsgestein nicht mehr benannt werden kann	

Standortsituation Exkursionspunkt: H3 (Berl. Mauerstreifen)

Profil-Nr.:	L 2	Bearbeiter:	N. Franck/M. Maick	TK25:	KA 402A
Lage:	RW: 28774	HW:	14620	Ort:	Berlin Späthische Baumschulenweg
Nutzung:	Ackerfläche	Vegetation:	Gräser	Datum:	03.02.2008
Relief:	Kaum, schwach geneigt				

Profilbeschreibung

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	jm-lap	28 cm	Der carbonatarme, stark humose sandige Schluff (Us) des Oberbodens reagiert neutral und zeigt ein Subpolyeder-Blockgefüge. Substratart: <i>om-(zz2)su(Y)</i> , (<i>og-Hj</i>) <i>schwach Reingrus führende Mischschluffe (natürliches Bodenmaterial)</i>
2	(Go-)jm	70 cm	Der carbonatarme, stark humose sandige Schluff (Us) des Oberbodens reagiert neutral und zeigt ein Subpolyeder-Blockgefüge. Substratart: <i>om-(zz2)su(Y)</i> , (<i>og-Hj</i>) <i>Mischschluffsande und Reinsande (natürliches Bodenmaterial)</i>
3	llrGr	83 cm	Der sehr schwach humose, schwach schluffige Sand (Su2) liegt als Einzelkongetüge vor. Die Bodenreaktion ist neutral. Vertlagener Humus verfüllt Wurzelbahnen. Oxidationsmerkmale sind fleckig verteilt. Substratart: <i>fp-ls(S)</i> , <i>periglazial-fluviatile schwach Reingrus führende Reinsande</i>
4	GrO	100+ cm	Der grobsandige Mittelsand (mSgs) des grundwasserbeeinflussten Horizonts im reduktiven Milieu ist sehr schwach humos und liegt als Einzelkongetüge vor. Die Bodenreaktion ist sehr schwach alkalisch. Substratart: <i>fp-ss(S)</i> , <i>periglazial-fluviatile Reinsande (Flusssande)</i>

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Bodenart	Textur (% der humustreien Feinerde)						
			gS	mS	lS	zS	ΣU	ΣT	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	28	Su4	7	21	25	53	42	5	
2	70	Su3	8	28	29	65	33	2	
3	83	Su2	16	50	19	85	14	1	
4	100	mSgs	32	52	11	95	3	1	

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C)	CaCO ₃ (M.-%)	C _i (M.-%)	C _{org} ¹⁾ (M.-%)	KAK _{pot} Mehlisch cmol/kg	BS _{pot} (%)	EC μS*cm ⁻¹	TRD	nFK
1	7,0	7,5	1,3	1,3	7,4	6,1	20,58	100			
2	7,0	7,5	N/A	0,2	7,5	7,3	25,53	100			
3	7,1	7,5	0	0	2,3	2,3	6,56	100			N/A
4	7,3	7,8	0	0	0,2	0,2	1	87			

¹⁾C_{org} = C_i - (CaCO₃*0,12)

²⁾ Teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Schwermetallgehalte [mg/kg]										
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Tl, Mo	Zn		
1	33,7	0,5	26	27	28	29	30	31	32		
2	29	0,4	12,3	38,4	6,3	73,6	10,5	0	74,8		
3	0,81	0	5,2	19,2	4,1	46,3	8,2	0	38,3		
4	36,36	0	0,95	3,13	0,9	8,4	0	0	4,17		
			0,61	0	0,56	1,9	0	3,17	0		

Profilkennzeichnung

Bodenform	
Bodensystematische Einheit	Substratsystematische Einheit
Subtyp: rGg-Yk	Klasse: o-(v)es/s
Subvarietät: g.v.rGg-Yk	Subtyp: om-(zz2)lus(Y), (og-Hj)/fp-ss(S)
Vergleicher (Acker-)Reilkigley-Kolluvisol aus schwach Reingrus führenden Mischschluffsand (natürliches Bodenmaterial)* über periglazial-fluviatilen Reinsanden (Flusssand)	
*Vervwendung, da das ursprüngliche Ausgangsgestein nicht mehr benannt werden kann	

Problematik und Folgenutzungsstrategien von ehemaligen Rieselfeldern in der Bioenergieregion Ludwigsfelde

A. WAGNER¹ UND A. BAURIEGEL²

- (1) Technische Universität Berlin, Fachgebiet Bodenkunde, Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin
 Telefon: +49 (0)30/314-73521, Fax: +49 (0)30/314-73548
 Mail: anne.wagner@tu-berlin.de
- (2) Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Dezernat Bodengeologie,
 Inselstraße 26, 03046 Cottbus
 Telefon: +49 (0)355/865 2012
 Mail: albrecht.bauriegel@lbgr.brandenburg.de
-

Einleitung/ Ziel der Exkursion

Die landwirtschaftliche Bioenergie- und Rohstoffproduktion hat weltweit den Druck auf die verfügbaren Flächen verstärkt (Lal 2010). Neben Ertragsteigerungen ist daher auch die Wiedernutzbarmachung degradierter und belasteter Flächen dringend notwendig.

Die Bioenergieregion Ludwigsfelde ist eine der 25 vom BMELV für den Ausbau der Bioenergie geförderten Regionen. Sie hat sich zum Ziel gesetzt mit möglichst effizienten Systemen und unter vorrangiger Ausnutzung von Rest- und Abfallstoffen die Bioenergie in ihrer Region umweltverträglich und ohne Teller Tank Konflikte auszubauen. Große Areale der Region sind durch die ehemalige Verrieselung des Abwassers aus Berlin schadstoffbelastet und daher nicht für den Anbau von Pflanzen für die Nahrungsmittelproduktion geeignet. Diese Flächen liegen zum Teil heute noch brach und könnten für die Gewinnung von Bioenergie verfügbar gemacht werden ohne in Nutzungskonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu treten. Aufgrund der vorherrschenden Belastung muss bei der Bewirtschaftung der Flächen allerdings darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer starken Mineralisierung der organischen Schadstoffsorbenten kommt und dass Verwehungen kontaminierter Böden vermieden werden. Auch der Erholungsnutzung und dem kulturhistorischen Wert der

Landschaft soll bei der Entwicklung der Flächen Rechnung getragen werden.

Unsere Exkursion hat drei Schwerpunkte: (1) Technik- und Kulturgeschichte der Rieselwirtschaft, (2) Folgen der Abwasserverrieselung für Böden und Ökologie und (3) Integration der Rieselfelder in das Konzept „Bioenergieregion Ludwigsfelde“.

Zu unserem ersten Exkursionsschwerpunkt hat der Landschaftspflegeverein Mittelbrandenburg e.V. im Exkursionsgebiet einen eindrucksvollen kulturhistorischen Lehrpfad geschaffen, den wir im Rahmen der Exkursion begehen werden (ca. 2 km Fußweg). Wir führen Sie von den ersten Ideen Wirchow's zur sanitären Situation in der aufstrebenden Stadt Berlin über die technische Realisierung der Abwasserentsorgung für die Millionenstadt hin zu der heutigen Landschaftspark ähnlichen Gestaltung des Geländes als attraktiven Erlebnis- und Erholungsraum. Im September sind die alten Zwetschgen- und Pflaumensorten reif, die die Stadtgüter zur allgemeinen Verfügung auf die Wälle der Rieseltafeln gepflanzt haben. Schadstoffanalysen an den Früchten zeigen, dass die Früchte bedenkenlos genossen werden können.

Die Folgen der Abwasserverrieselung für die Böden demonstrieren wir Ihnen an vier Bodenprofilen. Einen Schwerpunkt dieses Exkursionsteils stellt die Schadstoffverteilung in den Bodenprofilen und auf den Rieselflächen dar.

Abschließend stellen wir das Konzept „Bioenergieregion Ludwigsfelde“ vor und diskutieren mit Ihnen energetische Nutzungsstrategien für die ehemaligen Rieselfelder. Dabei werden auch Techniken zur Festlegung bzw. Eliminierung von Schadstoffen, wie die Einbringung von Fe-Oxiden und Biokohle und die Phytoextraktion vorgestellt, die wir auf den Rieselfeldern untersuchen.

Geschichte der Berliner Rieselfelder

Mit der Industrialisierung Ende des 19. Jahrhunderts stieg die Einwohnerzahl von Berlin sprunghaft an. Damit einhergehend verschlechterten sich die hygienischen Bedingungen und es kam häufig zu Epidemien. Nach Plänen von Hobrecht begann 1873 der Bau einer Kanalisation, die die häuslichen Abwässer der Stadt über ein Radialsystem in das Berliner Umland leitete. Dort wurden die Abwässer auf den sogenannten Rieselfeldern zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen eingesetzt (Hoffmann 2002). Im Zuge der voranschreitenden Industrialisierung stieg der Anteil industrieller Abwässer, wodurch neben Nährstoffen auch große Mengen an Schadstoffen, vor allem Schwermetalle und auch organische Schadstoffe auf die Flächen gelangten (ebd.). Mit der Einrichtung von Kläranlagen wurde die Rieselwirtschaft nach und nach eingestellt und die Flächen teilweise umgestaltet und saniert oder sie liegen brach und unterliegen Sicherungsmaßnahmen, denn sie gelten heute als Altlastenverdachtsflächen.

Das Exkursionsgebiet gehört zum Rieselfeldkomplex der Gemeinde Großbeeren, eine der ältesten Rieselanlagen Berlins, die von 1890 bis 1994 (Ritschel & Kratz 2000) durchgängig mit Abwasser beschickt wurde. Bis in die 80er Jahre betrug die Ausdehnung der Rieselfelder der Administration Großbeeren 746 ha (LUA 1997). Mit dem Ausbau der Kläranlagen wurden die Flächen nach und nach stillgelegt. Die verrieselten Abwassermengen schwankten allerdings deutlich. Flächen nah an den Standrohren und mit günstigen Versickerungseigenschaften wurden deutlich häufiger

beschickt als weniger geeignete Flächen. Die höchsten Beaufschlagungsmengen wurden in den 70er Jahren, mit mehr als 20 Mio. m³ pro Jahr erreicht. Eine Intensivverrieselung, wie sie häufig auf den Rieselfeldern nördlich von Berlin vorgenommen wurde, erfolgte in Großbeeren nicht (Knopf & Mohn 2003). Der ca. 50 ha große nordöstliche Bereich des ehemaligen Rieselfeldareals mit Standrohr, Absetzbecken und den ersten Rieseltafeln steht seit 1999 unter Denkmalschutz. Auf den gut erhaltenen Anlagen wurde außerdem ein Lehrpfad errichtet, der die Geschichte der Abwasserverrieselung und ihre Folgen darstellt (Kulla, 2006).

Exkursionsroute

Die Fahrt dauert etwa 40 min und führt über die A 115 in südlicher Richtung bis zur Ausfahrt Potsdam-Babelsberg. Von dort geht es über die L 40 in östlicher Richtung vorbei an ehemaligen, teilweise noch erhaltenen Rieselfeldstrukturen, bis nach Großbeeren. Auf dem Rieselfeldareal werden wir drei Profile zu Fuß ablaufen (ca. 2km Fußweg). Es wird ein Profil im Einleiterbereich, ein Profil auf einem Zwischenwall und ein Profil am Ende der Rieselgalerie gezeigt werden, um die Heterogenität der Belastungen aufzuzeigen.

Lage

Das Exkursionsgebiet liegt auf der Hochfläche des Teltow im Landkreis Teltow-Fläming rund 10 km südlich der Berliner Stadtgrenze, südwestlich von Großbeeren (Abb. 1). Der Teltow wird im Osten und Norden durch das Spreetal, im Westen durch die Havelseen und das Niederungsgebiet der Nuthe und im Süden durch das Baruther Urstromtal begrenzt (LUA 1997). Mit einer mittleren Höhe von 45 m über NN erhebt er sich ca. 10 bis 15 m über die angrenzenden Niederungsgebiete (ebd.).



Abb. 1: Das Exkursionsgebiet
(Quelle: Landesbetrieb für
Landvermessung und Geobasisdaten)

Geologie/Geomorphologie

Der Teltow ist eine im Brandenburger Stadium des Weichselglazials entstandene Grundmoränenhochfläche, die periglazialen und holozänen Überprägungen unterworfen war (Hermsdorf 1994). Die weichselzeitlichen Ablagerungen bestehen hauptsächlich aus Geschiebemergel bzw. -sand, wobei die dominierenden Substrate lehmige Sande und sandige Lehme sind (LUA 1997). Der Geschiebemergel bzw. -lehm wird von schwach schluffigen bis schwach lehmigen Decksanden überlagert (Abb. 2).



Abb.2: Geologische Karte des
Exkursionsgebietes (Quelle: Behrendt,
G. & Laufer, E. (1882): Preußische
geognostisch-agronomische Karte
1:25 000, Blatt 3645 Großbeeren,
Berlin)

Klima

Die vom DWD angegebenen mittleren Jahresniederschläge der nächstgelegenen Station Berlin-Lichtenrade betragen im langjährigen Mittel (1961-1990) 540 mm. Die mittlere Temperatur liegt bei 8,9°C. Die klimatische Wasserbilanz im Exkursionsgebiet ist negativ (Asbrand 1996, in: Kratz 1996).

Hydrologie

Grundwasser

Die Teltower Platte wird hauptsächlich durch bis zu 300 m mächtige Schichten des Quartärs geprägt. Insgesamt ergeben sich durch den Wechsel grundwasserstauer und grundwasserleitender Schichten vier quartäre Grundwasserleiter, die aufgrund einer Fensterung der stauenden Schichten lokal in Kontakt stehen. Das oberste Grundwasserstockwerk ist zwischen 6 und 12 m mächtig und in der Regel unbedeckt. Der zweite und dritte Grundwasserleiter werden durch Geschiebemergel lückenhaft abgedeckt und erreichen Mächtigkeiten zwischen 20 und 50 m (Scheytt et al. 2000).

Durch eine Aufwölbung des Grundwassers liegen die Grundwasserstände im Bereich der Rieselfelder zwischen 38 und 43 m über NN und damit zwischen 2 und 7 m unter der Geländeoberkante. Diese Grundwasseraufwölbung wurde durch die Berieselung zwar verstärkt, sie ist aber vor allem der hier im Vergleich zur Umgebung deutlich geringeren hydraulischen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters und dem mächtigen unterlagernden Geschiebemergelpaket geschuldet (Scheytt et al. 2000). Mit der Einstellung der Berieselung sank der künstlich erhöhte Grundwasserspiegel rasch um 2 bis 4 m ab. Bereits wenige Jahre später hatten sich wieder stationäre Verhältnisse eingestellt, die den typischen jahreszeitlichen Schwankungen folgen (LUA 1997). Die natürliche Grundwasserneubildung liegt im Untersuchungsgebiet im Mittel zwischen 85 und 110 mm/a (Görizt 1995, in: Scheytt et al. 2000).

Oberflächengewässer

Das Rieselfeldareal ist von einem ausgedehnten künstlichen Grabennetz und in Teilbereichen auch mit einem Dränagesystem durchzogen, das bei der Einrichtung der Rieselfelder angelegt wurde. Die Entwässerung des Areals erfolgte in südwestlicher Richtung über den Knippingsgraben in den Nuthegraben und von dort weiter über die Nuthe, die Havel und die Elbe in die Nordsee. Die Gräben sind heute verschüttet oder weitestgehend zugewachsen (Kulla 1996).

Böden

Im Untersuchungsgebiet dominieren auf den Hochflächen Fahlerden und Braunerden aus lehmigen sandigen Substraten. Sie werden im Süden im Bereich des Nuthe-Grabens von Niedermooren und in der Genshagener Heide auch von Flugsand Arealen eingefasst. Im südwestlichen Bereich entstanden durch Bodenab- und -aufträge während der Einrichtung der Flächen und während des Betriebs der Rieselfelder überprägte Fahlerden, Regosole und Kolluvisole (Abb.3). Durch die ständige Berieselung wurde die sonst in den Brandenburger Böden sehr geringe Tonverlagerung verstärkt. Dadurch sind Horizonte mit wasserstauenden Merkmalen entstanden. Inwieweit diese Merkmale rezente oder reliktschen Charakter haben steht zur Diskussion.

