



# Das Lausitzer Braunkohlenrevier – Landschaft im Wandel

Die ostdeutsche Braunkohlensanierung entwickelt sich Mitte der 1990er-Jahre zum größten Umweltprojekt in Mitteleuropa und vielleicht weltweit – damals eine Pionieraufgabe, heute eine Erfolgsgeschichte. Ein neuer Begriff wird zum öffentlichen Sprachgebrauch: Bergbaufolgelandschaft. Die Landschaftsausschnitte durchlaufen parallel und zeitlich versetzt verschiedene Stadien. Während an einer Stelle der Kohleabbau ausläuft, stocken wenige Kilometer entfernt schon ansehnliche „Kippenwälder“.

TEXT: JÖRG SCHLENSTEDT, UWE STEINHUBER, DIRK KNOCH

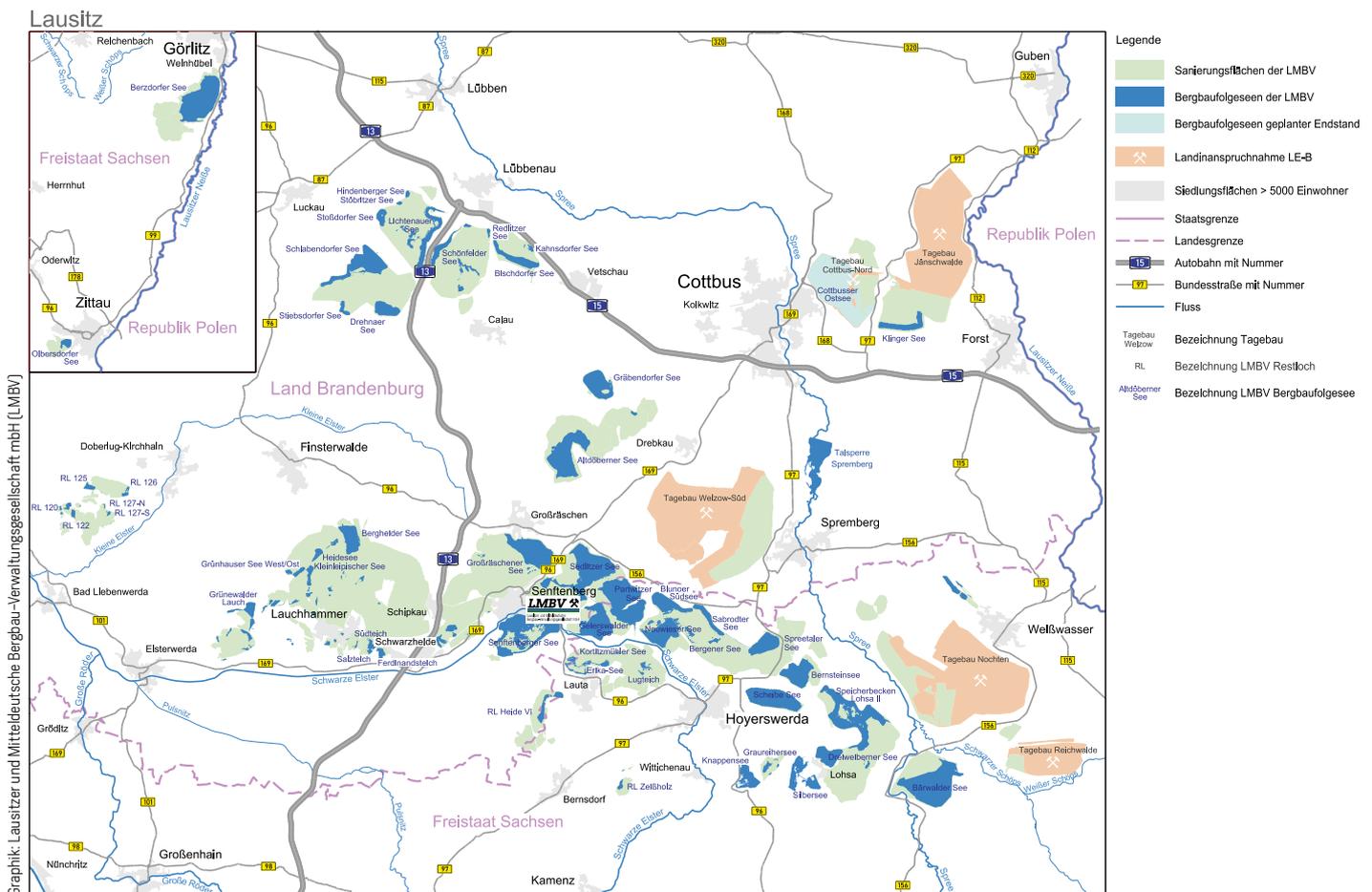


Abb. 1: Das Lausitzer Braunkohlenrevier mit den vier aktiven Tagebauen Welzow-Süd, Jämschwalde, Nochten und Reichwalde im Jahr 2020

Noch ist Deutschland einer der weltweit größten Braunkohlenproduzenten. Von den im Jahr 2020 gewonnenen 107 Mio. t Rohbraunkohle entfällt ein Drittel auf das Lausitzer Revier [4]. In dieser ansonsten eher strukturschwachen Region sichert die Kohleindustrie rund 10.000 bis 15.000 Arbeitsplätze, je

nach Berechnungsgrundlage [14, 20]. Die gesamte Wertschöpfung im Wirtschaftskreislauf addiert sich zu 1,5 Mrd. €/Jahr [2]. Doch im Ergebnis des Ausstiegs aus der Energieerzeugung mit Kohle sollen im Jahr 2038 die letzten beiden Kraftwerksblöcke am Standort Boxberg vom Netz gehen [12]. 250 Jahre nach den ersten Kohle-

funden enden der Abbau und das fossile Zeitalter dann unwiderruflich.

## Europas größte Landschaftsbaustelle

Die Bund-Länder-Gemeinschaftsaufgabe nach Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen (2020) wird sozioökono-

## „Die Braunkohlen-sanierung ist das größte zusammenhängende Umweltprojekt in Deutschland.“

JÖRG SCHLENSTEDT

misch Folgen abfedern und den Menschen neue Perspektiven eröffnen. Was bleibt, sind manche Umweltauswirkungen bzw. ökologische Langzeitfolgen des Braunkohlenbergbaus. Neben der globalen Dimension der Freisetzung von klimaschädlichen Treibhausgasen sind vor allem die massiven Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt und der Landschaftsverbrauch relevant. Bis heute haben die Lausitzer Tagebaue knapp 900 km<sup>2</sup> devastiert [9]. Es ist rund die Hälfte der bundesweit durch den Braunkohlenabbau zerstörten Landschaft – eine Fläche wie Berlin. Seit dem Jahr 1924 sind in der Region 135 Gemeinden bzw. Ortsteile verschwunden, wurden „abgebaggert“ und ihre Bewohner, zumeist der sorbischen Minderheit angehörend, umgesiedelt [7]. Bis 2038 soll nach aktuellem Revierkonzept Mühlrose dazu kommen.

### Vom „Raubbau“ an Natur und Landschaft ...

Ab den 1950er-Jahren führt die Intensivierung der Kohleförderung zu einem regelrechten „Raubbau“ an Natur und Landschaft [8, 11, 15]. Die Braunkohle wird wichtigster Energieträger der DDR, um so unabhängig von in Devisen zu bezahlenden Energieimporten an Öl und Erdgas zu sein. Ende der 1980er-Jahre deckt sie rund 70 % des Bedarfs an Primärenergie [21]. Zwischen Hoyerswerda und Spremberg entsteht mitten in Kiefernwäldern ab 1955 das Gaskombinat Schwarze Pumpe. Es wird zum größten Braunkohlenveredlungsbetrieb der Welt ausgebaut. Bis zu 15.000 Werkstätige erzeugen u. a. Koks, Stadtgas, elektrische Energie, Fernwärme, Dampfkraft, Teer und Briketts.



Foto: P. Radke (LWBV)

Abb. 2: Stillgelegter Tagebau Greifenhain zu Beginn der Bergbausanierung im Jahr 1995

Im Lausitzer Revier fördern zu dieser Zeit 16 Tagebaue knapp 200 Mio. t Rohbraunkohle pro Jahr, und das bei einem zunehmend ungünstigeren Kohle-/Abraumverhältnis. Waren zu Beginn der industriellen Braunkohlenförderung nur durchschnittlich 35 m Deckgebirge als Abraum zu beseitigen, liegt das wirtschaftlich bedeutende zweite Lausitzer Kohleflöz bis zu 120 m tief. Die jährliche Flächeninanspruchnahme steigert sich in den 1980er-Jahren auf über 3.000 ha [5]. Gleichzeitig ver-

schließen die ohnehin ungenügenden Ressourcen zur Wiederurbarmachung. Der Investitionsstau und die allgemeine Materialknappheit sind ein Spiegelbild der schwierigen volkswirtschaftlichen Gesamtsituation. Es kommt zu immer größeren Rekultivierungsdefiziten, und die Umweltsituation spitzt sich zu. Wittig [21] nennt für das Jahr 1990 eine Rekultivierungsquote von lediglich 47 % der durch die Tagebaue beanspruchten Flächen und ein Grundwasserdefizit von 9 Mrd. m<sup>3</sup>. Unbegrünte und brachliegende Rohkippen bestimmen vielerorts das Landschaftsbild [1].

Der ehemalige Bezirk Cottbus, welcher weitgehend das Lausitzer Braunkohlenrevier umfasst, weist insgesamt 181.388 ha als Bergbauschutzgebiet aus, davon 57.247 ha Landwirtschaftsfläche und 93.540 ha Wald. Hier hat der Braunkohlenbergbau Vorrang vor allen anderen Nutzungen [18, 22]. Planungen sehen die Förderung bis in das Jahr 2075 vor.

### ... zum Sanierungsbergbau mit „neuen Landschaften“

Nach der deutschen Wiedervereinigung im Jahr 1990 findet eine Neuordnung des Energiesektors statt. Innerhalb weniger Jahre kommt es zur Schließung der meisten, nun unrentablen Betriebsstätten. Damit verringern sich die jährlichen Flächenverluste im Lausitzer Revier schlagartig auf unter 1/4 der früheren Inan-

## Schneller ÜBERBLICK

- » Bis heute haben die Lausitzer Braunkohlentagebaue knapp 900 km<sup>2</sup> Kulturlandschaft beansprucht. Die Eingriffe und Spätfolgen wiegen hier besonders schwer
- » Kein anderer Landschaftsraum in Mitteleuropa zeigt eine vergleichbare Dynamik nach dem Bergbau
- » Ausgehend von unbelebten Rohkippen entstehen im Zeitraffer einer Waldgeneration vielseitige, erstaunlich wuchskräftige „Kippenwälder“, selbst auf Extremstandorten



Foto: P. Radtke (LMBV)

**Abb. 3:** Tagebau Welzow-Süd – Förderbrücke F 60 ; von links: Vorschnitt im Deckgebirge – freigelegtes Kohleflöz – tertiäre Abraumkippe, es erfolgt eine spätere Überdeckung mit „kulturfreundlichem“ Substrat

spruchnahme. Heute im Jahr 2021 fördern die vier Großtagebaue Welzow-Süd und Jänschwalde in Brandenburg, Nochten und Reichwalde für den sächsischen Teil des Lausitzer Reviers. Sie beliefern vorrangig die Großkraftwerke Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde.

Zur Bewältigung der Altlasten des Braunkohlenbergbaus wird Ende 1992 ein Verwaltungsabkommen zwischen dem Bund und den betroffenen Ländern Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen geschlossen. Die Braunkohlensanierung ist das größte zusammenhängende Umweltprojekt in Deutschland [19]. Mit den Fortschritten des Sanierungsbergbaus überwiegt seitdem die Wiedernutzbarmachung entsprechend Bundesberggesetz und auf Basis der Landesplanung. Der Sanierungsbergbau wird bis Mitte der 2030er Jahre allein 150 km<sup>2</sup> Wasserfläche mit einem Volumen von 2,3 Mrd. m<sup>3</sup> fertigstellen, darunter 32 ausgedehnte Bergbaufolgeseen. Doch auch der aktive Bergbau leistet seinen Beitrag. So

## BRAUNKOHLONENTSTEHUNG UND MORPHOLOGIE DER LAUSITZER LANDSCHAFT

Das Lausitzer Braunkohlenrevier liegt, mit Ausnahme des südlich von Görlitz im Länderdreieck Deutschland – Polen – Tschechien verorteten Oberlausitzer Reviers, an der südöstlichen Grenze der Nordostdeutschen Tiefebene. Die Kohlebildung fand durch die Ingression mächtiger mariner Sande und Schluffe, Vermoorungen und Sedimentation terrestrischer Sande und Tone in mehrfachem Wechsel am Südrand der Nordeuropäischen Tertiärsenke statt [6]. Bis zu 250 m mächtige Ablagerungen bildeten sich.

- » Im tropischen Oligozän-Miozän bildet die Lausitz den südlichen Rand eines riesigen Sedimentationsbeckens am Rande eines ausgedehnten Schelfmeeres: Häufige Meeresvorstöße und Rückzüge ließen mächtige Verlandungsmoore entstehen [16].
- » Die Seeablagerungen und Torfe wurden mehrmals durch festländische Verwitterungsprodukte oder Meeressedimente überdeckt, überwiegend aus Tonen, Sanden und Kiesen [5].
- » Während des anschließenden Quartärs überfuhren sechs Inlandeisvorstöße die ter-

tiären Schichten und hinterließen Geschiebemergel, Schmelzwassersande bzw. -kiese sowie glazilimnische Feinsande, Schluffe und Tone.

- » Die Gesamtmächtigkeit der eiszeitlichen Ablagerungen schwankt zwischen 10 und über 150 Metern in den ausgeschobenen Tief-/Erosionsrinnen, was zu einer Zerschneidung des im Abbau stehenden Flözhorizontes führt [13].

Der geologische und der landschaftliche Charakter der heutigen Lausitz wurde dagegen in besonderem Maße von den quartären Inlandsvereisungen und Interstadialen der Elster-Saale-Kaltzeiten und der Weichsel-Kaltzeit (in Süddeutschland Würm-Kaltzeit) mit ihrem Ende vor ca. 12.000 Jahren geprägt. Endmoränen, Sander, den Endmoränen vorgelagerte Urstromtäler und glaziale Hochflächen im Hinterland der Endmoränen schufen die flachwellige Moränen- und Beckenlandschaft, die von in etwa Ost-West-verlaufenden Urstromtälern unterbrochen wird. So liegt der Kern des Braunkohlenreviers im aus der Saalekaltzeit stammenden Lausitzer

Urstromtal. Es ist Teil des Breslau-Magdeburg-Bremer Urstromtals, während der Spreewald im jüngeren weichselkaltzeitlichen Glogau-Baruther Urstromtal liegt.