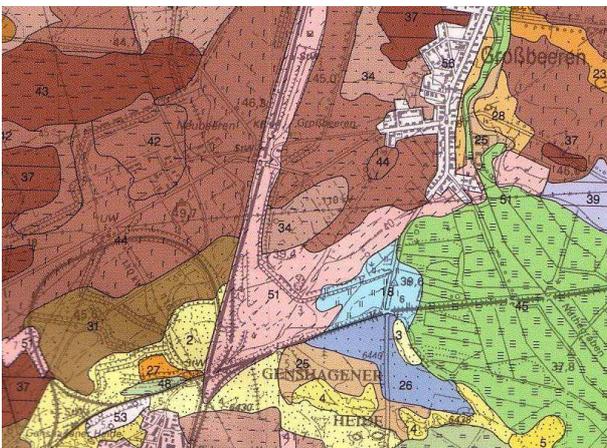


Abb.3: Bodenkarte des Exkursionsgebietes (Quelle: Bauriegel, A.; Kühn, D. & Hannemann, J (1997): Bodengeologische Karte des Landes Brandenburg, Blatt Potsdam)

Hauptkontaminanten sind vor allem Schwermetalle, besonders Cadmium, Kupfer, Blei und Zink. Belastungsschwerpunkte weisen aber auch stark erhöhte Werte organischer Schadstoffe auf (Grunewald 1994). Besonders Absetzbecken und Schlamm-trockenplätze sowie Wälle und Gräben stellen solche Belastungsschwerpunkte dar. Die Rieselfeldtafeln weisen ein sehr heterogenes Belastungsmuster auf. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die verschiedenen Tafeln je nach Lage und Versickerungseigenschaften unterschiedlich häufig beschickt wurden. Meist findet man auf den Feldern nahe am Absetzbecken höhere Gehalte an Schwermetallen, während die Konzentrationen zum Ende der Rieselgalerie hin abnehmen (siehe Abb. 4).

Zum Anderen wird vermutlich ein großer Teil der Kontamination auf einen partikulären Eintrag mit der organischen Substanz zurückzuführen sein, denn die Gehalte an organischer Bodensubstanz zeigen ein schwemmfächerartiges, konzentrisches Ausbreitungsmuster vom Einlass- zum Auslassbereich (LUA 1997) und korrelieren stark mit den Schwermetallgehalten. Die Belastungen der Unterböden sind weitaus weniger heterogen (Grunewald 1995).

Die potenzielle Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser ist mit der Aufgabe der Abwasserverrieselung jedoch nicht abgewendet. Das Fehlen basischer Einträge mit dem Abwasser lässt die pH-Werte der Böden rasch sinken. Außerdem wird die im Laufe der Zeit angereicherte organische Bodensubstanz nun mineralisiert, so dass auch daran gebundene Schadstoffe frei gesetzt werden. Deshalb werden heute Maßnahmen zur Sanierung oder Sicherung der Standorte immer wichtiger.

Literatur

- Grunewald K. (1994): Großräumige Bodenuntersuchungen auf Riesefeldern südlich Berlin. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 157, s. 125-130
- Grunewald K. (1995): Böden im Riesefeldgebiet südlich Berlin Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, 1995, 7, 164-167
- Hermsdorf, N. (1994): Stratifizierung der erbohrten Schichtenfolge im Projekt „Rieselfelder Berlin Süd“. Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg. Kleinmachnow.
- Hoffmann, C. (2002): Schwermetallmobilität und Risikopotentiale der Rieselfeldböden Berlin Buch. Institut für Ökologie der TU Berlin, Heft 35 der Reihe Bodenökologie und Bodengenese.
- Knopf, M. & M. Mohn (2003): Rieselfeld Großbeeren – Situation und Perspektiven. Hauptstudienprojekt. Fak. VII Architektur Umwelt Gesellschaft. Institut für Landschafts- und Umweltplanung. TU Berlin.
- Kratz, W. Hrsg.(1996): Rieselfelder in Berlin und Brandenburg. Tagungsband. FB Umwelt und Gesellschaft der TU Berlin.
- Kulla, D. (2006): Pedologische Untersuchungen am „Technikdenkmal und Freiluftmuseum Rieselfeld Großbeeren“ und Konzeption eines Bodenlehrpfades. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin
- Lal, R. (2010): Managing soils for a warming earth in a food-insecure and energy-starved world Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2010, 173, 4-15
- LUA – LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG Hrsg. (1997): Rieselfelder südlich Berlins –Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer. Studien und Tagungsberichte. Band13/14. Potsdam.
- Scheytt, T., S. Grams und M. Asbrand (2000): Grundwasserströmung und –beschaffenheit unter dem Einfluss 100-jähriger Rieselfeldwirtschaft. Wasser und Boden 52/9 S. 15-22

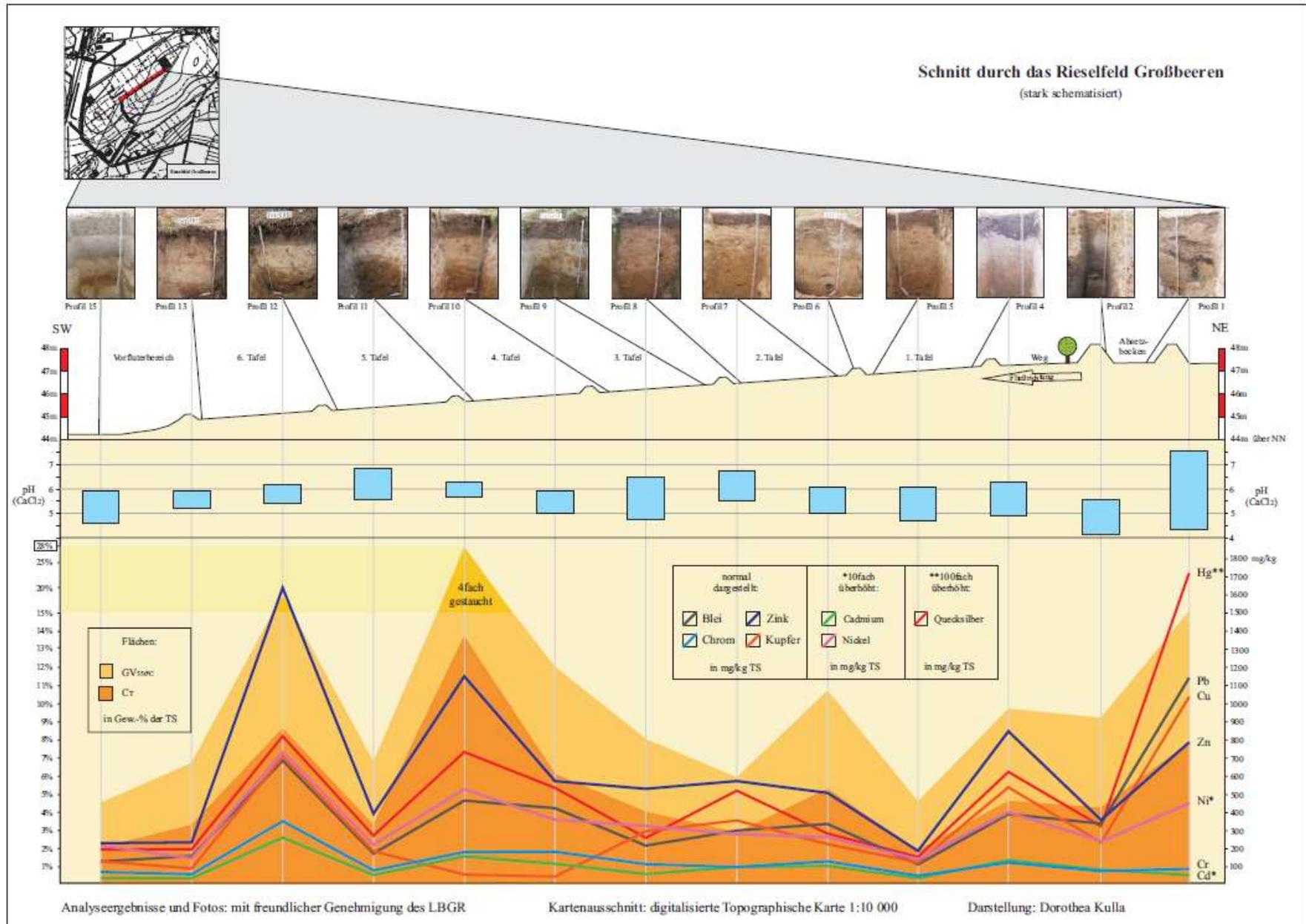


Abb. 4: Schematischer Schnitt durch das Exkursionsgebiet (Quelle: Kulla 2006)

Standortsituation Exkursionspunkt: H4/1 (Großbeeren)

Profil-Nr.: 2420394 Bearbeiter: Bauriegel TK25: 3645 (Großbeeren)
 Lage: 3384007.7 RW: 5801224.4 Kreis: Teltow-Fläming Ort: Großbeeren
 Nutzung: Riesel Feld Vegetation: Ruderalgesellschaften Datum: 07.04.2006

Relief: Verebnung

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	yjAp1 om-ls(Y4,Sp)	15 cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1), äußerst humoser und anthropogener, relictischer Ackerhorizont, anthropogen-gemischter Lehmsand (S3) aus Decksand und Klärschlamm
2	yjAp2 om-(kk2)ls(Sp,Y4)	30 cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1), stark humoser und anthropogener, relictischer Ackerhorizont, anthropogen-gemischter, schwach Reinkies führender Lehmsand (S2) aus Decksand und Klärschlamm
3	Bv-Ael+yjFap om-(kk2)ls(Sp)	35 cm	Sehr dunkel brauner (10YR 4/3) bis dunkel gelblich brauner (10YR4/6), schwach humoser Oberbodenhorizont, z.T. leicht verbraunt, fehl und tonverarmt, anthropogen gemischter, schwach Reinkies führender Lehmsand (S2) aus Decksand
4	Bv-Ael pkY-(kk2)ls(Sp)	42 cm	dunkel gelblich brauner(10YR4/6), verbraunter, tonverarmter Horizont kryoturbater schwach Reinkies führender Lehmsand (S2) aus Decksand
5	Ael		sehr blass brauner (10YR 7/4) tonverarmter Horizont mit schwachen Hydromorphiemerkmalen, Konkretionen und geringem Anteil von hellen Fossilflecken
6	pkY-(kk2)ls(Sp)	65 cm	kryoturbater schwach Reinkies führender Lehmsand(S2) aus Decksand gelblich brauner (10YR 5/6) bis sehr blass brauner (10YR 7/4) tonangereicherter, Stauwasser beeinflusster Horizont mit wenigen dunkelrotfarbenen Flecken
7	rSw-Ael+BT pH-ls(Mg)	95 cm	schluffiger Lehmsand (Su2,S3) aus Geschiebemergel gelblich brauner (10YR 5/6) wasserstauer, tonangereicherter Horizont mit diffus verteilten dunkelrotfarbenen Hydromorphiemerkmalen
8	rSe-BT pH-ls(Mg)	105 cm	schluffiger Lehmsand (S3) aus Geschiebemergel gelblich brauner (10YR 5/6) Untergrundhorizont
	llCv gm-sil(Mg)	140 cm	Grundmoränenlehme (S4) aus Geschiebemergel

Bodenformensymbol:	rVBB-LF-om-(k)ls(Y4,Sp)pkY-(k)ls(Sp)/g-(Mg)
Bodenformenbezeichnung:	relictische Ackerbraunrot-Fähiede aus Kies führenden anthropogen gemischten Lehmsand (Klärschlamm, Decksand) über Kies führenden Kryolehmsand (Decksand) über tiefem Moränenlehm (Geschiebemergel)

WRB: Albic Cutanic Luvisol (Anthric Abrutic, Rubric, Hypaeutric, Arenic, Novic)

sonst. Profilkennz.:
Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobbodenanteilklasse	Textur (% der humusfreien Feinerde)										
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT		
1	0 - 15	-	3,1	32,2	38,0	8,8	4,6	3,7	73,4	17,1	9,5	11	12
2	15 - 30	(G2, mG1)	5,6	34,6	36,3	9,2	3,9	3,7	76,5	16,7	6,9	10	11
3	30 - 35	(G2, mG1)	5,0	32,6	39,3	9,2	5,4	2,4	76,9	17,0	6,1	10	11
4	35 - 42	(G2, mG1)	6,0	33,7	40,4	7,9	4,6	2,0	80,1	14,3	5,6	10	11
5	42 - 65	(G2, mG1, gG1)	7,0	34,8	41,6	6,4	3,7	1,5	83,3	11,6	5,1	10	11
6	65 - 95	-	5,2	38,9	44,3	6,6	4,4	1,3	88,4	6,2	5,3	10	11
7	95 - 105	-	5,7	33,8	33,5	6,2	3,7	3,3	73,1	13,2	13,8	10	11
8	105 - 140	-	5,9	32,0	33,5	6,2	3,8	3,0	71,3	13,0	15,7	10	11

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550°C)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _d /Fe _o
2	6,2	6,0	9,3	-	4,52	4,52	4,5	0,45	10	-	-
3	6,5	6,2	2,1	-	0,85	0,9	0,09	10	1,88	1,48	0,79
4	6,6	6,2	0,6	-	0,15	0,2	0,02	7	1,31	0,89	0,69
5	6,6	6,2	0,4	-	<0,09	<0,1	<0,02	4	1,08	0,83	0,77
6	6,5	6,5	0,8	-	<0,09	<0,1	0,02	4	2,63	1,25	0,48
7	6,1	6,1	1,2	-	<0,09	<0,1	0,02	4	4,00	1,95	0,49
8	5,8	5,8	0,9	-	<0,09	<0,1	<0,02	3	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ Teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe _d ³⁾ (M-%)	P ³⁾ (M-%)	K ³⁾ (M-%)	KAK _{Ullrich} ⁴⁾ (cmol/kg)	KAK _{Ullrich} ⁴⁾ (cmol/kg)	austauschbare Kationen							BS _{pot} (%)		
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		Na ⁺	
1	2,00	1,285	0,70	26,6	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	0,91	0,388	0,91	15,6	15,6	-	25,36	0,70	1,21	0,003	16,72	1,07	1,12	<0,01	71
3	0,56	0,118	1,04	5,0	5,0	-	8,19	<0,01	0,59	0,001	13,62	0,84	0,17	0,04	94
4	0,49	0,050	1,06	2,1	2,1	-	2,46	0,19	0,16	0,021	4,10	0,31	0,05	<0,01	89
5	0,40	0,040	0,91	1,5	1,5	-	0,63	0,18	0,08	0,021	1,66	0,16	0,02	<0,01	88
6	0,78	0,028	1,03	3,8	3,8	-	0,46	0,18	0,07	0,021	1,23	0,13	0,03	<0,01	93
7	1,17	0,034	1,17	6,2	6,2	-	0,43	0,19	0,07	0,021	2,86	0,38	0,13	<0,01	88
8	0,88	0,027	0,88	4,2	4,2	-	1,40	0,19	0,05	0,022	4,19	0,52	0,21	<0,01	79
							0,84	0,02	0,03	0,022	3,16	0,09	0,18	<0,01	81

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5		
1	0,833	64,7	38,7	34,3	27,1	16,9	749,1
2	1,394	45,1	32,3	29,1	24,9	6,7	214,4

Standortsituation Exkursionspunkt: H4/2 (Großbeeren)

Profil-Nr.: 2420397 Bearbeiter: Bauriegel TK25: 3645 (Großbeeren)
 Lage: 3383936,1 RW: 5801163,2 Kreis: Teltow-Fläming Ort: Großbeeren
 Nutzung: Riesel Feld Vegetation: Ruderalgesellschaft Datum: 07.04.2006
 Relief: Verebnung

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	jAh oHs (Sp)	10 cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1), sehr stark humoser Oberbodenhorizont
2	IM1 oHs (Sp)	30 cm	dunkel braunes (10YR 3/3), mittel humos, anthropogen verlagerter humoser Oberboden
3	IM2 oHs (Sp)	40 cm	dunkel braunes (10YR 4/3), schwach humos, anthropogen verlagerter humoser Oberboden
4	IM+BV oHs (Sp)	55 cm	dunkel gelblich brauner (10YR 5/3) bis dunkel gelblich brauner (10YR 4/4), sehr schwach humoser verlagerter Oberboden, verzählter Bv-Horizont
5	Bv-Ael pKy-Is	70 cm	hell-gelblich brauner (10YR 6/4) verbraunter tonverarmter Horizont
6	Ael pKy-Is	105 cm	kryoturbater Lehmsand (S2) aus Decksand sehr bläß brauner (10YR 7/4) tonverarmter Horizont mit wenigen dunkelrostfarbenen Flecken
7	rSwd-Ael+BT pKy-Is (Lg)	120 cm	kryoturbater Lehmsand (S2) aus Decksand stark brauner (7.5YR 5/6) bis gelblich brauner (10YR 5/6) reilktisch wasserdurchsätzer und wasserstauer, teils fahler Tonanreicherungs-horizont, dunkelrotfarbene Flecken
8	rSch-BT pH-sl (Lg)	130 cm	kryoturbater Lehmsand (S3) aus Geschiebelehm stark brauner (7.5YR 5/6) reilktisch wasserstauer mit Tonanreicherungs-horizont mit flächigen dunkelrotfarbenen Flecken, z.T. mit Konkretionen soffizialer Sandiehm (S4) aus Geschiebelehm

Bodenformensymbol: YK/BB-LF: oHs(Sp)/p-Is(Sp)/p-Is(Lg)
 Bodenformenbezeichnung: Kolluvium über Braunerde-Fahlerde aus gekipptem Lehmsand (Decksand) über Kryolehmsand (Decksand) über tiefem Kryolehm (Geschiebelehm)
 Terric, irragric Arthrosol (Eutric, Arenic)

WRB:
 sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd.-Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilsklasse	Textur (% der humusfreien Feinerde)									
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT	
1	0 - 10	gG1, mG1	4,9	32,8	37,8	8,1	5,3	76,0	16,9	11	12	
2	10 - 30	gG1	5,1	34,8	37,3	8,1	3,9	77,1	14,7	8,2		
3	30 - 40	mG1	4,3	29,9	39,6	10,5	4,7	3,1	73,8	18,3		
4	40 - 55	mG1	4,8	33,1	40,4	9,0	4,5	2,7	78,3	16,2		
5	55 - 70	mG1	5,1	33,1	40,0	11,6	0,8	3,0	78,3	15,3		
6	70 - 105	fG1, mG1	6,4	38,3	41,2	5,3	3,4	2,0	85,9	10,8		
7	105 - 120	mG1	4,6	33,7	35,3	6,7	4,4	2,5	73,6	13,6		
8	120 - 130	-	5,9	31,3	33,3	5,2	4,1	2,4	70,6	11,7		

Lfd.-Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾ (g/kg)	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	5,5	5,0	-	1,7	1,8	1,9	20	21	22	23
2	6,1	5,4	-	5,29	5,3	0,54	10	-	-	-
3	6,0	5,2	-	3,69	3,7	0,38	10	-	-	-
4	6,5	5,9	-	1,58	1,6	0,17	9	-	-	-
5	6,5	5,9	-	0,44	0,4	0,05	10	-	-	-
6	6,7	6,1	-	0,19	0,2	0,02	9	1,50	0,78	0,52
7	6,6	6,1	-	<0,09	<0,1	0,02	6	0,74	0,44	0,59
8	6,7	5,7	-	<0,09	<0,1	0,02	5	3,10	1,29	0,42

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd.-Hor.-Nr.	Fe _d (M-%)	P ³⁾ (M-%)	K ³⁾ (M-%)	KAK _{pot} (cmol/kg)	KAK _{pot} Ullrich (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg)								BS _{pot} (%)
						H ₂ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
1	0,84	0,425	0,91	19,9	-	16,5	0,179	0,752	0,006	10,11	0,83	0,35	0,03	57
2	0,71	0,274	0,93	16,6	-	7,62	0,026	0,458	0,002	10,71	0,66	<0,01	0,09	69
3	0,61	0,150	1,00	9,1	-	5,72	0,019	0,383	0,003	4,74	0,26	<0,01	0,12	56
4	0,51	0,093	1,03	5,3	-	2,87	<0,02	0,181	0,001	2,97	0,22	<0,01	0,14	63
5	0,50	0,048	1,07	3,0	-	1,16	<0,02	0,126	0,001	1,66	0,53	0,03	<0,02	74
6	0,34	0,018	0,90	1,2	-	0,36	<0,02	0,039	<0,001	0,66	0,10	<0,01	0,06	61
7	0,98	0,030	1,26	4,9	-	1,52	<0,02	0,062	<0,001	2,65	0,41	<0,01	0,20	63
8	1,47	0,039	1,25	8,5	-	1,98	<0,02	0,062	<0,001	5,08	0,78	0,12	0,51	76

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd.-Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF					nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5	4,2	4,4		
1	0,614	75,5	31,6	27,3	28,6	14,2	17,5	-	
2	1,016	59,2	23,7	21,0	20,5	7,2	18,8	876,9	
3	1,443	44,3	24,7	20,5	15,3	5,5	19,2	368,3	
4	1,679	36,3	20,5	15,7	10,4	3,4	17,1	112,5	
5	1,856	37,8	17,6	13,3	12,3	3,6	13,9	194,0	
6	1,638	38,6	15,6	11,2	11,2	1,5	14,1	109,5	

Standortsituation Exkursionspunkt: H4/3 (Großbeeren)

Profil-Nr.: 2420398 Bearbeiter: Kulla TK25: 3645 (Großbeeren)
 Lage: 33839637,0 RW: 5801154,4 Kreis: Teltow-Fläming Ort: Großbeeren
 Nutzung: Riesel Feld Vegetation: Ruderalgesellschaft Datum: 06.05.20

Relief: Verebnung

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L	+2 - 0 cm	organischer Auflagehorizont
2	yfRAp om-Is(Yf,Sp)	9 cm	dunkel grau-brauner (10YR 4/2), rellktischer Ackerhorizont anthropogen gemischter Lehmsand (S2) aus Decksand und Klärschlamm
3	yfRAp2 om-Is(Yf,Sp)	17 cm	dunkel grau-brauner (10YR 4/2), anthropogen rellktischer Ackerhorizont
4	Ael pk-yIs(Sp)	36 cm	anthropogen gemischter Lehmsand (Su2) aus Decksand und Klärschlamm dunkel gelblich brauner (10YR 6/6), tonverarmter Horizont
5	Ael+BT pH-Is(Lg,Sp)	58 cm	kryoturbater Lehmsand (Su2) aus Geschiebebedeckung gelblich brauner (10YR 5/6), bis bräunlich gelber (10YR 6/6, 10YR 6/8), tonangereicherter Horizont mit verzahnten Tonverarmungsbereichen sollitidaler Lehmsand (S2) aus Geschiebelehm und Decksand
6	rSw-BT pH-Is(Lg)	94 cm	gelblich brauner (10YR 5/6) bis stark brauner (7.5YR 4/6), rellktisch stauwasserbeeinflusster Tonanreicherungs-horizont mit wenigen, flächigen dunkelrotfarbenen bis schwarzen Flecken sollitidaler Lehmsand (S2) aus Geschiebelehm
7	rSwd-Bt pH-si(Lg)	115 cm	dunkel-gelblich brauner (10YR 4/6) rellktisch stauwasserbeeinflusster Tonanreicherungs-horizont mit flächig schwarzen und dunkelrotfarbenen Flecken sollitidaler Sandlehm (S4) aus Geschiebelehm
8	llCv gm-Is(Lg)	160 cm	gelblich brauner (10 YR 5/6) Verwitterungshorizont Grundmoränenlehmsand (S2) aus Geschiebelehm

Bodenformensymbol: rVBB-LF-om-Is(Yf,Sp)p-Is(Sp)/(g)Is(Mg)
Bodenformenbezeichnung: rellktische Ackerbraunrot-Faherde aus flachem geklippten Lehmsand (Klärschlamm, Decksand) über Kryolehmsand (Decksand) über tiefem Moränenlehmsand (Geschiebemergel)
 Albic Cutanic Luvisol (Anthric Abutbic, Rublic, Arenic, Novric)

WFBB:
 sonst. Profilkennz.:
 Anmerkungen:

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd.-Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobboden-anteilklasse	Textur (% der humifizierten Feinerde)											
			gS	mS	fS	gU	mU	fU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	+2 - 0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	0 - 9	mG1	5,6	34,5	39,1	7,0	4,8	2,7	79,1	14,6	6,3			
3	9 - 17	mG1, fG1	5,5	33,7	38,1	10,0	4,6	2,3	77,2	16,8	6,0			
4	17 - 36	fG1	5,6	34,5	39,0	8,9	5,3	2,1	79,1	16,3	4,6			
5	36 - 58	fG2	6,0	34,8	37,7	8,7	5,6	2,6	78,5	16,9	4,6			
6	58 - 94	fG1	4,5	32,6	36,9	8,0	4,4	2,8	73,9	15,2	10,9			
7	94 - 115	fG1	5,0	29,8	37,2	7,3	5,1	2,2	72,0	14,6	13,4			
8	115 - 160	mG1, fG1	5,4	34,0	36,8	7,9	4,7	3,6	76,2	16,2	7,7			

Lfd.-Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂) (550°C)	GV (M-%)	CaCO ₃ (M-%)	C _i (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _t (M-%)	C _{org} /N _t ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
1	13	14	15	15	17	18	19	20	21	22	23
2	6,1	5,5	5,9	-	2,86	-	2,9	10	-	-	-
3	6,4	5,8	4,9	-	2,36	2,4	0,23	10	-	-	-
4	6,9	6,3	0,4	-	0,09	0,1	<0,02	7	-	-	-
5	6,6	6,7	0,4	-	<0,09	<0,1	<0,02	5	1,46	0,66	0,46
6	-	-	-	-	<0,09	<0,1	<0,02	4	4,88	1,85	0,38
7	7,0	6,2	1,1	-	<0,09	<0,1	<0,02	4	-	-	-
8	7,3	6,2	0,6	-	<0,09	<0,1	<0,02	4	-	-	-

¹⁾ C_{org} = C_i - (CaCO₃ * 0,12)

²⁾ teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd.-Hor.-Nr.	Fe _d (M-%)	Fe _o (M-%)	austauschbare Kationen (cmol _c /kg ⁴⁾										BS _{pot} (%)	
			H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Min ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺				
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	0,75	0,244	0,99	12,6	-	7,21	0,03	0,45	0,003	7,75	0,56	<0,01	0,02	66
3	0,73	0,209	1,03	10,9	-	4,70	<0,02	0,34	0,002	7,49	0,43	<0,01	0,03	73
4	0,46	0,017	1,04	2,3	-	0,82	<0,02	0,04	0,001	1,12	0,06	<0,01	<0,02	52
5	0,56	0,014	1,13	2,7	-	1,43	<0,02	0,04	<0,001	1,37	0,12	<0,01	<0,02	56
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	1,35	0,026	1,22	7,3	-	1,42	<0,02	0,03	<0,001	4,84	0,61	<0,01	0,50	81
8	0,93	0,022	1,18	4,7	-	2,06	<0,02	0,02	<0,001	2,37	0,28	<0,01	0,22	61

³⁾ Totalgehalte nach RFA

⁴⁾ wenn KAK_{pot}, dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd.-Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF				nFK (Vol.-%)	kt (cm/d)
			1,8	2,0	2,5	4,2		
2	1,081	57,4	32,9	28,0	22,6	7,5	25,5	327,7
3	1,360	46,8	31,9	27,9	22,7	9,4	22,5	52,5
4	1,761	33,9	16,0	13,5	9,0	2,8	13,2	59,7
5	1,863	30,2	23,8	18,0	19,8	13,0	10,7	58,1
6	1,822	31,5	24,6	20,3	19,6	10,9	13,7	5,5
7	1,765	33,7	21,8	19,8	15,5	7,8	14,1	-

Physikalische und chemische Analysendaten

Lfd. Hor.-Nr.	Hor.-grenze (cm)	Grobbodenanteilsklasse	Textur (% der huminstreifen Feinerde)											
			gS	mS	fS	gU	mU	tU	ΣS	ΣU	ΣT			
1	+7-0	-	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2	0-26	-	4,7	30,0	35,2	9,1	8,2	4,3	69,9	21,6	8,5			
3	26-50	fG1, mG1	1,8	25,0	31,9	3,8	15,0	9,0	58,7	27,8	13,4			
4	50-65	fG1	5,6	4,2	37,8	5,0	4,4	1,9	47,5	11,3	5,1			
5	65-80	fG1	5,2	43,9	37,2	2,7	3,6	2,2	86,2	8,5	5,3			
6	80-90	fG2	5,5	42,5	38,2	4,6	1,4	2,7	86,2	8,7	5,1			
7	90-115	fG2, mG1	8,8	47,4	37,2	2,2	0,1	2,2	93,4	4,5	2,1			
8	115-130	fG2, mG1	6,2	45,5	39,6	4,9	2,0	0,7	91,3	7,6	1,1			
9	130-200	fG1	3,5	45,4	47,7	0,4	0,2	<0,1	96,6	0,7	2,8			

Lfd. Hor.-Nr.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	GV (550 °C)	CaCO ₃ (M-%)	C ₁ (M-%)	C _{org} ¹⁾ (M-%)	N _i (M-%)	C _{org} /N _i ²⁾	Fe _d (g/kg)	Fe _o (g/kg)	Fe _o /Fe _d
2	6,2	4,6	4,5	-	2,04	2,0	0,22	11	-	-	-
3	6,2	5,5	2,2	-	0,68	0,7	0,06	12	3,66	2,83	0,77
4	6,4	5,6	1,1	-	0,37	0,4	0,03	12	1,86	1,40	0,75
5	6,4	5,7	0,9	-	0,27	0,3	0,02	11	1,46	1,23	0,84
6	6,4	5,8	0,9	-	0,26	0,3	0,02	12	1,20	1,02	0,85
7	6,5	5,9	0,8	-	0,21	0,2	0,02	11	1,16	1,23	0,84
8	6,4	5,7	0,5	-	0,12	0,1	<0,02	8	1,20	1,02	0,85
9	6,1	5,3	0,1	-	<0,09	<0,1	<0,02	3	0,48	0,19	0,40

¹⁾ C_{org} = C₁ - (CaCO₃ · 0,12)
²⁾ Teilweise Werte unterhalb der Nachweisgrenze in die Berechnung einbezogen

Lfd. Hor.-Nr.	Fe _d ³⁾ (M-%)	P ³⁾ (M-%)	K ³⁾ (M-%)	KAK ^{pot} Mehlisch (cmol/kg)	KAK ^{eff} Ulfrich (cmol/kg)	austauschbare Kationen (cmol/kg ⁴⁾)						BS ^{pot} (%)	
						H ₃ O ⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ⁺
1	0,67	0,164	1,04	-	18,1	0	<0,01	<0,01	0,079	13,46	1,35	3,15	0,04
2	0,84	0,213	1,15	-	8,1	0	<0,01	<0,01	0,069	5,93	0,37	1,68	0,02
3	1,05	0,237	1,37	10,0	-	8,60	0,09	0,54	0,003	4,96	0,41	0,19	0,02
4	0,52	0,099	0,87	5,1	-	3,05	0,02	0,29	<0,002	2,17	0,12	0,04	<0,02
5	0,51	0,091	0,85	4,4	-	2,80	0,02	0,23	<0,002	2,06	0,13	0,03	<0,02
6	0,50	0,103	0,82	4,7	-	3,02	0,03	0,18	<0,002	1,95	0,13	0,03	<0,02
7	0,45	0,095	0,69	4,4	-	2,85	0,07	0,13	<0,002	1,63	0,10	0,01	<0,02
8	0,43	0,057	0,70	3,0	-	2,51	0,02	0,11	<0,002	0,90	0,04	<0,01	<0,02
9	0,19	0,009	0,61	0,5	-	0,03	<0,02	0,02	<0,002	0,36	0,05	0,15	<0,02

³⁾ Totalgehalte nach RFA
⁴⁾ wenn KAK_{pot} dann Angabe der potentiell austauschbaren Kationen

Lfd. Hor.-Nr.	TRD (g/cm ³)	GPV (%)	Vol.-% Wasser bei pF			nFK (cmid)	Kt (cmid)
			1,8	2,0	2,5		
	38	39	40	41	42	43	44
							45

Standortsituation Exkursionspunkt: H4/4 (Großbeeren)

Profil-Nr.: 2420481 Bearbeiter: Baunregel TK25: 3645 (Großbeeren)
 Lage: 338-4007,7 RW: 5801224,4 Kreis: Teltow-Fläming Ort: Großbeeren
 Nutzung: Rieselweid Vegetation: Ruderalgesellschaft Datum: 07.04.2006

Relief: Verebnung

Profilbeschreibung

Hor.-Nr.	Horizont-/Substrat-symbol	Ober-/Untergrenze	Horizontbeschreibung
1	L		organischer r Auflagehorizont
2	JAp	+7-0 cm	dunkel grau-brauner (10YR 4/2) schwach humoser, anthropogener, reilktischer Ackerbodenhorizont
3	gJ-s	26 cm	gelbbrauner Lehm sand (S1s)
	Sg-JM		dunkel grau-braun (10YR 4/2) bis grau-brauner (10YR 5/2), sehr schwach humoser Oberbodenhorizont mit Humuseinflüssen, z. T. helle Oxidationsflecken und Konkretionen
4	gJ-s	50 cm	gelbbrauner Sand lehm (S1s)
	fAp		brauner (10YR 5/3), bis dunkelbrauner (10YR 4/3) schwach humoser begrabener Ackerbodenhorizont
	pkY-Js(Sp)	65 cm	kryoturbaler Lehm sand (S2) aus Decksand
5	Ae+Bv		gelbblich brauner (10YR 5/4) bis hell gelbblich brauner (10YR 6/4) ausgeglichener und tonverarmter Bv-Horizont, helle Eisenoxide
	pkY-Js(Sp)	80 cm	kryoturbaler Lehm sand (S2) aus Decksand
6	Bt+Ae+Bv		gelbblich brauner (10YR 5/6) bis sehr blass brauner (10YR 6/4) sehr schwach humoser, verbleichter, tonreicherer, Bv-Horizont mit dunkelrostfarbenen, oxidativen Merkmalen
	pkY-(kk2)Js(Sp)	90 cm	kryoturbaler schwach feinkies führender Lehm sand (S2) aus Geschiebedecksand
7	rGo1		gelbblich brauner (10YR 5/4) reilktisch oxidativer Grundwasserhorizont
	pas-(kk2)ss(Sp)	115 cm	deluvialer schwach feinkies führender Reinsand (mS1s) aus Decksand
8	rGo2		hell gelbblich brauner (10 YR 6/4) reilktisch oxidativer Grundwasserhorizont mit z. T. dunkelrostfarbenen Flecken
	pas-(kk2)ss(Sg1)	130 cm	deluvialer, schwach feinkies führender Reinsand (mS1s) aus Schmelzwassersand
9	rGo		blass gelber (2.5Y 7/4) bis gelber (10YR 7/8) reilktisch oxidativer Grundwasserhorizont mit hellrostfarbenen Flecken
	pas-ss(Sg1)	200 cm	deluvialer Reinsand (fSms) aus Schmelzwassersand

Bodenformensymbol: rv.sYk/rg.IBB:oh.lS(Sp)-p-(k)S(Sp)/p-s(Sg1)
Bodenformenbezeichnung: Reilktisch beackertes pseudovergoytes Kolluvium über reilktisch vergleyter, lesvivierter Braundecke aus gekipptem Lehm sand (Decksand) über Kryolehm sand (Decksand) über sehr tiefem Kryosand (Schmelzwassersand)

WRB: Stagnic, Teric, Irragic, Anthrosol (Dystric, Arenic)
Anmerkungen:

Geologische CO₂-Speicherung – Pilotstandort Ketzin

SONJA MARTENS, AXEL LIEBSCHER, FABIAN MÖLLER

Zentrum für CO₂-Speicherung

Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Telegrafenberg, 14473 Potsdam

URL: <http://www.gfz-potsdam.de>

Tel.: +49 (0)331/288-1965; -1553; -1556

Mail: martens@gfz-potsdam.de; alieb@gfz-potsdam.de; fmoeller@gfz-potsdam.de

Einleitung und Ziel der Exkursion

Der steigende Gehalt des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Atmosphäre hat Wissenschaftler veranlasst, nach Wegen zu suchen, die Emission dieses Gases zu reduzieren. Am Pilotstandort Ketzin wird seit Juni 2008 erstmals auf dem europäischen Festland CO₂ in unterirdische Gesteinsschichten gepumpt und so dauerhaft sicher gespeichert.