Aufgrund ihrer tiefen Lage sind Vermoorungen typisch für Urstromtäler und Reste haben sich mit dem Dubringer Moor bei Hoyerswerda und im Schraden, südlich der Stadt Lauchhammer gelegen, erhalten. Die Anlage von Grabensystemen und von Fischteichen ermöglichen die Entwässerung der Flächen und damit die landwirtschaftliche Nutzung der Niederungen bereits seit dem frühen Mittelalter. Die nährstoffarmen und grundwasserfernen Sanderflächen und Endmoränen dagegen bleiben zunächst durch Eichen geprägte Waldgesellschaften mit hohen Kiefernanteilen. Weidewirtschaft, die lokale Verhüttung von Raseneisenerz und Standorte der Glasherstellung beanspruchen auch diese Wälder in der Folge und es entstehen ausgedehnte Heidegesellschaften mit Besenheide als Charakterart. Aufforstungen ab dem 19. Jahrhundert führen zu Kiefern-Monokulturen als landschaftsprägende Waldtypen.

entsteht im Verantwortungsbereich der Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) seit dem Jahr 2019 die Cottbusser Ostsee – mit 19 km<sup>2</sup> Deutschlands größte künstliche Wasserfläche. Das im Revier entstehende Lausitzer Seenland ist Europas größte künstlich geschaffene Wasserlandschaft. Den flächenmäßig bedeutendsten Anteil nehmen aber die rekultivierten Innenkippen und Außenhalden ein, wovon jedoch noch große Flächen geotechnisch gesichert werden müssen. Diese umgelagerten Massen sind Extremstandorte und auch eine Herausforderung für die vegetative und faunistische Wiederbesiedlung.

Bisher sind rund 585 km<sup>2</sup> der ehemaligen Tagebaue in eine reguläre Folgenutzung überführt worden. Mit 31.500 ha entwickeln sich 53 % der bislang wiedernutzbaregemachten Flächen in neue Wälder [17]. Die öffentlich festgelegte Planung aus Anfang und Mitte der 1990er-Jahre sieht die Wiederherstellung der entzogenen Waldfläche von 47.000 ha



Foto: P. Radke (LMBV)

**Abb. 4:** Ehemaliger Tagebau Meuro: Multifunktionale Landschaft nach dem Bergbau: Wiederbewaldung, Naturschutz, Agri-Photovoltaik & Wassersport. Großbräschener See in Flutung 2017

#### Literaturhinweise:

[1] BESCHOW, R. (2012): Übersicht zur Entwicklung Landinanspruchnahme/Wiedernutzbarmachung im Lausitzer Braunkohlenrevier nach 1945. Vattenfall Europe Mining AG (PL-PRN3), Cottbus. [2] BERTENRATH, R.; BÄHR, C.; KLEISSNER, A.; SCHAEFER, T. (2018): *IW-Gutachten - Folgenabschätzung Klimaschutzplan und Strukturwandel in den Braunkohlenregionen*, 1-190. [3] BÖCKER, L.; ERTLE, C.; STÄHR, F.; PREUSSNER, K.; KATZUR, J. (2006): Rekultivierung mit Gemeiner Kiefer in der Bergbaufolgelandschaft des Lausitzer Braunkohlenreviers. In: *Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland-Ökologie und Bewirtschaftung*, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band XXXII, Veröffentlichung Forst Brandenburg, 440-445. [4] DEBRIV, Bundesverband Kohle (2020): <http://www.braunkohle.de>. [5] DREBENSTEDT, C.; KUYUMCU, M.; PIETSCH, T. (2014): Gesellschaftliche, natürliche und technische Rahmenbedingungen der Braunkohlensanierung. In: *Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 7-72. [6] DREBENSTEDT, C.; RASCHER, J. (1993): Zu den geologischen Bedingungen und den bergbautechnologischen Möglichkeiten der Wiedernutzbarmachung im Lausitzer Revier. *Journal of Coal Geology* 23, 263-289. [7] FÖRSTER, F. (2014): *Verschwundene Dörfer im Lausitzer Braunkohlenrevier*, 3. bearb. und erweiterte Auflage. Domowina-Verlag GmbH, Bautzen, 1-396. [8] KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2010): *Chronik der Rekultivierungsforschung und Landschaftsgestaltung im Lausitzer Braunkohlenrevier bis 1990*. Weißensee Verlag, Berlin, 1-688. [9] KOHLENSTATISTIK (2021): <https://kohlenstatistik.de/downloads/braunkohle/>, Zugriff 16.02.2021. [10] KNOCH, D.; ERTLE, C. (2014): Klima- und standortangepasste Waldentwicklungstypen. *AFZ-*

*Der Wald* 14/2014, 20-23. [11] KRÜMMELBEIN, J.; BENS, O.; RAAB, T.; NAETH, A. (2012): A history of lignite coal mining and reclamation practices in Lusatia, Eastern Germany. *Can. J. Soil Sci.* 92, 53-66. [12] LEAG (2021): <https://www.leag.de/de/geschaeftsfelder/kraftwerke/>, Zugriff am 16.02.2021. [13] NOWEL, W.; BÖNISCH, R.; SCHNEIDER, W.; SCHULZE, H. (1994): *Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers*. Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft, Senftenberg (Hrsg.), 18-38. [14] ROSALUXEMBURG-STIFTUNG (Hrsg.) (2019): *Nach der Kohle - Alternativen für einen Strukturwandel in der Lausitz*. *Studien* 4/2019, 1-136. [15] SCHWARZER, M. (2014): *Von Mondlandschaften zur Vision eines neuen Seenlandes*. *Der Diskurs über die Gestaltung von Tagebaubrachen in Ostdeutschland*. Springer VS, Wiesbaden, 1-468. [16] STACKEBRANDT, W.; FRANKE, D. (Hrsg.) (2015): *Geologie von Brandenburg*. E. Schweizerbart, Stuttgart, 1-805. [17] STATISTIK DER KOHLEWIRTSCHAFT E.V. (2019): <http://www.kohlenstatistik.de>. [18] STEINHUBER, U. (2005): *Einhundert Jahre bergbauliche Rekultivierung in der Lausitz*. Diss. Philosophische Fakultät der Palacký Univ., Olomouc, 1-360. [19] UBA (2021): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/altlasten/aktivitaeten-des-bundes>, Zugriff am 17.02.2021. [20] WIRTSCHAFTSREGION LAUSITZ (2019): *Zukunftswerkstatt Lausitz, Standortpotentiale Lausitz*. Studie, Cottbus, 1-371. [21] WITTIG, H. (1998): *Braunkohlen- und Sanierungsplanung im Land Brandenburg*. In: *Pflug, W. (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 475-486. [22] WITTIG, H. (1991): *Räumliche Auswirkungen der Braunkohlenwirtschaft in der Lausitz*. *Auswirkungen der Braunkohlenwirtschaft in der Lausitz*. *Schriftenreihe der Gesellschaft für Deutschlandforschung* 32, 43-54. *Schriftenreihe der Gesellschaft für Deutschlandforschung* 32, 43-54.

vor [3, 22]. Ein Teil der in den 1970er- und 1980er-Jahren gekippten und wiederaufgeforsteten Flächen muss im Revier nach dem großräumigen Grundwasseranstieg jedoch für geotechnische Sicherungen noch einmal in Anspruch genommen werden. In aller Regel dauert es heute von der Flächeninanspruchnahme bis zur Wiederbegrünung der Abraumkippen weniger als 15 Jahre. „Mondlandschaften“ nach dem Bergbau gehören längst der Vergangenheit an.



**Jörg Schlenstedt**

[joerg.schlenstedt@lmbv.de](mailto:joerg.schlenstedt@lmbv.de)

ist Fachreferent für Bergbaustrategie/Ökologie und Know-how-Austausch. **Dr. Uwe Steinhuber** ist Leiter der Unternehmenskommunikation der LMBV mbH. **Dr. Dirk Knoche** ist stellvertretender Direktor des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB) und leitet die Fachabteilung Agrar- und Forstökosysteme.