Im Rahmen nationaler und europäischer Projekte werden seit 2004 unter der Koordination des Deutschen GeoForschungsZentrums GFZ das wissenschaftliche Verständnis der geologischen Speicherung von CO₂ weiterentwickelt und die im Untergrund ablaufenden Prozesse der CO₂-Injektion und -Ausbreitung erforscht.

Ziel der Exkursion und eines geführten Rundganges am Standort ist es, einen Überblick über die laufenden Forschungsarbeiten, den Injektionsbetrieb sowie die Überwachungsmethodik zu gewinnen.

Der Pilotstandort Ketzin

Die unterirdische Speicherung von CO₂ wird nahe der Stadt Ketzin, 30 km westlich von Berlin, erforscht. Die Arbeiten in Ketzin umfassen alle Bereiche, die für die Entwicklung und den Betrieb eines CO₂-Speichers notwendig sind.

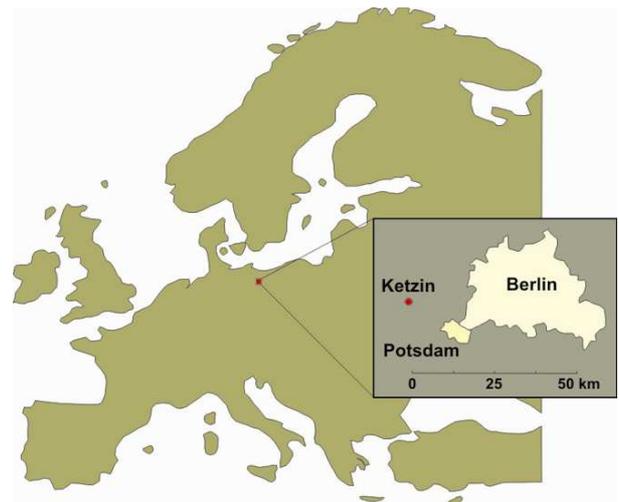


Abb. 1: Lage des Pilotstandorts Ketzin

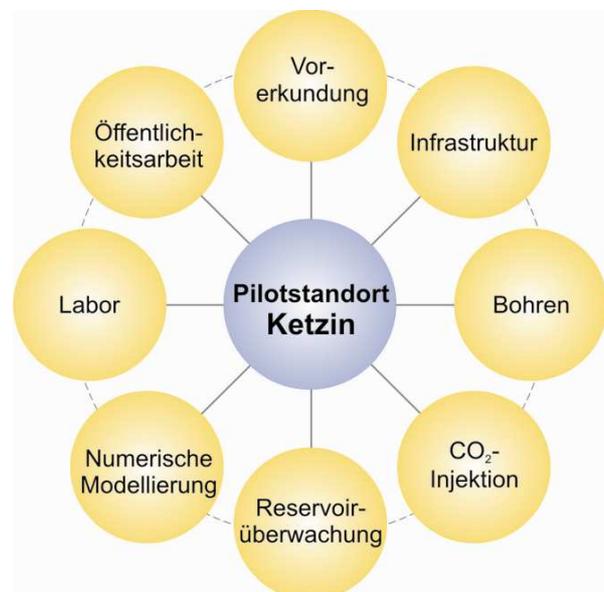


Abb. 2: Arbeitsbereich am Projektstandort

Nach der Vorerkundung und der Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur wurde mit dem Abteufen dreier Bohrungen 2007 die Voraussetzung für die Injektion des CO₂ geschaffen. Parallel dazu fanden und finden Laborversuche und die permanente und periodische Reservoirüberwachung statt. Für ein besseres

Verständnis der während der Injektion ablaufenden Prozesse werden numerische Modellierungen durchgeführt.

Öffentliche Akzeptanz ist für ein solches Vorhaben von zentraler Bedeutung. Von Beginn an wurde das Forschungsprojekt durch eine offene und transparente Information der Öffentlichkeit begleitet, die sich in großer medialer Resonanz im In- und Ausland widerspiegelt. Wichtigste Anlaufstelle für die Öffentlichkeit ist das Informationszentrum vor Ort.

Geologie

Die geologischen Zielhorizonte für die CO₂-Speicherung am Standort Ketzin sind poröse Sandstein-Schichten der Stuttgart-Formation. Diese ist im gesamten Norddeutschen Becken weit verbreitet und wurde im Zeitalter der Oberen Trias vor rund 225 Millionen Jahren abgelagert.

Der Standort Ketzin liegt oberhalb einer geologischen Aufwölbungsstruktur (Antiklinale). Im Zentralteil dieser Antiklinale liegt die Stuttgart-Formation in ca. 550 m Tiefe und taucht von dort aus in alle Richtungen ab. Die Injektion des CO₂ erfolgt an der Südflanke der Antiklinale in etwa 630 bis 650 m Tiefe.

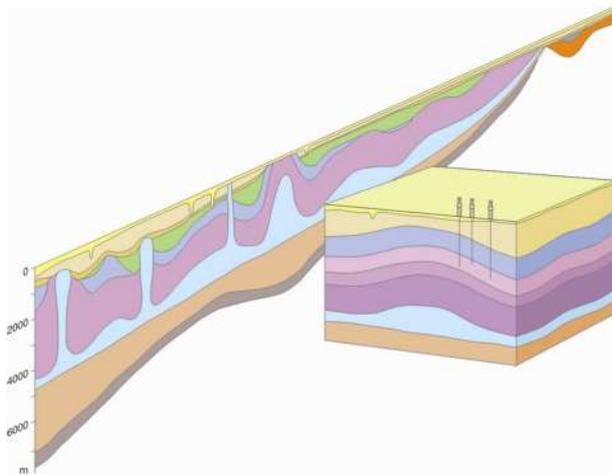


Abb. 3: Schematisches Abbild der Geologie des Nordostdeutschen Beckens

Die Speichersandsteine in Ketzin werden von rund 240 m mächtigen abdichtenden Tonsteinen überlagert. Diese Abdichtung der Speichergesteine zusammen mit der Antiklinalstruktur sichern eine kontrollierte und begrenzte Ausbreitung des CO₂.

Der Sandstein der Stuttgart-Formation besteht überwiegend aus Quarz, Feldspat und Gesteinsbruchstücken. Der Sandstein ist fein- bis mittelkörnig und gut sortiert, meist allerdings nur schwach zementiert. Zemente sind Silikate und Ton sowie gelegentlich Anhydrit. Die Sandsteine weisen eine Porosität von 13 bis 26% auf. Permeabilitäten von 50 bis 100°mD wurden in hydraulischen Tests nachgewiesen; Untersuchungen der Bohrkerne ergaben Permeabilitäten von etwa 500 bis 1000°mD.

Geschichte des Standortes

Bis 2004 wurde am Pilotstandort ein saisonaler Untergrundspeicher für Erdgas in einer flachen Sandstein-Formation in etwa 280 m Tiefe betrieben. Daher ist die Ketzin-Antiklinale gut untersucht: Zahlreiche seismische Profile und Bohrungen aus der vorangegangenen Erkundung geben Aufschluss über die geologischen Lagerungsverhältnisse und die Eigenschaften der verschiedenen geologischen Formationen.

Vorarbeiten und Injektionsbetrieb

Basierend auf diesen Vorkenntnissen sowie ergänzend durchgeführten Erkundungsuntersuchungen wurden für die CO₂-Speicherung drei neue Bohrungen bis in eine Tiefe von jeweils ca. 750 m abgeteuft. Eine dieser Bohrungen (Ktzi 201) dient zur Injektion und Beobachtung des CO₂, die beiden anderen Bohrungen (Ktzi 200 und Ktzi 202) werden zusätzlich zur Beobachtung der Injektion und der CO₂-Ausbreitung genutzt.

Seit Juni 2008 wird am Standort Ketzin lebensmittelreines CO₂ über die Injektionsbohrung in den Untergrund eingespeist; bis Mitte März 2011 insgesamt ca. 46.500 Tonnen.



Abb. 4: Luftaufnahme des Pilotstandortes Ketzin

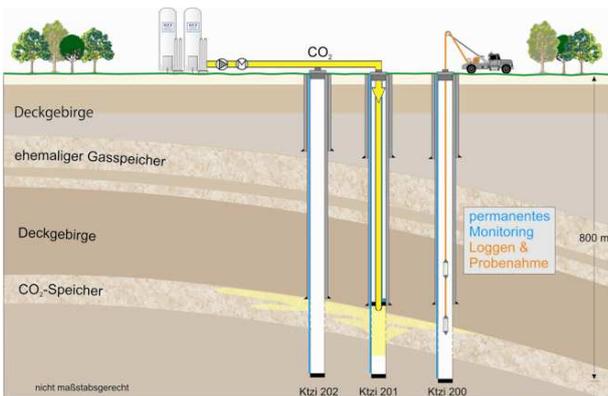


Abb. 5: Schematischer Profilschnitt am Standort Ketzin mit Darstellung der Bohrungen zur Injektion des CO₂ (Ktzi 201) und zur Beobachtung der CO₂-Ausbreitung (Ktzi 200 und Ktzi 202).

Wissenschaftliches Monitoring

Die wissenschaftliche Begleitung der CO₂-Speicherung umfasst

- geophysikalische, geochemische und mikrobiologische Messungen in Injektionsbohrung und Beobachtungsbohrungen
- Untersuchung der CO₂-Ausbreitung mittels seismischer und geoelektrischer Methoden
- Abschätzung der unterirdischen Ausbreitung des CO₂ und Beurteilung der Dichtigkeit und Sicherheit des Reservoirs mit Hilfe theoretischer Vorhersagemodelle
- Analysen von Gesteinsproben, Gasen und Flüssigkeiten aus dem Untergrund.

Die wissenschaftlichen Erfahrungen am Standort Ketzin beruhen insbesondere auf einem geochemischen und geophysikalischen Überwachungsprogramm, das im internationalen Vergleich zu den modernsten und umfangreichsten zählt. Zentral hierbei ist nicht nur die Kombination der verschiedenen Methoden

wie Geoelektrik, Seismik, Temperatur- und Drucküberwachung sowie Fluid- und Gasproben, sondern auch die Kombination von unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Auflösungsvermögen innerhalb der einzelnen Methoden.

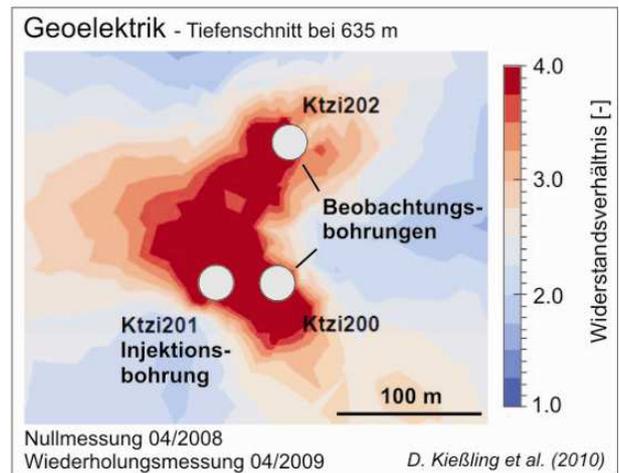
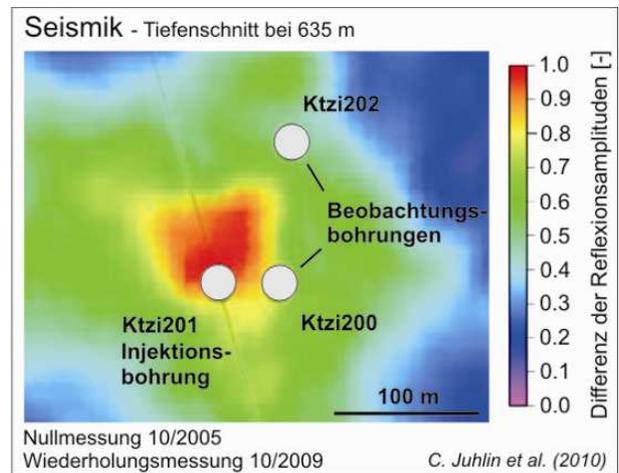


Abb. 6: Mittels geophysikalischer Messungen lässt sich die CO₂-Ausbreitung im Untergrund abbilden. Wiederholte seismische Messungen (Abb. oben) zeigen Veränderungen der elastischen Eigenschaften des Gesteins, die durch den Eintrag von Kohlenstoffdioxid entstehen. Wiederholte geoelektrische Messungen zeigen Veränderungen des elektrischen Widerstandes des Gesteins auf Grund der CO₂-Injektion (Abb. unten). Beide Verfahren erlauben eine langfristige Beobachtung des Kohlendioxids in der Injektionsphase und nach Ende der Injektion

Insbesondere die Ergebnisse der seismischen und geoelektrischen Messungen erlauben eine Beobachtung der CO₂-Ausbreitung im Untergrund. Diese Arbeiten werden durch numerische Modellierungen der Reservoir-

prozesse ergänzt. Dabei gilt es, mit dynamischen Modellierungen die Vorgänge in der Stuttgart-Formation und den abdeckenden Schichten mit Hilfe von Modellkopplungen unter Berücksichtigung der Einzelprozesse der Hydro- und Thermodynamik, Hydro(geo)-chemie und Geomechanik zu erfassen und zu prognostizieren.

Im Bereich der Ketzin-Antiklinale werden monatlich die natürlichen CO₂-Oberflächenflussraten und Boden-Kohlenwasserstoffkonzentrationen an 20 Messpunkten bestimmt. Diese Messungen liefern Basisdaten und Vergleichswerte für Messungen in der Betriebs- und späteren Nachbetriebsphase des CO₂-Speichers.

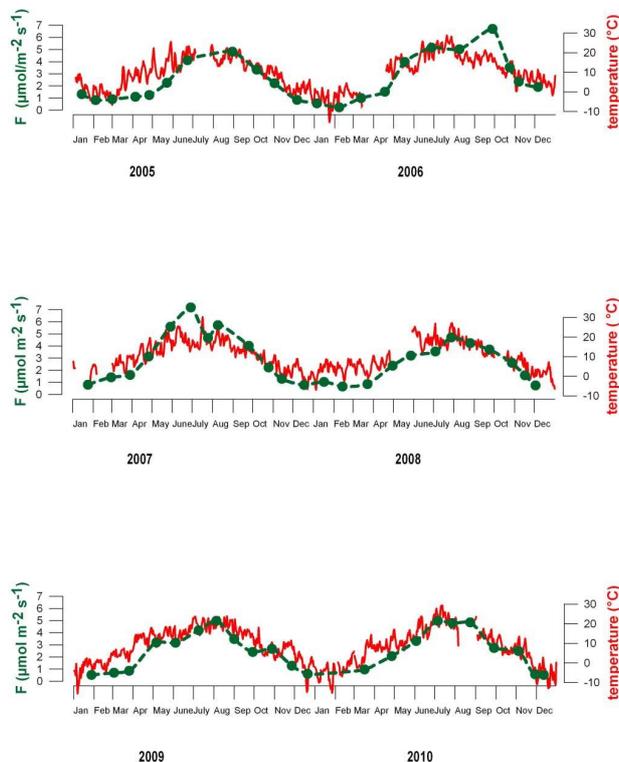


Abb. 7: Saisonale Schwankungen des CO₂-Bodenflusses (grün) und der Temperatur (rot)

Seit Beginn der Messungen im Januar 2005 wurden keinerlei signifikante Änderungen im Grundwasser oder den Boden-Kohlenwasserstoffen detektiert. Die Boden-Kohlenwasserstoffkonzentrationen in den Messstellen stimmen weitgehend mit der natürlichen atmosphärischen Konzentration überein. Der CO₂-Bodenfluss zeigt starke saisonale Variationen, die hauptsächlich auf die Bodentemperatur und damit einher-

gehende Aktivität von Mikroorganismen und der Wurzelatmung der Pflanzen zurückgeführt werden können.

Projektpartner

Zu den Projektpartnern des GFZ zählen nationale und internationale Universitäten, Forschungseinrichtungen, Industriekonzerne und mittelständische Unternehmen. Zudem unterstützt die Stadtgemeinde Ketzin das Vorhaben, und die Genehmigungsbehörden sind von Anfang an in die Projektentwicklung eingebunden.

Literatur

- Förster, A., Norden, B., Zinck-Jørgensen, K., Frykman, P., Kulenkampff, J., Spangenberg, E., Erzinger, J., Zimmer, M., Kopp, J., Borm, G., Juhlin, C., Cosma, C.-G. & Hurter, S. (2006): Baseline characterization of the CO₂SINK geological storage site at Ketzin, Germany. *Environmental Geosciences* 13, 145-161.
- Förster, A., Schöner, R., Förster, H.-J., Norden, B., Blaschke, A.-W., Luckert, J., Beutler, G., Gaupp, R., Rhede, D. (2010): The Upper Triassic Stuttgart Formation (Middle Keuper) at Ketzin: The reservoir for pilot CO₂ storage in the Northeast German Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 27, 2156-2172.
- Martens, S., Liebscher, A., Möller, F., Würdemann, H., Schilling, F., Kühn, K. and Ketzin Group (2010): Progress Report on the First European on-shore CO₂ Storage Site at Ketzin (Germany) – Second Year of Injection, *Energy Procedia*, submitted.
- Schilling, F.R., Borm, G., Würdemann, H., Möller, F., Kühn, M. & CO₂SINK Group (2009): Status Report on the First European on-shore CO₂ Storage Site at Ketzin (Germany). *Energy Procedia*, Volume 1, Issue 1, 2029-2035.

Trümmerschuttböden und Freisetzung von Sulfat

G. WESSOLEK, B. MEKIFFER UND M. FACKLAM

Technische Universität Berlin Fachgebiet Standortkunde und Bodenschutz
 Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin
 Tel.: +49 (0)30/314-73536
 Mmail: Gerd.Wessolek@tu-berlin.de

Einleitung

In Deutschland fielen durch die Kriegsschäden des zweiten Weltkriegs ca. 400 Mio. m³ Trümmerschutt an, der überwiegend aus der Zerstörung von Wohn- und Industriegebäuden stammt (Blaum, 1946). So waren in Berlin 30% der Wohngebäude völlig und 45% zumindest teilweise zerstört (Arndt, 1947); daraus resultierten allein in dieser Stadt eine Trümmerschuttmenge von ca. 75 Mio. m³.



Abb. 1: Teufelsberg Berlin

Der nicht wieder verwertbare Teil des Trümmerschutts wurde nach Kriegsende im Stadtgebiet sowohl punktuell (z.B. in Bombentrümmern) als auch flächenhaft (z.B. in Parks) verkippt und danach mit Oberboden bedeckt. Bekannte Park- oder Erholungsflächen in Berlin, die Trümmerschutt im Untergrund aufweisen, sind der Volkspark Prenzlauer Berg, der Schlosspark Charlottenburg und der Humboldthain. Die bekannteste Trümmerschuttdeponie ist der 115 m hohe Teufelsberg, der aus ca. 25 Mio. m³ Schutt besteht (Abb. 1).

Historie

Zu Zeiten des Nationalsozialismus sollte an dieser Stelle ursprünglich die Wehrtechnische Fakultät errichtet werden. Das bis zum Rohbau entwickelte Gebäude sollte im Rahmen des nationalsozialistischen „Germania“ Projektes der „Welt- und Reichshauptstadt“ eingeweiht werden. Nach Ende des Zweiten Weltkriegs wurde der Rohbau gesprengt und das Areal zunächst zu einer Schutt-Deponie verwandelt.

Als Folgenutzung war ein waldgeprägtes Freizeitgelände mit Skihang und Rodelbahn geplant, aber nicht weiter verfolgt worden, da die Amerikaner auf dem Trümmerschuttberg eine Abhörstation in den Osten einrichteten. Diese war anfangs noch mobil, wurde aber schnell durch eine feste Installation mit fünf Radarkuppeln abgelöst. So erhielt der Teufelsberg sein bis heute charakteristisches Erscheinungsbild.

Nach dem Fall der Berliner Mauer wurde die Station von den Amerikanern geräumt und die elektronischen Einrichtungen entfernt; die Radaranlagen wurden noch eine Zeit lang zur zivilen Luftüberwachung genutzt. In den 90er Jahren wurde die ehemalige Abhörstation an einen privaten Investor verkauft. Die hochgesteckten Planungen für eine exklusive Wohnanlage, ein Museum sowie ein Hotel- und Tagungszentrum scheiterten allerdings, weil der Generalunternehmer mit den Einlagen der Investorengruppe das Weite suchte....

Heute wird der Teufelsberg vor allem von Erholungssuchenden, Spaziergängern, Joggern und Mountainbikern intensiv genutzt. Im Winter ist der kleine Skihang gut besucht und auch eine Langlauf-Loipe lädt zum Wintersport ein.

Im Jahre 1986 fand sogar anlässlich der 750-Jahr-Feier Berlin ein Weltcup-Slalom auf dem Skihang statt.

Bodenentwicklungen auf Trümmerschutt

Abb. 2 zeigt beispielhaft ein Bodenprofil am Unterhang des Teufelbergs.



Abb. 2: Bodenentwicklung auf Trümmerschutt, Exkursionsprofil am Unterhang

Profilkennwerte

Wasserleitfähigkeit (kf): >100 cm/d

nFKwe: 40-150 mm (flach-, tiefgründig)

KAKeff : gering bis mittel

Oberboden (0-20 cm)

Bodenart: Su2

Steingehalt:<5%

Karbonatgehalt: <2%

Humusgehalt: 1,5-3%

pH: 6,5-6,8

KAKeff : mittel

TRD: mittel

SO₄ BSE: 50-180 mg/l (gering)

Unterboden (>40 cm)

Bodenart: mS-mSfS

Steingehalt:15-30%

Karbonatgehalt: 2-12%

Humusgehalt: <1%

pH: 7,0 – 7,2

KAKeff : gering

TRD: mittel, teilweise locker

SO₄: BSE: bis 2800 mg/l (extrem hoch)

(BSE: Bodensättigungsextrakt)

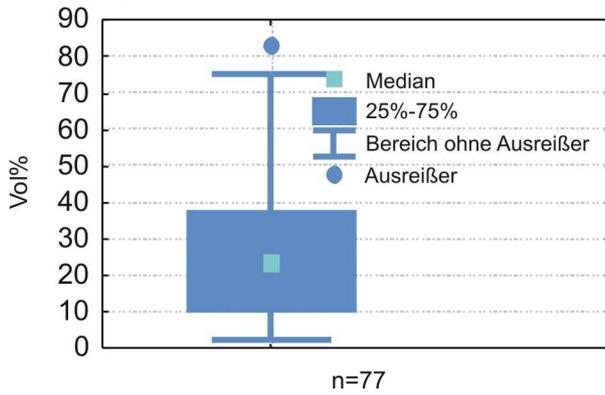
Das Profil besteht im Oberboden aus einer 20 cm starken Aufschüttung aus schwach schluffigem Sand, der anlässlich der Skiweltmeisterschaften zur 1986 Geländemodellierung aufgebracht worden ist. Darunter befindet sich die ursprüngliche Überdeckung aus schluffigen Sanden mit einer Mächtigkeit von ca. 10 cm; sie liegt auf dem Trümmerschuttkörper mit wechselnden Lagen unterschiedlicher technogener Substrate und Beimengungen schwach humoser Bodenmaterialien.

Trümmerschutt als Ausgangssubstrat der Bodenbildung

Die sich aus Trümmerschutt entwickelnden Böden sind in der Regel Pararendzinen, da das Bodenausgangsmaterial zumeist kalkhaltige Beimengungen aufweist (Abbildung 3).

Die Auswertung von mehr als 200 Profildaten zeigt für Trümmerschuttböden eine in den meisten Fällen schwach alkalische bis alkalische Bodenreaktion und teilweise eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit (s. Abb. 4). Trümmerschuttböden enthalten in der Regel hohe Mengen an technogenen Komponenten, wobei Art und Menge stark wechseln können (s. Abb. 3 und Tabelle)

Skelettgehalt von Trümmerschuttböden



Technogene Komponenten	Anteil [Vol%]
Ziegel	2 – 60
Mörtel	2 – 50
Schlacke	2 – 30
Asche	2 – 50
Glas	2 – 10
Teer	5 – 10
Holzkohle	bis 5
Beton	5 – 10
Ruß	bis 2

Abb. 3: Skelettgehalte und technogene Komponenten von Trümmerschutt (Mekiffer, 2008)

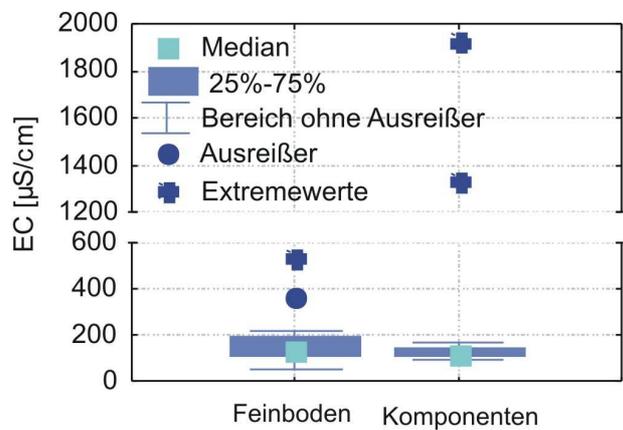
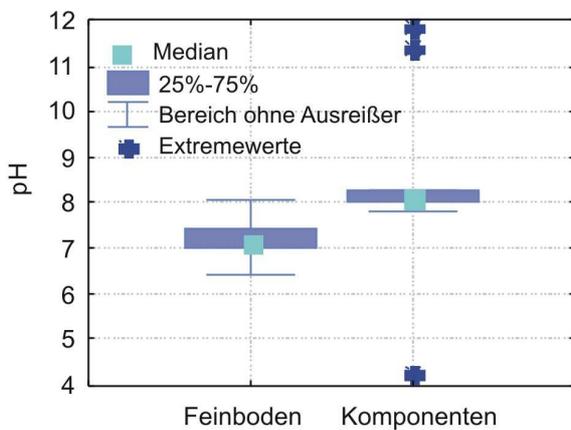


Abb. 4: pH-Werte und elektr. Leitfähigkeit von Feinboden und Trümmerschutt (Mekiffer, 2008)

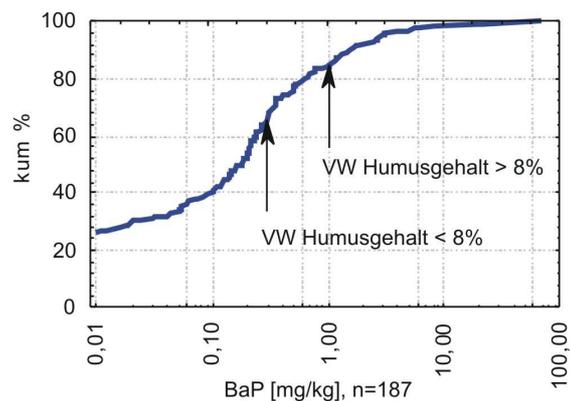
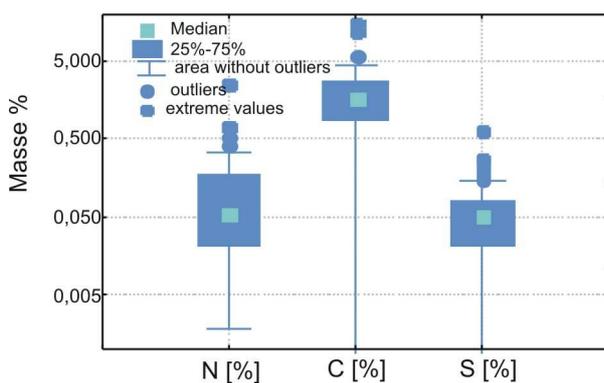


Abb. 5: Verteilung von N, C, und S (links) sowie BaP-Gehalte (Mekiffer, 2008)

Die technogenen Komponenten, die im Trümmerschutt dominieren, sind i.d.R. stark schwefelhaltig. Die Gesamtschwefelgehalte liegen im Mittel mit 720 mg/kg TS um das Dreifache über dem natürlicher Böden (Abb. 5). Dabei zeigt sich, dass neben Putz, der häufig Gips enthält, auch Mörtel und Ziegel hohe Schwefel-Gehalte aufweisen können. Weitere S-Lieferanten sind Aschen (in Zwischendecken von Gebäuden als Isoliermaterial eingebaut), Kohle sowie Schlacken. Der überwiegende Anteil des Schwefels ist anorganisch und oxidisch gebunden; organische und sulfidische Schwefelverbindungen sind im Trümmerschutt in eher von unter-geordneter Bedeutung.

Während der mikrobielle Stoffumsatz im Oberboden vergleichbar ist mit dem von extensiv bewirtschafteten Grassland, wurde anhand von Respirationmessungen in den mit Trümmerschutt angereicherten Horizonten eine Inhibierung mikrobiologischer Prozesse festgestellt.

Da in Trümmerschuttböden alkalische Bedingungen vorherrschen, ist nicht mit Sulfatadsorption in größerem Ausmaß zu rechnen.

Schwermetalle sind im Trümmerschutt teilweise in sehr hohen Mengen enthalten (Tabelle 1); die Spannweiten von Pb, Cu und Zn reichen über mehrere Zehnerpotenzen. Die Vorsorgewerte lt. BBodSchG (1999) für die Bodenart Sand werden für diese drei Schwermetalle z.T. erheblich überschritten.

Die Gesamtgehalte an Magnesium, Kalium, Natrium und Phosphor sind in den technogenen Komponenten in weit höheren Mengen als in den sandigen Oberböden Berlins vorhanden (Tabelle 2); ihre Verfügbarkeit für Pflanzen ist jedoch aufgrund der hohen pH-Werte, der festen Bindung im Gestein sowie geringen Wasserlöslichkeit und Zugänglichkeit häufig nur eingeschränkt.

Tabelle 1: pH-Wert, SM- Gesamtgehalte und BaP in Trümmerschutt (Mekiffer, 2008)

	pH	Blei	Cd	Cu	Zn	BaP
Mittelwert [mg/kg]	7,96	366	0,7	261	479	1,1
25%Perzentil [mg/kg]	7,42	44,3	< NW G	10,8	65,2	0,00 5
75%Perzentil [mg/kg]	8,3	330	0,63	68	590	0,5
90%Perzentil [mg/kg]	8,9	100 0	1,3	138	129 7	1,5
Maximalwert [mg/kg]	11,4	717 0	17,2	250 0	410 0	69
VW-Werte für Sand mit Humus < 8%	-	40	0,4	20	60	0,3
Maßnahmewerte (Park)		100 0	50	k.A.	k.A.	k.A.

Tabelle 2: Nährelementgehalte technogener Komponenten in Trümmerschuttböden (RFA-Analyse)

Nährelemente	Gehalte [%]
MgO	0,3 – 3,4
K ₂ O	0,6 – 2,7
Na ₂ O	0,08 – 0,7
P ₂ O ₅	0,03 – 0,14

Mechanismen der Sulfatfreisetzung

Die rezenten anthropogenen Sulfateinträge über den Boden sowie über Zuflüsse der Spree in das Grundwasserregime sind hoch und vielfältiger Natur (Hausbrand, Immissionen, saurer Regen, Abwasser, Pyritauslaugung aus der Lausitz). In Brandenburg gelten Sulfatkonzentrationen im Grundwasser bis etwa 150 mg/l als Hintergrundgehalte (Schleyer & Kerndorff, 1992). Kunkel et al. 2003 geben Gehalte bis zu 200 mg/l an und Kabelitz (1990) beschreibt sogar Spitzenkonzentrationen bis zu 1200 mg/l in den jungpleistozänen Grundwasserleitern Berlins. Sickerwasseranalysen unter einem versauerten Kiefernbestand im Grunewald von Renger et al. 1989 ergaben für den Zeitraum 1986 bis 1989 hingegen nur Sulfatwerte von bis 100 mg/l. An anderen Stellen Berlins wurden in jüngerer Vergangenheit unter Waldstandorten bereits Gehalte im Grundwasser bis in die Größenordnung des aus der TrinkwV abgeleiteten Schwellenwertes als typisch gefunden (240 mg/l).