# 125 Jahre forstliche Rekultivierung

Im Lausitzer Braunkohlenrevier betritt die forstliche Rekultivierung von Beginn an Neuland. Nicht immer entspricht die Entwicklung den selbst gesteckten Zielen. Dennoch sind bis heute rund 400 km<sup>2</sup> wiederbestockt – eine echte Pionierleistung.

TEXT: DIRK KNOCHE

**A**b den 1870er-Jahren erfasst die Niederlausitz ein regelrechtes „Braunkohlenfieber“: Jetzt fließt reichlich Kapital, die Lagerstättenerschließung macht rasante Fortschritte. Entscheidende Triebkräfte sind bergrechtliche Erleichterungen, die Brikettfabrikation und der Eisenbahnbau. Der begehrte Brennstoff wird konkurrenzfähig und gelangt schnell zu den großen Zentren. Aus dem Kernrevier rund um Senftenberg, Großräschen, Schipkau und Lauchhammer entsteht in wenigen Jahrzehnten ein verflochtener Industriebezirk [2]. Zahlreiche „energiehungrige“ Nebenbetriebe siedeln sich an, Infrastrukturen kommen hinzu. Damit verändert sich das gewohnte Landschaftsbild in einer bis dahin unbekanntem Geschwindigkeit [17].



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 1:** Altbergbaugelände bei Döllingen – eingeebnetes Bruchfeld des oberflächennahen Tiefbaues Louise-Anna, bestockt mit 66-jährigen Roteichen.

## Schneller ÜBERBLICK

- » **„Kippenförster“ zählen zu den Ersten**, die Bergbaufolgelandschaften nach Plan gestalten. Unter ihrer Regie erfolgen bereits in den 1920er-Jahren großflächige Aufforstungen
- » **„Forstliche Rekultivierung“ wird** zum feststehenden Begriff und die Lausitz ein landschaftliches Experimentierfeld
- » **Ab 1950 kommen** systematische Anbauversuche und Meliorationsverfahren hinzu, die in Rekultivierungsrichtlinien einfließen
- » **Die moderne Waldforschung** entschlüsselt wichtige ökologische Abläufe – für eine multifunktionale und vorausschauende Bestockungswahl

### „Werksgärtner“ und erste „Kippenförster“ (1880/1900–1920)

An den saalekaltzeitlichen Stauchendmoränen des Lausitzer Urstromtales streicht das obere Braunkohlenflöz (Oberflöz) nahe der Geländeoberfläche aus. Zunächst erfolgt die Förderung in kleinen „Bauerngruben“ mit wenigen Beschäftigten und verlagert sich dann auf den untertägigen Abbau (Tiefbau) – auch hier noch in Handarbeit. Nach Auskohlung werden die Bruchtrichter entweder eingeebnet, mit Fremdmaterial aufgefüllt, meist jedoch sich selbst überlassen. Schon Ende des 19. Jahrhunderts erfolgen erste Aufforstungen im Bruchland, neben der Gemeinen Kiefer und Gemeinen Birke mit Roteiche, aber auch Rotbuche [10, 12, 29]. Ab 1890 lösen mechanisierte Großtagebaue die untertägige Braunkohlegewinnung ab, die letzten Tiefbaue schließen in den 1930er-Jahren. Mit dem Einsatz von Abraumbaggern, Kettenbahnen

und Zügen gewinnt die ingenieurbiologische Sicherung von Betriebsflächen schnell an Bedeutung. Rutschungsgefährdete Böschungen und locker gelagerte Aufschüttungen stören den Produktionsablauf. Sie werden bestockt, noch bevor über die Aufforstung der ausgekohlten Innenkippen entschieden ist. So lässt sich für das Jahr 1903 bei Lauchhammer eine erste Kiefern-Aufforstung nachweisen. Kurz darauf folgen Weißerlen-, Birken- und Roteichen-Kulturen. Gleichzeitig begrünen „Werksgärtner“ und „Kippenförster“ das Wohnumfeld der nahegelegenen Arbeiterkolonien, wie Marga/Brieske, Lauta-Nord, Erika/Laubusch oder bei Schipkau.

### Planmäßige forstliche Rekultivierung (1920–1940)

Schon kurz vor und während des Ersten Weltkrieges erschließen die Braunkohlenunternehmern ausgedehnte Koh-

lefelder im Lausitzer Urstromtal, allen voran die Ilse-Bergbau Actiengesellschaft (I.B.A.) bei Laubusch und Hörtitz/Meuro. In der Weimarer Republik wird die Rekultivierung von aufgelassenen Bergbauflächen schnell zur politischen Frage. Die Inkulturnahme soll in Notzeiten zur Ernährung der Bevölkerung und Existenzsicherung landwirtschaftlicher Betriebe beitragen. Zwar drängt die Reichsregierung auf schärfere bergrechtliche Ausführungsbestimmungen, jedoch reicht die Substratqualität für eine rentable ackerbauliche Nachnutzung meist nicht aus. Die „Mutterbodenwirtschaft“, gilt als technologisch kaum praktikabel und der schonende Bodenauftrag in Handarbeit ist zu teuer. Um 1925 sind nur 13 % der im Messtischblatt verzeichneten Kippen und Halden wieder nutzbar gemacht.

Von Beginn an dominiert die forstliche Rekultivierung: Bis 1930 nehmen Kippen-Aufforstungen rund drei Viertel der Rückgabeflächen ein. Zur Wiederbestockung der vergleichsweise „kulturfreundlichen“, durch eiszeitliche Deckgebirgssubstrate geprägten Abraumkippen im Oberflöz-Tagebau werden vor allem Laubgehölze empfohlen [11, 12]. Das Bestockungsziel sind arten- und strukturreiche Mischwälder – ganz im Sinne des damals populären Dauerwaldes [28]. So finden sich in den Pflanzplänen der Niederlausitzer Kohlewerte AG (NKW) nach Heuso(h)n [12] bis zu 10 Baum- und Straucharten je Bestand, insgesamt rund 40 Holzarten.



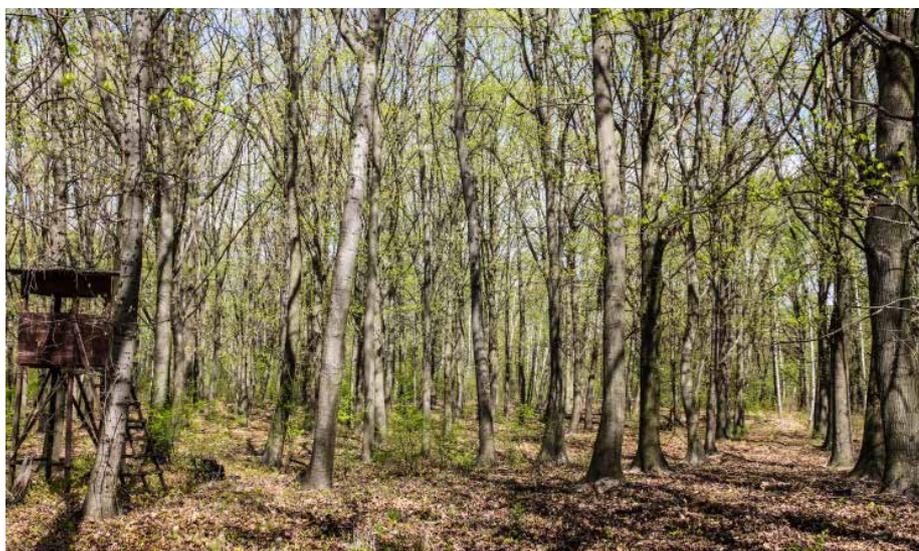
**Abb. 2:** Kippenrandbefestigung – Böschungsstabilisierung einer Grubenbahn mit Traubeneiche und Roteiche um 1955.