Neben der Sulfatfracht über die Spree, die aus der Pyritoxidation von Tagebausedimenten rührt, wird angenommen, dass eine weitere wichtige Ursache für die deutlich erhöhten Sulfatkonzentrationen im Berliner Grundwasser der großflächig über die Stadt verteilte Bau- und Trümmerschutt des 2. Weltkrieges (SenStadtUm, 1993) darstellt. Der Einfluss häuslicher Abwässer wird dagegen als vernachlässigbar gering eingestuft (Wurl 1995). Charakteristisch für die meist gipshaltigen Komponenten des Trümmerschutts ist, dass sie mehr oder weniger diffus über das gesamte Stadtgebiet verteilt sind. Aus diesem Grund können die Bauschuttdeponien Berlins an der Nahtstelle zwischen diffuser und punktueller Eintragsquelle eingeordnet werden. In jüngerer Vergangenheit wurden aber auch sehr viele kleine natürliche und auch künstliche Senken dazu verwendet, den in großen Mengen anfallenden Bauschutt abzulagern.

Siebert (1956) kam in den 50iger Jahren noch zu dem Ergebnis, dass die riesigen, ab 1949/50 angefahrenen Trümmerschuttmassen im Bereich des Teufelsberges im Grunewald keinen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit hatten. Eine direkt im westlichen Abstrom des Teufelsberges gelegene Grundwassermessstelle wies damals einen Sulfatgehalt im Bereich von lediglich 50 mg/l auf. Im Rahmen des hydrogeologischen Strukturmodells für das Wasserwerk Tiefwerder (GCI & AKS, 1998) hingegen wird bereits darauf verwiesen, dass an der gleichen Messstelle im Jahr 1998 der Sulfatgehalt auf über 400 mg/l angestiegen war.

Nach Monitoringuntersuchungen des Senats finden sich Sulfatgehalte im Grundwasser unterhalb von 100 mg/l im Stadtgebiet nur mit Ausnahme kleiner bewaldeter Areale im Nordwesten, im Südosten Berlins dagegen nicht mehr. Auch südlich und westlich der Stadt liegen die Sulfatwerte in Brandenburg zumeist oberhalb von 100 mg/l (SenStadtUm (1993)). Innerhalb des gesamten Innenstadtbereiches liegen die Sulfatwerte inzwischen oberhalb von 180 mg/l; kleinräumige Ausnahmen finden sich hier nur entlang der innerstädtischen Spree (z. B. mit einem mittleren Sulfatwert von 114 mg/l). Räumliche Bezüge zu Bauschuttdeponien sind an vielen Stellen erkennbar (Wilhelmsruh, Spandau, Teufelsberg). Die höchsten Sulfatgehalte (> 360 mg/l) finden sich flächenhaft in den dicht bebauten Innenstadtbereichen; betroffen ist z. B. ein ca. 30 km² großes Gebiet beiderseits des Unterlaufes der Panke nach Osten bis hin nach Friedrichshain. Die Sulfatgehalte reichen hier punktuell bis oberhalb von 800 mg/l; Abb. 6 zeigt die Belastung der oberflächennahen Grundwasserleiter Berlins im Vergleich zu anderen Bundesländern.

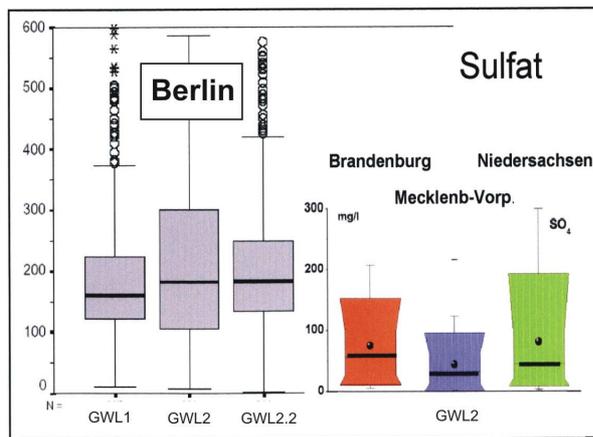


Abb. 6: Belastung der oberflächennahen Grundwasserleiter Berlins im Vergleich zu anderen Bundesländern, erweitert nach Hannapel et al. 2007

Unter der Annahme, dass der gesamte Schwefelvorrat im Trümmerschutt vorwiegend als Gips vorliegt und ideale Lösungsbedingungen vorherrschen, kann von diesem Schwefel-Pool in den vergangenen 60 Jahren lediglich 25% gelöst und in das Grundwasser abtransportiert worden sein. Vor diesem Hintergrund entwickelt sich für einige Wassereinzugsgebiete Berlins mittelfristig ein bisher nicht kalkulierbares Risiko für die Grundwasserqualität.

Im Teufelsberg (25 Mio. m³) errechnet sich ein Vorrat von mindestens 26.000 t leicht wasserlöslichen Sulfats; was ungefähr einer Menge reinen Schwefels von 9000 t entspricht, d.h. es muss davon ausgegangen werden, dass in den nächsten Jahrzehnten weiterhin Sulfat aus dem Trümmerschutt mobilisiert und ins Grundwasser verlagert wird.

Durch Batchversuche im Rahmen eines DFG-Projektes konnte gezeigt werden, dass bis zu 750 mg/kg Sulfat gelöst werden können. Die tatsächliche Höhe und die Kinetik der Sulfat- auswaschung wurde dagegen durch Perkolationsversuche charakterisiert. Dafür wurden Säulen mit Feinerde und unterschiedlichen technogenen Komponenten in wechselnden Mengenanteilen eingesetzt. Die Perkolationsversuche zeigen, dass in Abhängigkeit von der Art der technogenen Komponente die Kinetik und Höhe der Sulfatfreisetzung sehr stark variieren kann. Dies wird beispielhaft an der Gegenüberstellung der Sulfatfreisetzung aus Schlacke- bzw. mit Gips angereicherter

Feinerde deutlich (Abb. 7). Der mit Gips angereicherte Feinboden setzt konstant Sulfat nahe der Löslichkeitsgrenze von Gips frei, während der mit Schlacke angereicherte Boden trotz eines hohen S-Gehaltes von ca. 7.000 mg/kg TS nur zu Beginn der Perkolation Sulfat freisetzt, der sehr schnell und kontinuierlich bis zum Versuchende abnimmt.

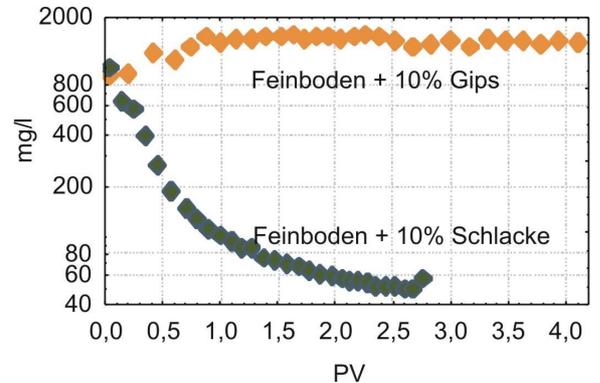


Abb. 7: Sulfatfreisetzung aus verschiedenen Trümmerschuttmischungen

Zusammenfassung und Fazit

In Berlin wurde Trümmerschutt nach dem 2. Weltkrieg in großen Mengen flächenhaft, teilweise aber auch punktuell aufgetragen; seitdem ist er Bestandteil der Boden bildenden Prozesse. Trümmerschutt ist gekennzeichnet durch (i) einen hohen Skelettanteil mit vielfältigen technogenen Beimengungen wie Schlacke, Putz/ Mörtel und Ziegel, (ii) hohe pH-Werte durch trümmerschuttbürtige Karbonate, (iii) hohe Schwermetallgehalte und hohe S-Gehalte. Der Schwefel stammt aus den technogenen Komponenten und ist überwiegend anorganisch oxidisch gebunden. Die Schwefelkonzentration im Trümmerschutt liegt im Durchschnitt dreifach über dem natürlicher Böden. Die Kinetik und Höhe der Sulfatfreisetzung aus Trümmerschutt wird stark durch die Art der technogenen Komponente beeinflusst. Es muss davon ausgegangen werden, dass Trümmerschutt in erheblichem Maße zu einer langfristigen Sulfatbelastung des oberflächennahen Grundwassers beiträgt.

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei Herrn Dr. Albrecht Bauriegel vom LBGR für seine wertvolle Hilfe bei der Geländeaufnahme und Diskussion der Befunde.

Literatur

- Arndt, M. (1947): „Wiederaufbau und Bauwirtschaft. Wiederaufbau zerstörter Städte, Heft V. Frankfurt/M: H. Cobet.
- BBodSchG (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastverordnung. Bundesministerium für Justiz.
- Blaum, Kurt (1946): Wiederaufbau zerstörter Städte: Trümmerbeseitigung, Trümmerverwertung in Frankfurt am Main, H. Cobet, 35 S..
- GCI & AKS (1998): Hydrogeologisches Strukturmodell für das Wasserwerk Tiefwerder. - Gutachten im Auftrag der Berliner Wasserbetriebe und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Königs Wusterhausen & Frankfurt/O. (unveröff. Bericht).
- Hannappel, S., Hermsdorf, A., Pohl, S., Rietz, C., & R. Koseck (2007): Aufbau von Sondermessnetzen zur geogenen Grundwasserversalzung in Brandenburg. Brandenburger Geo. Beitr. 14, 1-10.
- Kabelitz, T. (1990): Hydrogeologische Untersuchungen in Berlin-Wilmersdorf (Hydrochemie, Hydraulik, Druck- und Fließverhältnisse).- Dipl.-Arbeit FU Berlin, 123 S. (unveröff.).
- Kunkel, R., Hannappel, S., Voigt, H.-J. & F. Wendland (2003): Die natürliche Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. - Bericht an die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms "Wasser und Boden" der LAWA (unveröff.).
- Mekiffer, B. (2008): „Eigenschaften urbaner Böden Berlins – statistische Auswertung von Gutachtendaten und Fallbeispiele“. Dissertation, TU-Berlin, FG Standortkunde und Bodenschutz.
- Renger, M. et al. (1989): Wasser-, Nähr- und Schadstoffdynamik immissionsbelasteter Waldböden. - In: Abschlussbericht "Ballungsraumnahe Waldökosysteme" im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz und des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Schleyer, R. & H. Kerndorff (1992): Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- SenStadtUm (1993): Qualität des oberflächen-nahen Grundwassers Karte 02.04 des Umweltatlas Berlin, Hrsg.: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin.
- Siebert (1956): Geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Bereich des Wasserwerkes Grunewald.- Berliner Wasserwerke (unveröff. Bericht).
- Wurl, J. (1995): Die geologischen, hydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse in den südwestlichen Stadtbezirken von Berlin. - Berliner Geowiss. Abh. 172: 164S.; Berlin.

Böden und Substrate für die intensive gärtnerische Produktion

R. SCHMIDT

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.
Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren
Tel.: +49 (0)33701 78411
Mail: schmidt@igzev.de

Einleitung/ Ziel der Exkursion

Auf den „Moorversuchsfeldern Großbeeren“ begannen 1925 die wissenschaftlichen Arbeiten zur Nutzung von Niedermooren für den Gartenbau. Aus wirtschaftlicher Sicht wurden diese Untersuchungen nach kurzer Zeit eingestellt. Es entwickelte sich jedoch aus diesen Anfängen eine der größten Forschungsanstalten zum Gartenbau in Deutschland.

Eine Grundlage der heutigen Arbeiten sind Dauerversuche, welche die Wirkung unterschiedlicher Düngestrategien sowohl auf ausgewählte Pflanzenmerkmale als auch auf Böden unterschiedlicher Herkunft sowie Behandlung untersuchen. Der Blick unter die Bodenoberfläche gelingt mittels eines digitalen soil mapping systems - dem „Geophilus elektricus“. Geophysikalische Messmethoden erlauben indirekt, Informationen für teilflächenspezifische Bedingungen zu liefern, um eine effiziente Landbewirtschaftung zu ermöglichen.

Gärtnerische Substrate sind eine wesentliche Voraussetzung für die Produktion im Gartenbau. Da sie nach wie vor hauptsächlich aus Torf bestehen, wird aus ökologischer Sicht nach Alternativen gesucht. Im geschützten Anbau werden deshalb verstärkt hydroponische Systeme genutzt, die mit minimiertem Substratbedarf auskommen. Ziel der Exkursion ist, den Teilnehmern einen Eindruck von der Vielgestaltigkeit der Fragestellungen bei der Nutzung von Böden und Substraten im gärtnerischen Pflanzenbau zu vermitteln.

Exkursionsraum und –route

Die Exkursion findet unmittelbar auf dem Gelände des Institutes statt. Der Ort Großbeeren liegt südlich von Berlin, etwa 7 km von der Stadtgrenze entfernt, an der Bundesstrasse 101.

Klima und Geologie/Geomorphologie

Der Standort Großbeeren befindet sich unter dem Einfluss eines „kontinentalen Keils“ (relativ hohe Sommertemperaturen) und der Lage im „Regenschatten“ von Berlin (relativ niedrige Niederschlagsmengen im Vegetationszeitraum). Im Jahr werden durchschnittlich 1710 Sonnenscheinstunden gemessen. Im Jahresdurchschnitt fallen etwa 535 mm Niederschlag. Das Gebiet gehört zum nördlichen Teil der „Mittelbrandenburgischen Platten und Niederungen“. Es ist geprägt von den Talsanden des Berliner Urstromtales (Gleyic cambisol nach FAO).

Dauerversuche

Kastenparzellenversuch (Beginn 1973)

Langfristige Wirkung differenzierter organischer und mineralischer N-Düngung auf das Ertrags- und Nährstoffaufnahmepotential von Gemüsepflanzen sowie auf die Effizienz des eingesetzten N und C bei drei Böden.

Statischer Dauerversuch „Organische und mineralische Düngung“ (Beginn 1989)

Langfristige Wirkung der Kombinationen von Stallmist- und mineralischer N-Düngung auf

das Ertrags- und Nährstoffaufnahmepotential von Gemüsepflanzen sowie auf die Effizienz des eingesetzten N und C auf Sandboden.

„Prüfung des langfristigen Einflusses der Zufuhr von Gesteinsmehl auf die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von marginalem Sandboden.“ (Beginn 2007)

Geophysikalische Meßmethoden

Im Allgemeinen ist der Blick bei der Betrachtung des Bodens auf die Bodenoberfläche beschränkt. Um jedoch Nutzpflanzen effizient mit Nährstoffen und Wasser versorgen zu können, sind Informationen über verschiedene Bodenmerkmale für den gesamten durchwurzelten Bodenraum erforderlich, der sich bei verschiedenen Nutzpflanzenarten bis in zwei Meter Tiefe und mehr erstrecken kann. Bereits vor 75 Jahren wurden im Rahmen der so genannten Reichsbodenschätzung (Gesetz über Schätzung des Kulturbodens von 1934) grundlegende räumliche Informationen für verschiedene Bodenmerkmale erhoben. In diesem Zuge wurde eine flächendeckende Bewertung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen in Deutschland durchgeführt – Raster der Bodenprobenentnahme 50 x 50 Meter, bis ein Meter Tiefe.

Aus heutiger Sicht wird eine standortgerechte Landbewirtschaftung immer mehr damit verbunden, die flächenhafte Variabilität von Bodenmerkmalen auch innerhalb des einzelnen Feldes (z.B. Bemessung der Düngung und der Bewässerung, Bearbeitungstiefe, Aussaatmenge und -tiefe) zu berücksichtigen. Dazu sind jedoch hoch aufgelöste Bodeninformationen erforderlich, die nicht wie bisher ausschließlich auf der Basis mittels Bohrstock gewonnener Bodenproben basieren können. Als innovative Erkundungsmethoden, die sich durch eine hohe Flächenleistung in Verbindung mit vergleichsweise geringen Kosten auszeichnen, bieten sich geophysikalische Messprinzipien an. Mit dem „Geophilus electricus“ – einer gemeinsamen Entwicklung von IGZ und dem Institut für Geo-

wissenschaften der Universität Potsdam – steht nun ein leistungsfähiges Messsystem zur Verfügung, bei dem rollende Elektroden eine kontinuierliche Messung während der Fahrt ermöglichen.

Gärtnerische Substrate

Im Gartenbau werden für die verschiedensten Verwendungszwecke (Jungpflanzenanzucht, Topf- oder Containerkultur u.v.m.) erhebliche Mengen an speziellen Substraten benötigt. Auch in der gärtnerischen Produktion im Gewächshaus finden Substrate Anwendung, ebenso in einigen europäischen Ländern im biologischen Anbau.