- Neben typischen Pionieren, etwa Gemeiner Birke oder Aspe, sind Hain- und Rotbuche, Spitz- bzw. Bergahorn, Rot-/Trauben-/Stieleiche, Gemeine Esche oder Sommer-Linde anzutreffen.
- Zuchtpappeln und Wildobstarten ergänzen das Anbauspektrum. Stets sind bodenvorbereitende Pflegegehölze beigemischt, vor allem die stickstoffsammelnde Weißerle, aber auch Rot-erle.
- Zwar werden auch einige „Exoten“ getestet, etwa Pech-, Banks-, Weymouths-, Murraykiefer oder Douglasie.

*Aber ohne Erfolg, lediglich die wurzelintensive Robinie bewährt sich zur Böschungsbefestigung.*

Dagegen wird die Gemeine Kiefer anfangs eher kritisch betrachtet. Sie ist zwar leicht zu kultivieren und anspruchslos, kommt aber nur zum Anbau, wenn Pflanzmaterial fehlt oder anspruchsvollere Laubgehölze versagen, etwa auf stark sauren „Letten(kohlen)böden“. Im Jahr 1935 beträgt der Kiefernanteil nur 20 % der forstlichen Rekultivierungsfläche, vom Bestockungsprozent genau umgekehrt zu den „Bauernwäldern“ des Tagebau-Umlandes. Gegen sie spricht eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Rauchschäden und Flugstaub- bzw. Asche-Einträgen der Braunkohlenindustrie. Auch häufige Waldbrände durch Funkenflug führen zu Verlusten [12].

Allerdings sind die gewünschten Laubholzkulturen kostspielig und können sich auf Dauer kaum durchsetzen. Es mangelt an passendem Pflanzmaterial. Nach der recht aufwändigen Kulturbegründung versagen die gewünschten „Hilfsbaumarten“ früh oder werden schon im Dickungsalter überwachsen. Schnell dominiert die wuchsüberlegene Roteiche. Das Ergebnis sind in solchen Fällen weitständige und dadurch vergleichsweise abholzige Reinbestän-



**Abb. 3:** Roteichen-Aufforstung auf der Hochkippe des ehemaligen Tagebaues Waidmannsheil aus den frühen 1930er-Jahren.



de, weit entfernt von der beabsichtigten Arten- und Strukturvielfalt. Im anderen Extrem entstehen lichte Trauben-/Stieleichen-Wälder, mit zwischenständiger Robinie, lückenfüllender Birke, Spätblühender Traubekirsche und verjüngungsfreudigen Straucharten. Bis heute finden sich Relikte davon, etwa im Altbergbauggebiet Annahütte-Poley. Gegen den aus seiner Sicht einseitigen „Laubholzfirmel“ wendet sich Copien [15]: Für die Ilse-Bergbau Actiengesellschaft (I.B.A.) favorisiert er wenige, nach geologischen Substraten geordnete Wirtschaftsbaumarten. Seinen Erfahrungshorizont prägen die nährstoffarmen Kipp-Kohlesande der tertiären Schichtenfolge, wie sie jetzt in den neuen Großtagebauen des zweiten Lausitzer Flözes (Unterflöz) an die Oberfläche gelangen. Für anspruchsvollere Laubgehölze ungeeignet, zeigt die Gemeine Kiefer erstaunlich gute Anwuchsfolge. Birken-Saaten und Birken-Pflanzbestände kommen hinzu. Für die kräftigen und „kulturfreundlichen“ quartären Deckgebirgssubstrate empfiehlt sich weiterhin der Eichenanbau.

Bedeutsam ist die Einsetzung einer Kippenaufforstungskommission im Jahr 1928. Der Fachkreis des Niederlausitzer Bergbauvereins e. V. entwickelt sich zur Anlaufstelle. Noch bis 1944 werden Flächenbefahrungen und jährliche Ergebnisberichte verfasst. So erfahren die Maßnahmen eine gewisse

## „Jetzt besteht Gewissheit, dass Kippenwälder ähnliche Merkmale und Funktionseigenschaften aufweisen wie vergleichbare Bestände des Tagebau-Umlandes.“

DIRK KNOCHE

Standardisierung, was Baumartenwahl, Pflanzverbände, Sortiment, Qualität des Pflanzmaterials und die Kulturtechnik betrifft. Auch wenn jeder Betrieb für sich handelt, gleicht sich die Rekultivierungspraxis zunehmend an. Unabhängig voneinander entstehen ähnliche Bestockungsformen.

### „Zwischenlandschaften“ mit Sukzessionswäldern (1940–1955)

Noch ist „die Anwendung der bodenkundlichen Untersuchungen ... in der Entwicklung begriffen“ [27]. Allzu

schnell wird für bestimmte Kippentypen bzw. Tagebaubereiche verallgemeinert [23]. Dazu unterliegt der Kohleabbau im Lausitzer Revier einem folgenschweren Wandel: Mit Ausbeutung des oberflächennahen Flözhorizontes verlagert sich der Bergbau endgültig auf das Lausitzer Unterflöz in Teufen von zunächst zwischen rund 20 und 50 m, anfänglich im Urstromtal, später dann auf den angrenzenden Hochflächen. Die hoch mechanisierte Abraumbewegung zeigt immer neue Rekorde. Auf eine selektive Gewinnung von vergleichsweise „kulturfreundlichen“ Substraten des quartären Deckgebirges wird weitgehend verzichtet. Die Kohleförderung und Veredelung hat Vorrang: Neue Großabnehmer betreten die Bühne, wie das Hydrierwerk Ruhland-Schwarzheide und andere rüstungswichtige Betriebe. Durch den Übergang zum besonders effizienten Förderbrückenbetrieb mit größeren Baggerschnitten gelangen jetzt vor allem stark saure, pflanzentoxische Tertiärsande („Letten(kohlen)böden“) und Gemengesubstrate an die Kippenoberflächen.

Dagegen folgen Flächenvorbereitung und Aufforstungen überwiegend in mühsamer Handarbeit der Arbeitskolonnen und „Kulturfrauen“. So häufen sich die Rekultivierungsrückstände [36]. Durch strengere Richtlinien zur Wiedernutzbarmachung (1932 bis 1940) steigt zwar die Rekultivierungsleistung. Aber nur vorübergehend – schließlich hebt die Wehr- bzw. Kriegswirtschaft alle Verpflichtungen aus. Zwischen 1943/1944 und 1950 erfolgt keine planmäßige Wiedernutzbarmachung mehr [24]. Am ehesten können jetzt noch angeflogene oder ausgesäte Birken, Aspen und Kiefern den extremen Standortbedingungen widerstehen [1, 34]. Die Gemeine Birke nimmt über 50 % der Sukzessionswälder ein – daher „Birkenzeit“. Weil alle Maßnahmen zur Standortverbesserung fehlschlagen (u. a. Pflanzlochkalkung, Kohletrübe, Humunit – ein Humusersatzstoff auf Braunkohle- und Torfbasis etc.), sterben viele Aufforstungen schon in der Anwuchsphase ab. Die forstlichen Praktiker sind skeptisch und ratlos [1, 6]: In ihren Augen ist die erste Waldgeneration nur eine Zwischenetappe. Die Begrünung an sich wird schon als Erfolg angesehen.



Foto: D. Knoche (FIB)

Abb. 4: Sukzessionswald auf der Innenkippe des ehemaligen Tagebaues Waidmannsheil der Niederlausitzer Kohlenwerke AG (NKW)

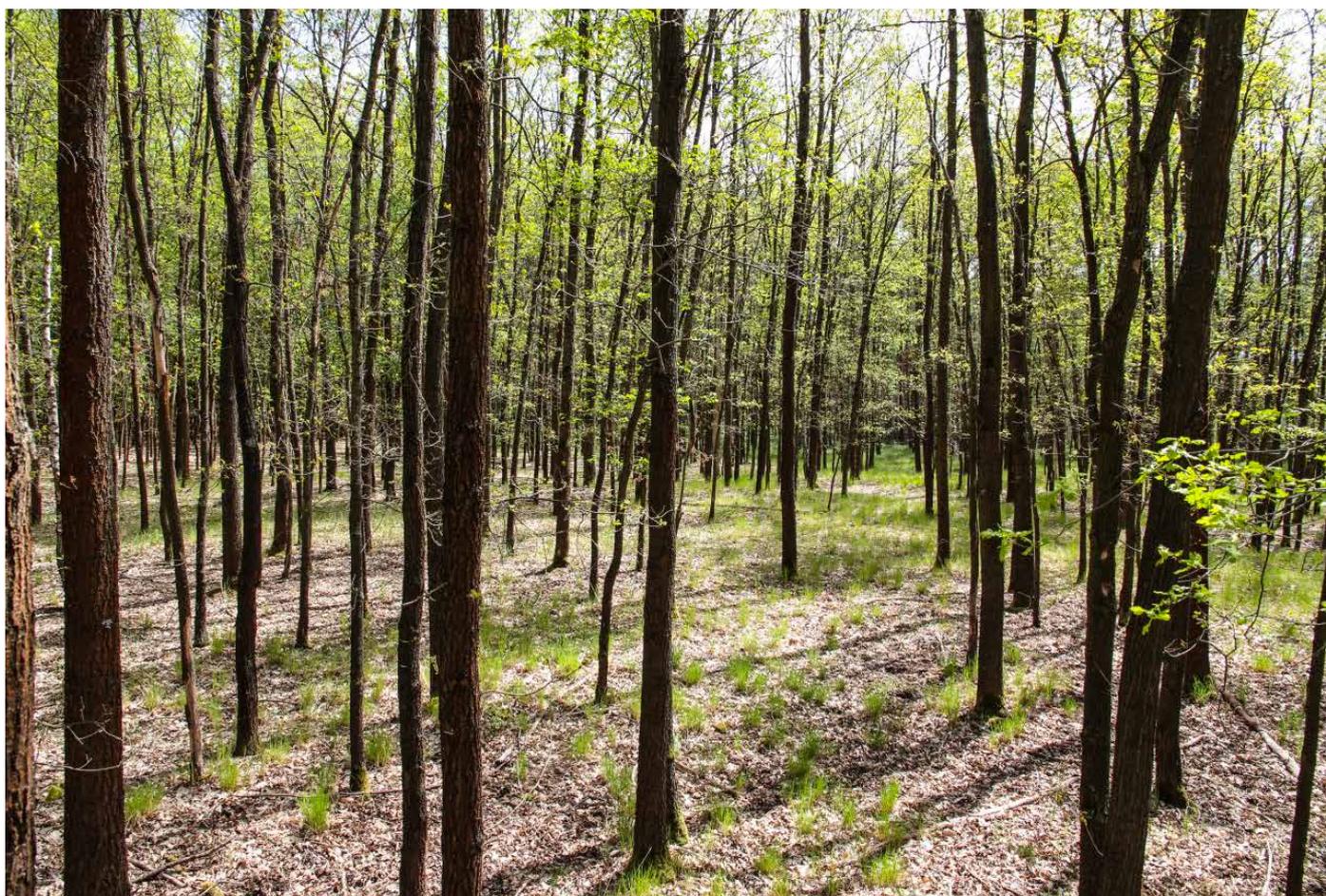


Foto: D. Knoche [F18]

**Abb. 5:** Wüchsiger Traubeneichen-Reinbestand auf aschemeliertem Kipp-Kohlelehmsand der Kippe des ehemaligen Tagebaues Hansa/Tröbitz „Südfeld“.

### Technische Normen und angepasste Bestockungstypen (1955–1975)

Schon Mitte der 1950er-Jahre ist der Wiederaufbau des ostdeutschen Braunkohlensektors weitgehend abgeschlossen. Trotz immenser Reparationsleistungen an die Sowjetunion erreicht die Lausitz im Jahr 1953 ihr hohes Förderniveau der letzten Kriegsjahre – und der Kohlebedarf nimmt zu. Nach der Großkokerei Lauchhammer wird 1958 das VEB Kombinat Schwarze Pumpe (KSP) gegründet, es entwickelt sich zum weltweit größten Braunkohlen-Veredelungsbetrieb. Die Großkraftwerke Lübbenau und Vetschau gehen ans Netz, wenig später folgen Jänschwalde und Boxberg. Auch bereits (teil)rehabilitierte Bergbauflächen des Oberflöz-Altbergbaus („Zwischenlandschaft Meuro und Schipkau“) werden erneut beansprucht. Die Umweltschäden sind immer offensichtlicher und beeinträchtigen die Lebensqualität [35], wenn etwa durch unbegrünte Innenkippen

ausgelöste Staubstürme den Himmel verdunkeln oder schwefelsaure Abwässer die Vorflut belasten.

Mit der überfälligen „Verordnung über die Wiedernutzbarmachung der für Abbau- und Kippenzwecke des Bergbaus in Anspruch genommenen Grundstücksflächen“ beginnt 1951 eine neue Etappe. Alle Schritte der nachbergbaulichen Landschaftsgestaltung stehen auf dem Prüfstand – von der Abraumbewegung bis hin zur Landnutzung. Das Ziel sind verbindliche Handlungsanweisungen und Qualitätsstandards. Auch in der forstlichen Rekultivierung kommen jetzt moderne wissenschaftliche Methoden zur Anwendung, einschließlich statistischer Auswertung, Fehlerrechnung und Kontrollvarianten [17]:

- *Zunächst geht es um grundsätzliche Fragen der Standorterkundung und pflanzenbaulichen Bewertung von Kippsubstraten. Die chemisch-physikalischen Substrateigenschaften werden bestimmt, allen voran Textur, pH-Wert,*

*Makronährstoff-Gehalte, Nachweis von Karbonaten und versauernden Eisen-sulphiden (Pyrit, Markasit).*

- *Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Flächenvorbereitung „kulturfeindlicher“ Kippenböden der tertiären Schichtenfolge. Verschiedene Bodenmeliorations- und Düngeverfahren werden erprobt [3, 4, 20, 21].*
- *Ab 1954 kommen wissenschaftliche Anbauversuche, in Tagebauen mit besonders hohen Rekultivierungsrückständen hinzu, wie Domsdorf, Plessa (Agnes), Tatkraft (Ilse-Ost), Laubusch (Erika), Koyne und Tröbitz. Nach einheitlichem Versuchsaufbau werden insgesamt 36 Baumarten und zahlreiche Straucharten getestet.*

Als Zwischenergebnis erscheint die „Vorläufige Richtlinie für die Bepflanzung und Melioration forstlicher Kippenstandorte in der Niederlausitz“ [19]. Bahnbrechend wird die sogenannte Säure-Basen-Bilanz (SBB): Sie bemisst den bodenwirksamen Kalk unter Berücksichtigung der Säurefreisetzung



bauen fördern im Jahr 2000 nur noch vier (Welzow-Süd, Jänschwalde, Nochten, Cottbus-Nord – der Tagebau Reichswalde ist zu diesem Zeitpunkt gestoppt und nimmt erst 2010 den Abbau wieder auf), der Kohle gehen rund 70.000 Arbeitsplätze verloren.