Nach wie vor ist Torf Hauptbestandteil bei vielen Substraten (7,3 Mio m³ jährlich). Aus ökologischer Sicht wird nach gleichwertigem Ersatz gesucht. Alternativen sind organische Materialien (Komposte, Rindenumus, Kokosfasern oder Reisspelzen). Es werden auch inerte Substrate eingesetzt (Steinwolle, Tongranulate, vulkanische Gesteine, Vliese u.a.)

Die Exkursion gibt einen Überblick über Probleme der Bodennutzung im Feldgemüsebau (hohe Intensität) und über verschiedene Aspekte der Substratnutzung im gärtnerischen Unterglasanbau.

Dachbegrünung am Potsdamer Platz und die Auswirkungen auf ein „Urbanes Gewässer“

M. SCHMIDT & G. HAUBER

TU Berlin, Sekr. A 59, Section Building Technology and Design, Working Group „Watergy“
Mail: marco.schmidt@tu-berlin.de

Zusammenfassung

In der Planungsphase für das DaimlerChrysler Areal am Potsdamer Platz in Berlin, gab es hohe Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Gesamtprojektes. Im Bereich der Regenwasserbilanz bedeutete dies den Gesamtabfluss so zu reduzieren, dass er nach der Bebauung in etwa dem des unbebauten Grundstückes entspricht. Diese ehrgeizige Vorgabe wurde durch die Kombination von verschiedenen Maßnahmen erreicht:

- Extensive und intensive Dachbegrünung
- Regenwassernutzung zur Toilettenspülung und Bewässerung
- Integration eines „Urbanen Gewässers“

Die Dachbegrünung ist hier zentraler Bestandteil eines Gesamtsystems und musste deshalb vielen Anforderungen genügen, die über jene eines normalen Gründaches hinausgehen.

Wichtige Schlagworte hier sind: Abschätzung des Begrünungserfolges bei vollständigem Verzicht auf Düngung, Regenwasserrückhalt bei Starkregenereignissen und reduzierter Nährstoffaustrag. 1997 wurde deshalb eine Versuchsanlage entwickelt, die sich mit verschiedenen Substraten im Hinblick auf deren Fähigkeit, Niederschlagswasser zurückzuhalten und zum anderen, möglichst wenig Nährstoffe an das Ablaufwasser abzugeben. Die Ergebnisse dieses Versuchsaufbaus sind in den Bau des Gründaches eingeflossen. Im Zusammenhang mit vielen anderen Projekten werden aktuelle Ergebnisse der Forschung zum Abflussverhalten dargestellt. Neben den quantitativen Untersuchungen spielten am

Potsdamer Platz aber auch qualitative Faktoren eine Rolle. Vor allem Stickstoffverbindungen und Phosphate als die wichtigsten Parameter einer hohen Beeinflussung der Wasserqualität im „Urbanen Gewässer“ wurden untersucht. Nachdem nun das System über 7 Jahre in Betrieb ist, kann aufgrund langjähriger limnologischer Untersuchungen am „Urbanen Gewässer“ ein Rückschluss über die Auswirkungen des Gründaches auf das Gewässer gezogen werden.

Einführung

Das 1998 fertig gestellte Urbane Gewässer am Potsdamer Platz war von Anfang mehr als nur ein großzügiges und architektonisch reizvolles Wasserbecken. Der Anspruch vom Auftraggeber, der heutigen DaimlerChrysler AG, war es, ein nachhaltiges, aber auch kosteneffektives Projekt zu entwickeln. Die Idee des Wasserbeckens wurde 1992 von Renzo Piano eingebracht, der einen privaten Investorenwettbewerb für das DaimlerChrysler Areal für sich entscheiden konnte und als zentrales Freiraumelement das so genannte Urbane Gewässer enthielt. Zur technischen und gestalterischen Umsetzung dieses künstlichen, innerurbanen Gewässers wurden 1994 wir vom Atelier Dreiseitl beauftragt.

Sehr bald lagen auch die Anforderungen der Stadt an das Projekt im Hinblick auf das Regenwassermanagement auf dem Tisch und es war deutlich, dass diese sehr ehrgeizig waren. Der Abfluss aus dem Gebiet nach der Bebauung sollte dem Abfluss einer natürlich bewachsenen Fläche entsprechen, also etwa 3,2 l/sek/ha (Atelier Dreiseitl 1996).



Foto 1: Dachbegrünung am Potsdamer Platz, DCI



Foto 2: Urbanes Gewässer am Potsdamer Platz in Berlin

Dies konnte nur mit einem Paket an vielseitigen Maßnahmen erreicht werden (s. Abb. 1). Zum einen wurde von Anfang an die Regenwassernutzung in die Rechnung mit einbezogen. Teilweise als Betriebswasser für die Toilettenspülung und teilweise zur Bewässerung der Gärten. Darüber hinaus kann zum zweiten die gesamte Oberfläche des Gewässers bis zu max. 30 cm eingestaut werden. 15 cm davon sind ständig vorgehaltenes Retentionsvolumen von etwa 1.500 m³ für Starkregenereignisse. Wichtigster Bestandteil

des Regenwasserkonzeptes ist jedoch zum dritten die Begrünung großer Teile der etwa 40.000 m² Dachflächen. Allein dadurch konnte der Regenwasserabfluss erheblich reduziert werden.



Abb. 1: Schema Regenwassermanagement am Potsdamer Platz

Für das Regenwassermanagement unverzichtbar mussten allerdings bei der Realisierung die Auswirkungen auf das Urbane Gewässer im Auge behalten werden. Um eine hohe Wasserqualität ohne den Einsatz von chemischen Hilfsmitteln gewährleisten zu können, wurde von uns in Zusammenarbeit mit verschiedensten Spezialisten ein ausgeklügeltes Reinigungskonzept erarbeitet. Im wesentlichen basiert es auf einer Kombination von natürlichen Reinigungsprozessen im Reinigungsbiotop und technischen Filtern, hier vor allem das Mikrosieb, welches Schwebstoffe bis zu einer Größe von 15 Mikrometer herausfiltern kann. Grundvoraussetzung dieser Filterprozesse ist eine permanente Umwälzung, jedenfalls in den wachstumsaktiven Monaten. Das System ist so ausgelegt, dass im Extremfall das gesamte Wasservolumen innerhalb von 24 h umgewälzt werden könnte. Dieses sensible Reinigungskonzept ist natürlich entscheidend davon abhängig, was in das Gewässer an Nährstoffen eingetragen wird. In urbanen Gebieten ist das Regenwasser mit Nährstoffen in einem nicht unerheblichen Anteil belastet. Ein weiterer Eintrag von Nährstoffen erfolgt durch die Staubdeposition. Diese Trockendeposition wird ebenfalls über den Pfad Regenwasser eingetragen.

Durch die Dachbegrünung wurde die Zielsetzung verfolgt, die eingetragenen Nährstoffe im Dachsubstrat zu speichern und über die Begrünung dauerhaft den Nährstoffaustrag zu minimieren. Gleichzeitig war aber auch Zielsetzung, den Pflanzen genügend Wachstumsbasis zu bieten, um eine dauerhafte Begrünung zu gewährleisten. Dies war die Ausgangssituation für die vorbereitenden Untersuchungen, welche von der TU Berlin durchgeführt wurden (vgl. Schmidt, Teschner 2000).

3. Voruntersuchungen zur Dachbegrünung

Ende der 80er Jahre durchgeführte Untersuchungen von Köhler und Schmidt zeigten, welches Potential beim Nährstoffrückhalt durch Dachbegrünungen besteht. Dies ist insbesondere für Gebiete mit Trennkanalesation interessant, die direkt in die Oberflächengewässer entwässern. Voraussetzung für den Nährstoffrückhalt ist in jedem Fall der vollständige Verzicht auf Düngergaben und die Verwendung humusarmer mineralischer Substrate. Auch Recyclingmaterialien schließen sich zumeist aus. Abbildung 2 zeigt die Bilanz des Nährstoff- und Schwermetallrückhalts in Prozent vom Eintrag, gemessen an Versuchspartellen der TU Berlin in Charlottenburg (Versuch Englische Straße).

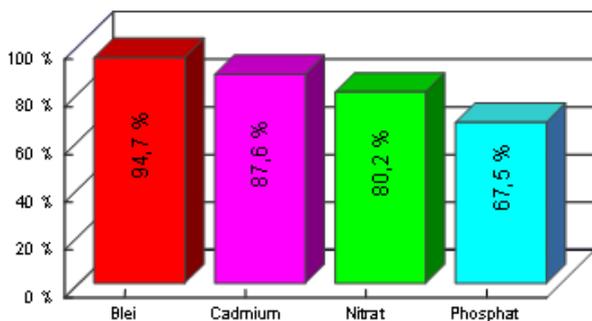


Abb. 2: Stoffrückhalt extensiv begrünter Dächer (Rückhalt in Prozent vom Eintrag im dreijährigen Mittel nach der Begrünungsmaßnahme)

Als Substrat wurde ein anlehmiger Sand verwendet. Der dargestellte Stoffrückhalt ist Ergebnis von jeweils 36 monatlichen Analysen

im dreijährigen Mittel nach dem Versuchsaufbau. Abbildung 3 stellt die Zunahme des Phosphatrückhalts mit Eta-blierung der Vegetation dar. Der Austrag orientiert sich zum einen an der erfolgreichen Etablierung der Vegetation, zum anderen am Depot, das mit dem Substrat auf das Dach gebracht wird. Je nach Herkunft des Substrats und Anteil an organischem Material kann insbesondere in der Anfangsphase ein erhöhter Stoffaustrag zu beobachten sein (vgl. Köhler, Schmidt 1999).

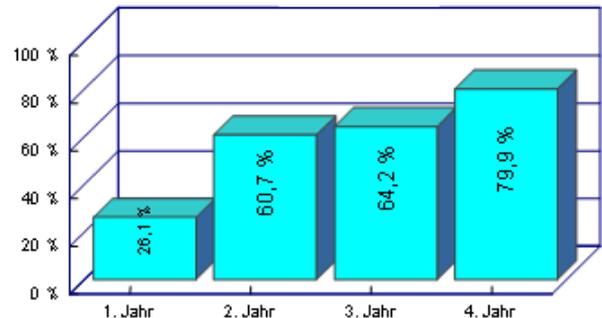


Abb. 3: Entwicklung des Phosphatrückhalts nach der Begrünungsmaßnahme (Rückhalt in Prozent vom Eintrag)

In Orientierung an den damaligen Untersuchungen wurden für das Projekt am Potsdamer Platz drei erfolgversprechende Dachbegrünungssubstrate auf ihre Fähigkeit zum Stoffrückhalt untersucht. Zuvor wurde im Labor eine erste Auswahl über ein Screening mit vereinfachten Methoden über eine Vielzahl an auf dem Markt befindlichen Substraten als Entscheidungshilfe durchgeführt. Beispielsweise wurden Substrate mit einer definierten Menge an destilliertem Wasser beaufschlagt und die Leitfähigkeit des Percolats bestimmt.

In Absprache mit dem Landschaftsarchitekten Daniel Roehr wurde nach den ersten Ergebnissen ein lavabasiertes Substrat (Zeoflor 4/8), ein Blähschiefer (Ulopor 1/11) und ein Sand/ Lava/ Bimsgemisch (Terramineral „Z“) in die engere Wahl gezogen. Die Substrate wurden auf bereits seit Anfang der 80er Jahre bestehenden Versuchspartellen auf dem Institutsgelände der TU Berlin mit jeweils 2 m² Größe aufgebracht. Im Folgenden wurde das Niederschlags-/ Ablaufverhalten und der Stoffrückhalt im Percolat im Vergleich mit einem

unbegrüntes Dach und älteren Dachparzellen untersucht.



Foto 3: Aufbringung der Substrate auf Versuchspartellen der TU Berlin, Fertigstellungspflege mit Regenwasser aus einer benachbarten Versuchsanlage

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ergab im Vergleich zur Leitfähigkeit des im Untersuchungszeitraum gefallenden Niederschlags, dass alle Abläufe einen Anstieg aufzeigten, dass also Stoffe, primär Salze, aus allen Substraten ausgetragen werden (Abb. 4). Die Leitfähigkeitswerte liegen bei Zeoflor und Ulopor zwischen 200 und 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und bei Terramineral „Z“ bei 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Im Verlauf des Untersuchungszeitraums zeigt sich eine erwartete Reduzierung der Leitfähigkeitswerte im Ablauf (Abb. 5).

	Terramineral Z		Zeoflor		Ulopor	
Korngröße [Gew. %]	Muster	Dachprobe	Muster (4/8)	Muster (1/11)	Dachprobe (3/11)	
>6,3 mm	21,39	28,37	31,34	34,98	35,13	
> 4mm	33,08	29,23	51,18	35,45	30,68	
>2 mm	11,89	15,18	17,17	25,95	33,94	
>0,63 mm	22,49	22,97	0,12	3,31	0,21	
<0,63 mm	11,15	4,25	0,19	0,31	0,04	
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
FK [Vol. %]	33,8		25,6	22,3		
Dichte [t/m^3]	0,93		0,94	0,68		

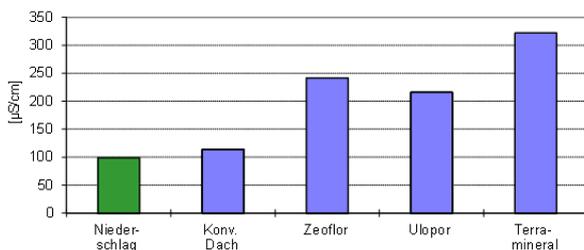


Abb. 4: Leitfähigkeit (Mittel) des Ablaufs der Untersuchungsvarianten

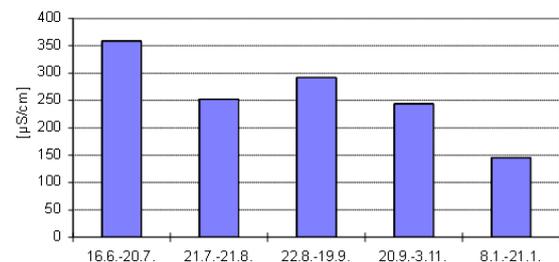


Abb. 5: Verlauf der Leitfähigkeit des Ablaufs im Mittel der 3 Varianten

Auch beim pH-Wert ergab sich eine erwartete deutliche Veränderung gegenüber dem Eintrag (s. Abb. 6). Niederschlagswasser gehört wegen seiner geringen Gesamthärte und geringem pH-

Wert zu den sehr weichen, wenig gepufferten (aggressiven) Wässern. Der pH-Wert des Niederschlags liegt durchweg im leicht sauren Bereich. Die Abläufe des versiegelten Daches

weisen darüber hinaus noch deutlich niedrigere pH-Werte von teilweise bis zu pH 3,2 auf. Im Hinblick auf das Puffervermögen (insbesondere bei länger anhaltenden Niederschlägen) zeigen sich Zeoflor und Terramineral „Z“ geeigneter als Ulopor. Bei länger anhaltenden Niederschlagsereignissen ist bei allen Abläufen aufgrund der sinkenden Verweilzeiten eine Abnahme der pH-Werte festzustellen.

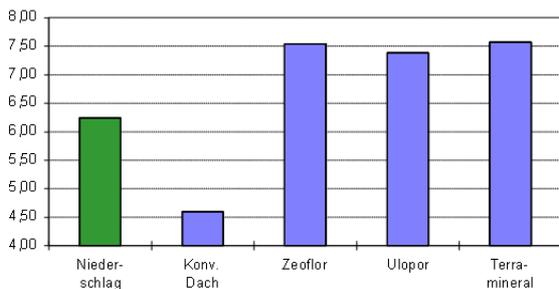


Abb. 6: pH-Wert (Mittel) des Ablaufs der Substratvarianten vom 7.8.97-21.1.98

Die Trübung des Ablaufwassers erlaubt Rückschlüsse auf den Grad der jeweiligen Auswaschungen. Sie wurde als Extinktion an einem Photometer der Firma Perkin Elmer für die Wellenlängen 245, 420 und 530 nm bestimmt. Durch eine besonders geringe Trübung zeichnet sich der Blähschiefer aus (Abb. 7). Insbesondere zu Beginn der Untersuchung wurde der Unterschied in Färbung und Trübung im Gegensatz zu den anderen beiden Substraten sichtbar. Die Trübung bei Terramineral ist aufgrund des Bimsanteils im Substrat vergleichsweise sehr hoch. Die Trübung wird für die nachfolgenden Nutzungen Toilettenspülung und urbanes Gewässer als nachteilig gesehen. Die stärkste Trübung ist jedoch am Ablauf vom ebenfalls gerade erst errichteten Bitumendach zu verzeichnen. Dies ist interessant, da weitläufig Dachbegrünungen infolge der Trübung des Dachablaufs als Problem für Regenwassernutzungen gesehen werden, Bitumendächer aber zu Beginn eine sogar stärkere Trübung zeigen können.

Die Trübung der Dachabläufe nimmt nach der Begrünungsmaßnahme bereits innerhalb der ersten 6 Monate stark ab (Abb. 8). Bei der Verwendung eines hohen organischen Anteils

in den Substraten kann dieser Prozess allerdings so lange dauern, bis die Organik zu einem Anteil von 2-3 Gew-% mineralisiert wurde. Dies entspricht auch dem Prozess auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und ist als natürlicher Verlauf zu charakterisieren. Bei der Auswahl der Substrate wurde in diesem Projekt daher konsequenterweise vollständig auf einen organischen Anteil verzichtet.

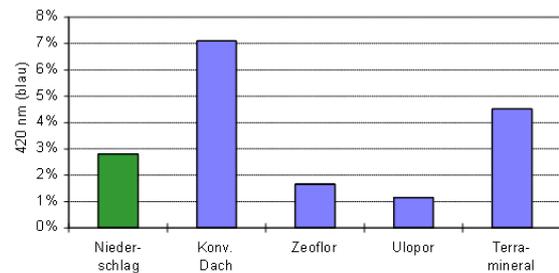


Abb. 7: Trübung des Ablaufs der Untersuchungsvarianten vom 7.8.97-21.1.98

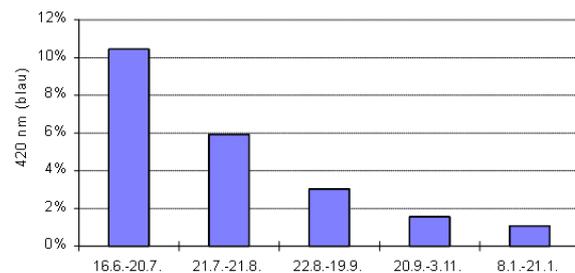


Abb. 8: Verlauf der Trübung des Ablaufs aller Substratvarianten vom 7.8.97- 21.1.98

Der Eintrag von Stickstoffverbindungen insbesondere in die in diesem Projekt zu betrachtenden urbanen Gebiete erfolgt über zwei Wege, über die Trockendeposition von Stäuben sowie über die im Niederschlag gelösten Verbindungen. Nitrat und Ammonium machen ca. 1/6 des Feinstaubs in Berlin aus (SenStadt 1995), die vor allem aus den Verbrennungsmotoren der Kraftfahrzeuge und aus Feuerungsanlagen stammen. Ammonium wird in der Atmosphäre aus Ammoniak gebildet, der aus den in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemitteln und der Tierhaltung stammt.

Der Eintrag von Nitrat im Niederschlag auf den Versuchspartellen lag mit 1,98 mg/m² pro Tag deutlich unter den Werten von 7,4 mg/m² für Innenstadtbereiche wie dem Potsdamer Platz (10). Auch der Ammoniumeintrag von

1,19 mg/m²d im Untersuchungszeitraum liegt unter den vom TÜV ermittelten 2,4 mg/m²d.

Die Abbildungen zum Stickstoffaustrag (Abb. 9 und 10) beziehen sich auf die Summe an elementarem Stickstoff (N) aus NO₃-N und NH₄-N. Da Ammonium auf den Flächen im Zuge der Nitrifikation in Nitrat umgewandelt wird, ist eine zusammenfassende Darstellung beider Stickstoffverbindungen angemessen.

In der Stickstoffbilanz zeigen Zeoflor und Ulopor einen guten Rückhalt. Terramineral weist eine ebenfalls gute Bindung von Nährstoffen auf, jedoch in einem deutlich geringeren Umfang. Dies ist auf einen Nährstoffanteil des im Substrat vorhandenen Bims zurückzuführen, der auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen gewonnen wurde.

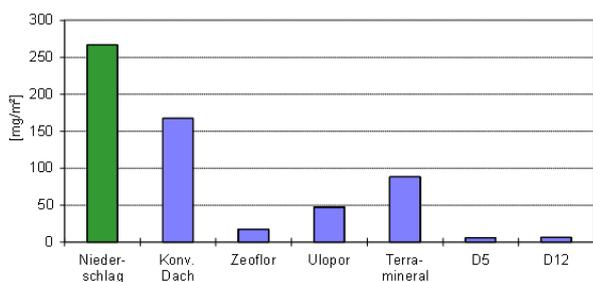


Abb. 9: Ein- und Austrag von Stickstoffverbindungen(N) vom 7.8.-3.11.97 sowie 8.1.-21.1.98 (Summe NO₃-N und NH₄-N)

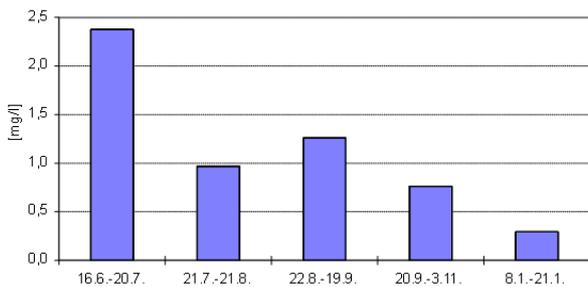


Abb. 10: Verlauf des Nährstoffaustrags im Mittel der 3 Untersuchungsvarianten (SummeNO₃-N und NH₄-N)

Phosphat stammt wie Ammonium größtenteils aus dem Düngemiteleinsetz in der Landwirtschaft und gelangt durch einen Ferntransport von Schwebstaub in das Berliner Stadtgebiet (TÜV 1988). Die verhältnismäßig hohen Ablaufkonzentrationen der Substratdächer mit im Schnitt 1,9 mg/l Orthophosphat-Phosphor (o-PO₄-P) sind auf den hohen

Eintrag von den in unmittelbarer Nähe gelegenen landwirtschaftlichen Versuchsfeldern der TU Berlin sowie der Humboldt-Universität zurückzuführen (s. Abb. 11). Ein Rückhalt von Phosphat ist erst nach erfolgreicher Etablierung der Vegetation zu erwarten. Dies zeigen insbesondere die Vergleichsmessungen zu den bereits ca. 1980 begrünter Versuchspartellen (D5 und D12), deren Austrag mit 5-10 mg/m² um ein Vielfaches unter denen der noch weitgehend unbegrünter Substratvarianten lag.

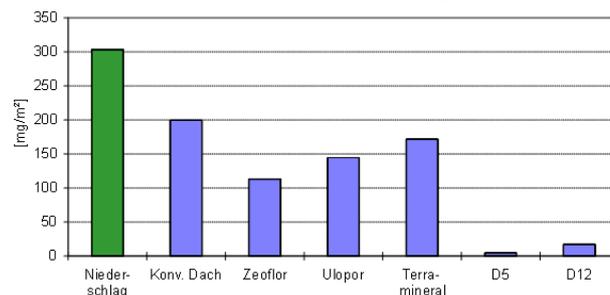


Abb. 11: Ein- und Austrag o-PO₄-P vom 7.8.-3.11.97 sowie 8.1.-21.1.98

Ergebnisse und Bewertung

Begrünte Dächer können durch einen gezielten Nährstoffrückhalt deutlich zum Schutz der Oberflächengewässer beitragen. Dies ist insbesondere für Begrünungen in Gebieten mit Trennkanalisation relevant. Auch in Kombination mit Maßnahmen wie der Regenwassernutzung und künstlicher Gewässer können Synergien durch die Begrünung erzielt werden, sofern einige Kriterien bei der Substratwahl Berücksichtigung finden. Die Höhe des Nährstoffrückhalts und der Trübung des Dachablaufs ist abhängig von der Schichtdicke, den Substratbestandteilen und der Art des Bewuchses. Je nach Substrat und Art der Fertigstellungspflege kann dagegen auch ein deutlich erhöhter Austrag von Nährstoffen entstehen.

Für die Dächer am Potsdamer Platz wurde eine spezielle Begrünung ausgeführt, die den Dachablauf bei Starkregen reduzieren soll und gleichzeitig den Stoffaustrag minimiert bzw. den Nährstoffrückhalt optimiert. Auf Düngergaben sowie einen organischen Anteil im Substrat wurde vollständig verzichtet.

Die Voruntersuchungen ergaben, dass der Bimsanteil im Substrat Terramineral einen erhöhten Stoffaustrag verursachte (vgl. Tabelle 2). Das Substrat Zeoflor führte aufgrund der eingeschränkten Korngrößenzusammensetzung (4/8) zu erhöhten Abflussintensitäten bei Starkniederschlagsereignissen. In der Aggregation aller Kriterien ergab sich für alle Substratvarianten ein vergleichbares Bewertungsergebnis, obwohl im Detail der Substrateigenschaften deutliche Unterschiede zu erkennen sind. Aufgrund der beschriebenen Ergebnisse wurde am Potsdamer Platz eine Zweischichtbegrünung aus Terramineral und Ulopor durchgeführt, um die positiven Eigenschaften der Substrate bezüglich Wasser- und Nährstoffrückhalt zu kombinieren. Der Begrünungserfolg bei Terramineral entwickelte sich am günstigsten. Im Gegensatz zu Substraten mit hohen anfänglichen organischen Anteilen und gezielten Düngergaben war bei

allen Varianten eine zu erwartende verzögerte Entwicklung der Vegetation festzustellen.

Als Ergebnis der Begrünungsmaßnahmen am Potsdamer Platz hat sich im Lauf der Jahre eine ausgezeichnete Wasserqualität eingestellt. Regelmäßige Untersuchungen des Instituts für angewandte Gewässerökologie in Seddin zeigen, dass das Gewässer mit im Schnitt 29 µg/l Nitrat und 13 µg/l Gesamt-Phosphor im oligotrophen Bereich anzusiedeln ist. Die Wassergüte ist mit den besten Seen in Brandenburg vergleichbar. Dies ist durch kontinuierliche Wasseranalysen über die letzten 7 Jahre belegt (J. Meisel 2005). Im Vergleich mit Messungen, die den Zisternen genommen wurden, wird aber deutlich, dass über den Dachablauf, der von den zu 50% unbegrünten Dächern kommt, erhebliche Stickstoff- und Phosphatmengen anfallen. Ein Teil dieser Nährstoffe wird bereits in den Zisternen zurückgehalten.

Tabelle 2: Vergleichende Bewertung der beprobten Dachsubstrate

	Zeoflor	Ulopor	Terramineral Z
Stoffaustrag N	++	O	-
Stoffaustrag P	+	O	-
Trübung des Ablaufs	+	++	-
Eigengewicht wg. pot. Winderosion	+	-	+
Korngrößenverteilung	-	+	++
pH-Puffer	+	+	++
Feldkapazität, Wasserrückhalt	O	O	++
Abflussverzögerung	-	++	+
Begründungserfolg	O	O	O bis +
Wertung in Punkte	13	14	14,5
++ = 3; + = 2; O = 1			

Entsprechend der Prozesse, die an weiteren Regenwassernutzungsanlagen beobachtet wurden und die ansonsten in den Oberflächengewässern stattfinden, werden diese Nährstoffmengen als Schlamm abgesetzt. Der Anteil, der dennoch von den Zisternen in das Gewässer gelangt, wird über ein sogenanntes Reinigungsbiotop bewirtschaftet

In Anlehnung an Pflanzenkläranlagen wurde ein bepflanzter Kiesfilter entwickelt, durch den die Wassermengen im urbanen Gewässer zirkuliert werden. Hierbei werden die im Wasservorhandenen Nährstoffe in Biomasse umgesetzt. Um einen optimalen Nährstoffrückhalt auch im Reinigungsbiotop zu erzielen, wurden parallel zu den Untersuchungen von Dachbegrünungssubstraten auch Substrate für das bepflanzte Reinigungsbiotop untersucht (Teschner, Schmidt 2000).

Trotz dieser guten Wasserqualität trübt die Algenblüte im Frühjahr und Spätsommer die ansonsten hohe Akzeptanz des Gewässers. Es ist vielen Menschen nur schwer vermittelbar, dass dies ein natürlicher Prozess ist und nicht direkt mit der Qualität des Wassers gleichzusetzen ist.

Die Idee des Reinigungsbiotops für Regenwasser wurde auch an kleineren Projekten weiterentwickelt und ist beispielsweise an der Universität Potsdam als innovative Lösung für einen Feuerlöschteich zu besichtigen.

Literatur

- Atelier Dreiseitl 1996: Bemessung der Starkregenspeicher im Planungsgebiet Potsdamer Platz
Berlin. Gutachten, 46 S.
- Köhler, M. und M. Schmidt 1999: Langzeituntersuchungen an begrünten Dächern in Berlin – III
Stoffrückhalt. In: Dach + Grün 4/99, S. 9-14.
- Meisel, J. 2005: Überwachung der Gewässergüte des Urbanen Gewässers am Potsdamer Platz, Berlin. Unveröffentlichte Analysen. Institut für angewandte Gewässerökologie, Seddin.
- Schmidt, M. und Teschner, K. 2000: Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz - Teil 1: Stoffrückhalt extensiver Dachbegrünung. In: gwf 10/2000, S. 670-675.
- SenStadt 1995 – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (Hrsg.): Umweltatlas Berlin. Berlin (1995).
- Teschner, K. und Schmidt, M. 2000: Kombination von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen: Ergebnisse der Voruntersuchungen für das Projekt Potsdamer Platz - Teil 2: Regenwasserreinigung über ein Reinigungsbiotop. In: gwf 11/2000, S. 773-779.
- TÜV – Technischer Überwachungs-Verein: Messungen der Luftqualität in Berlin (West) 1988.
Technischer Bericht Nr. D-89/185, Berlin

„Take off Tempelhof“: Freiflächenentwicklung eines innerstädtischen Flughafens ohne Flugverkehr

M. PALLGEN⁽¹⁾, G. WESSOLEK⁽²⁾, A. TOLAND⁽²⁾

- (1) Tempelhof-Projekt GmbH, Columbiadamm 10 D2, 12101 Berlin, martin.pallgen@tempelhof-projekt.de
 (2) TU Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Standortkunde und Bodenschutz
 Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin
 Tel.: +49 (0)30/314-73536
 Mail: gerd.wessolek@tu-berlin.de
-

Allgemeine Beschreibung:

Die Exkursion lädt ein, um die derzeitigen Freiflächenutzungen und Gebäude des früheren Flughafens Tempelhofs zu entdecken. Der Flughafen Berlin-Tempelhof war einer der ersten Verkehrsflughäfen Deutschlands und nahm 1923 den Linienverkehr auf. Er war bis Ende Oktober 2008 neben Berlin-Tegel und Berlin-Schönefeld einer von drei Verkehrsflughäfen im Großraum Berlin. Im Jahr 2007 wurden dort mehr als 350.000 Fluggäste abgefertigt. Gemessen an den Passagierzahlen lag der Flughafen 2007 damit an 22. Stelle in Deutschland.

Mit der Aufgabe des Flugbetriebs im ehemaligen Flughafen Tempelhof erhielt Berlin eine 355 Hektar große Freifläche in zentraler Lage zurück – eine Entwicklungschance, wie sie sich in keiner anderen vergleichbaren Metropole bietet. Die Überlegungen für die Nachnutzung des Flughafens Tempelhof begannen bereits in den 1990er Jahren, aus denen ein dynamisch konzipierter Masterplan entstand. Er sieht fünf städtebauliche Projekte für das Gesamtareal, sowie die Entwicklung eines Parks im Zentrum der Fläche vor. Aufgabe der Grün Berlin GmbH ist die langfristige Entwicklung und Realisierung der zukünftigen Parklandschaft, u.a. durch internationale Wettbewerbe und Umsetzung nachhaltiger Konzepte. Die Parklandschaft enthält Angebote für Erholung, Freizeit, Kunst, Sport, Spiel und wohnungsnahes Grün. Darüber hinaus soll das ehemalige Flugfeld dringend benötigte klimatisch-ökologische

Ausgleichsfunktionen für die dicht bebaute Berliner Innenstadt erfüllen. Die bereits im Mai 2010 erfolgte Öffnung der Freifläche ist ein erster Schritt zu einer sukzessiven Parkentwicklung, an der die Besucher durch ihre aktive Nutzung direkt teilhaben können. Ein 24 Hektar großes Gebiet im Südosten bleibt abgesperrt, um Vögel zu schützen. Die nördlichen Teile sollen vor allem für Sport genutzt werden. Inzwischen wurden zwei Grillplätze ausgewiesen, temporäre Gartenutzungen vereinbart und für Jogger und Skater ein knapp sechs Kilometer langer Rundparcours hergerichtet. Hundehalter dürfen ihre Tiere auf drei Auslauflächen von der Leine lassen; die Grün Berlin GmbH als Gestalterin des Geländes will mit Symbolen ein störungsfreies Miteinander von Skatern, Läufern und Radfahrern erreichen. Ein Vogelsymbol soll auf Schutzgebiete hinweisen. Der Senat lässt sich die Oase inmitten der Stadt darüber hinaus jährlich 4,7 Millionen Euro kosten. Fast die Hälfte davon entfällt auf die Straßenreinigung; Müll, Grünpflege, Parkdienst, Wachschatz und Steuern verursachen zudem Kosten.

Treffpunkt: 13.00 Uhr am Haupteingang „Platz der Luftbrücke“, Anreise mit der U-Bahn Linie 6 bis U-Bahnhof „Platz der Luftbrücke“, Dauer ca. 3 Stunden.