Für die forstliche Rekultivierung bedeutet dies eine Bestandsaufnahme und Neuorientierung. Dabei lässt sich an die gesammelten Erfahrungen und den wissenschaftlichen Vorlauf anknüpfen [31] und anhand ölterer, heute bis zu 90-jährigen Beständen mit großer Bestimmtheit auf die bisherige Anbaueignung der Gehölze schließen. Sie stehen exemplarisch für die Wiederherstellung von komplexen Ökosystemen – ausgehend vom Punkt Null des unbeliebten Rohbodens [22, 38, 42]. Jetzt besteht Gewissheit, dass Kippenwälder ähnliche Merkmale und Funktionseigenschaften aufweisen wie vergleichbare Bestände des Tagebau Umlandes. Die Ergebnisse münden in praktische Handlungsempfehlungen und neue Richtlinien [32, 37]:

- *Zu Beginn der forstlichen Rekultivierung steht eine durch Bodenuntersuchungen abgesicherte Standorterfassung nach einheitlicher Kippen-Kartieranweisung. In den*

*„Bodengeologischen Gutachten“ finden sich parzellenscharfe Bestockungsempfehlungen und Maßnahmen zur Flächenvorbereitung bzw. Nachsorge (Kalkmelioration, NPK-Grund- bzw. NPK-Startdüngung, Schutzpflanzendecke).*

- *Die als standortgerecht bewerteten forstlichen „Zielbaumarten“, wie Trauben-/Stieleiche, Gemeine Kiefer, Gemeine Birke und andere gebietsheimische Laubgehölze, werden ohne Vorwaldschirm gepflanzt – in üblichen Baumschulsortimenten und Pflanzverbänden.*
- *Sich selbst ansamende Birken, Aspen oder Weiden sind aus ökologischen Gründen willkommen. Das festgelegte Bestockungsziel wird dadurch in aller Regel nicht gefährdet.*

Über die Wiederbewaldung hinaus muss die Forstwirtschaft auf Bergbauflächen heute vor allem landeskulturellen Ansprüchen genügen. Als Kompensation für den Eingriff erfüllen Kippenwälder auf Dauer wichtige Ausgleichsfunktionen im Landschaftshaushalt. Aspekte des Bodenschutzes und der Biodiversitätssicherung spielen eine herausragende Rolle. Das spricht für den kleinteiligen, am stark kontrastierten Standortmosaik ausgerichteten

Waldbau mit hohem Laubholzanteil, pflegliche Eingriffe und für Dauerbestockungen.

Bei alledem ist die Etablierung von Wäldern ein langwieriger ökologischer Entwicklungs- bzw. Reifeprozess. Mit dem Wissen von heute lässt sich schnell urteilen. Sicherlich gibt es auch Fehlschläge. Aber: Die große forstliche Aufbauleistung hat „Bestand“.



**Dr. Dirk Knoche**  
d.knoche@fib-ev.de

ist stellvertretender Direktor des  
Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB) in Finsterwalde und  
leitet die Fachabteilung Agrar- und  
Forstökosysteme.

*chung der Tagebaue im Rahmen des Fünfjahresplanes. Bergbautechnik 1, 6, 257-263. [25] LORENZ, W.-D. (1967): Zum Pappelanbau auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus in der Niederlausitz. Veröffentl. Inst. f. Landschaftspflege d. Humboldt-Universität zu Berlin 1, 44-85. [26] LORENZ, W.-D.; KOPP, D.; KILLIAS, G.; SCHÄLICHE, W.; ZITZWITZ, J. (1968): Zur Bildung von Standortgruppen und zur Baumartenwahl auf Kippstandorten in der Niederlausitz. Veröffentl. Inst. f. Landschaftspflege d. Humboldt Univ. Berlin 2, 1-29. [27] MIDDENDORF, H. (1939): Die Wiedernutzbarmachung des vom Braunkohlenbergbau verlassenen Geländes im Bezirk des Oberbergamtes Halle. Braunkohle 38, 29, 489-495. [28] MÖLLER, A. (1922): Der Dauerwaldgedanke – Sein Sinn und seine Bedeutung, Springer-Verlag, Berlin. [29] PETERS (1930): Die Nutzbarmachung des bergbaulichen Ödlands im Niederlausitzer Industriebezirk und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung. Ztschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Deutschen Reich 78, 191-219. [30] PRESSNER, K. (2009): Forstliche Rekultivierung als Beitrag zum Waldumbau. In: Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW) (Hrsg.): Neuer Wald – Forstliche Rekultivierung im Lausitzer Braunkohlenrevier, 31-39. [31] PREUSSNER, K.; KILLIAS, G. (1992): Erfahrungen bei der forstlichen Rekultivierung in der Lausitz. Allgemeine Forst Zeitschrift 18, 982-985.*

*[32] SCHLENSTEDT, J.; BRINCKMANN, A.; HÄFKER, U.; HAUBOLD-ROSAR, M.; KIRMER, A.; KNOCHE, D.; LANDECK, I.; LORENZ, A.; RÜMMER, F.; STÄRKE, M.; TISCHEW, S.; WIEDEMANN, D. (2014): Rekultivierung. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung – Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 487-578. [33] SCHWABE, H. (1970): Ergebnisse der forstlichen Rekultivierung auf vorwiegend kulturfreundlichen Abraummateriale der Braunkohle Tagebaue in der Niederlausitz. Dargestellt an älteren Kippenbestockungen. Diss. (A) Techn. Univ. Dresden, Dresden. [34] SCHWABE, H.; BRIER, E. (1963): Zu Fragen der forstlichen Rekultivierung im Kohleabbaugebiet der Niederlausitz – Vorläufige Mitteilungen. In: Institut für Meliorationswesen des Landwirtschaftsrates beim Ministerrat der DDR (Hrsg.): Probleme der Wiedernutzbarmachung ehemals bergbaulich genutzter Flächen, 48-58. [35] SCHWARZER, M. (2014): Von Mondlandschaften zur Vision eines neuen Seenlandes. Der Diskurs über die Gestaltung von Tagebaubrachen in Ostdeutschland. Springer VS, Wiesbaden, 1-468. [36] TELSCHOW, A. (1933): Der Einfluss des Braunkohlenbergbaus auf das Landschaftsbild der Niederlausitz. Schriften des Geograph. Inst. d. Univ. Kiel 1, 3, 1-63. [37] THOMASIU, H.; HÄFKER, U. (1998): Forstwirtschaft-*

*liche Rekultivierung. In: Pflug, W. (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie – Folgenutzung – Naturschutz. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 839-872. [38] THOMASIU, H.; WÜNSCHE, M.; SELENT, H.; BRÄUNIG, A. (1999): Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlebergbaus in Sachsen – ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 17, 1-71. [39] WÜNSCHE, M.; LORENZ, W.-D.; OEHME, W.-D.; HAUBOLD, W. (1972): Die Bodenformen der Kippen und Halden im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. Mitteilg. Nr. 15/72 aus dem VEB GFE Halle, BT Freiberg. [40] WÜNSCHE, M.; OEHME, W.-D.; HAUBOLD, W.; KNAUF, C.; SCHMIDT, K.-J.; FROBENIUS, A.; ALTERMANN, M. (1981): Die Klassifikation der Böden auf Kippen und Halden in den Braunkohlerevieren der Deutschen Demokratischen Republik. Neue Bergbautechnik 11, 42-48. [41] WÜNSCHE, M.; SCHUBERT, A. (1966): Untersuchungen über das Leistungsvermögen quartärer sowie tertiärer Abraummassen und den Erfolg der Aufforstung auf der Kippe Plateka, Kr. Borna. Bergbautechnik 16, 12, 648-656. [42] WÜNSCHE, M.; SELENT, H. (2000): Waldökosysteme und Waldbau auf Kippen und Halden im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. Forstwiss. Beiträge Tharandt, Beiheft 1, 96-111.*



# Planungsschritte und Wiedernutzbarmachung

Im Lausitzer Revier haben über 150 Jahre industrielle Braunkohlenförderung tiefe Spuren hinterlassen – und die Region von Grund auf verändert. Als Beauftragte der Kohlenwerke zählen „Kippenförster“ zu den Ersten, die sich planerisch und praktisch mit der Landschaftsgestaltung nach dem Bergbau befassen. Rudolf Heuso(h)n fragt bereits 1933: „Was wird aus dem Industriegebiet nach dem Abwandern der Braunkohlenwerke?“ [3].

TEXT: JÖRG SCHLENSTEDT, DIRK KNOCHE

Abb. 1: Lausitzer Bergbaufolgelandschaft – Innenkippe des ehemaligen Tagebaues Klettwitz (Stand 1995)



Foto: Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FiB)

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Die forstliche Rekultivierung** ist Bestandteil des bergrechtlichen Planungs- und Genehmigungsverfahrens; heute geht ihr Anspruch über die formale Mindestanforderung zur Wiederherstellung von Wald hinaus
- » **Das gemeinsame Leitbild** und waldbauliche Ziel sind sich selbsterhaltende, möglichst „naturnahe“ Mischwälder
- » **Diese Mischwälder entsprechen** dem pflanzenbaulichen Potenzial vieler Kippenböden und gelten als besonders anpassungsfähig

Schon seit den frühen 1920er-Jahren findet eine geordnete Rekultivierung stillgelegter Tagebauflächen statt, wobei von Beginn an die forstliche Folgenutzung dominiert [4]. Doch erst die Richtlinie des Preußischen Ministers für Handel und Gewerbe zur „Einebnung und Urbarmachung im Braunkohlentagebau“ von 1932 schafft verbindliche

Grundlagen für alle Unternehmen. Weitere Handlungsvorschriften folgen: von technischen Normen bzw. Fachbereichsstandards der DDR bis hin zu den Bestimmungen des modernen Raumordnungs- und Bergrechtes mit den zugehörigen Verwaltungsvorschriften [11]. Heute entscheidet die fachübergreifende Raumordnungsplanung der Bun-



Foto: D. Knoche [F18]

Abb. 2: „Ministerblick“ am gleichen Standort – Aussichtspunkt Kosterbau 2020

desländer (Landesregierung) zu Grundsatzzfragen des Rohstoffabbaus und anderen landschaftsbeanspruchenden Großvorhaben. Auf die Landesentwicklungsplanung abgestimmte, rechtsverbindliche Braunkohlen- und Sanierungspläne stellen den regionalen Bezug her. Die konkrete Ausgestaltung von Sanierungs-, Rekultivierungs- und Renaturierungsmaßnahmen unterliegt dann den Bestimmungen des Bergrechtes (BBergG), zuständig sind die Landesbergämter.

- Innerhalb der Rahmen-, Betriebs- und Abschlussbetriebspläne ist die Wiedernutzbarmachung von ausgekohlten Bergbauflächen ein zentraler Bestandteil während und nach der bergbaulichen Tätigkeit.
- Darunter versteht sich nach § 4 Abs. 4 BBergG eine ordnungsgemäße Gestaltung der beanspruchten Oberfläche

unter Beachtung des öffentlichen Interesses [1, 14].

- Das Ziel der damit einhergehenden land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierung sind produktive Pflanzenstandorte für eine reguläre Nachfolgenutzung [10, 13].

Die bergrechtliche Verpflichtung zur Wiedernutzbarmachung umfasst zahlreiche bergmännisch-technologische Maßnahmen. Sie greifen weit in das Betriebsgeschehen ein, angefangen bei der Abraumbewegung über die Mächtigkeit der Grundwasser-Überdeckung bis hin zur endgültigen Oberflächenausformung. [2] Die Richtlinie des Landesbergamtes Brandenburg kategorisiert etwa die Substrate entsprechend ihrer Eignung und fordert eine mindestens zwei Meter mächtige, durchwurzelbare und vegetationsfreundliche Bodenschicht. In der Pflicht sind immer die Bergbauunternehmen, einmal

## „Das Waldentwicklungsziel sind dauerhafte und möglichst naturnahe Bestockungen.“

JÖRG SCHLENSTEDT

die Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) für den aktiven Bergbau. Den Sanierungsbergbau aller nicht privatisierten Flächen früherer DDR-Braunkohlenkombinate verantwortet die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV).

Die forstliche Fachplanung der Bergbauunternehmen bildet für alle geplanten Waldflächen einen finalen Ausführungsschritt. Im laufenden Tagebaubetrieb folgen die Aufforstungen sukzessive in Jahresscheiben. Stets sind die Aufforstungspläne parzellenscharf und beschreiben alle zur Wiederbewaldung erforderlichen Maßnahmen [9].

### Qualitätsstandards zur Wiederherstellung von Wald

Rein formal bedeutet „Wiederherstellung von Wald“ die Bestockung einer Aufforstungsfläche mit Waldbaumarten (BWaldG, LWaldG Brandenburg, SächswaldG). Dabei geht es um die Feststellung der Waldeigenschaft an sich als Voraussetzung zur Anwendung der Waldgesetze. Gleichzeitig erfüllt der aktive Bergbau eine Nebenbestimmung der Waldumwandlungsgenehmigungen: In aller Regel dürfen weitere Waldbestände des Tagebauvorfeldes nur im Gegenzug für bereits als Wald anerkannte Aufforstungsflächen gerodet werden – ganz im Sinne des „vorsorgenden Nachsorgeprinzips“ des modernen Bergrechtes.

- Üblicherweise wird der Waldcharakter bei einer forstbehördlichen Begutachtung (Abnahme) vor Ort bescheinigt. Die Forstbehörden der Bundesländer Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt haben mit den Braunkohlenunternehmen verbindliche Abnahmekriterien und Formulare zur Feststellung

## Mindestanforderungen der forstlichen Rekultivierung

Tab. 1: Auswahl an Kriterien für die Prüfung forstlicher Rekultivierungsflächen und die gutachterliche Beurteilung der Waldeigenschaft (Waldfeststellung)

Inhaltlicher Bezug	Bewertungskriterien
<b>Flächenvorbereitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angaben zur erforderlichen Qualität des bodenbildenden geologischen Substrates – „kulturfreundlich“, <math>pH_{KCl}</math>-Wert im Hauptwurzelraum von 5,0 bis 6,5</li> <li>• möglichst schonende Oberflächenausformung zur Vermeidung von Schadverdichtungen</li> </ul>
<b>Baumartenwahl</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• standortgerechte Baumartenwahl nach den Bestockungsempfehlungen der bodengeologischen Kippengutachten (Bodenkartierung)</li> <li>• auch gebietsfremde Gehölze sind anbaufähig, sofern als standortgerecht eingestuft, etwa Roteiche, Robinie oder Douglasie</li> </ul>
<b>Bestockungszustand (Dickungsalter)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestpflanzenzahlen zum Zeitpunkt des Bestandesschlusses, beispielsweise:</li> <li>• Trauben-/Stieleiche 6.000 Stk./ha, weitere Laubbaumarten 2.500–4.000 Stk./ha, Gemeine Kiefer 8.000 Stk./ha</li> <li>• Kronenschlussgrad [Flächenbedeckung] von &gt; 90 %, Vermeidung großflächiger Pflanzenausfälle, das sind Blößen &gt; 1.000 m<sup>2</sup></li> </ul>



## Ein Sanierungsbeispiel: BÖSCHUNGSSYSTEM DER HOCHKIPPE SCHIPKAU

Westlich der Gemeinde Schipkau, zwischen Senftenberg und Lauchhammer gelegen, begleitet das Böschungssystem der Hochkippe des ehemaligen Tagebaus Klettwitz die Landesstraße L 60. Die Hochkippe erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung auf der unterliegenden Förderbrückenkippe des Tagebaus. Der Tagebauaufschluss erfolgt ab 1949 und die Kohleförderung endet 1991. Die zu sanierende Böschung weist eine Länge von ca. 3.000 m (N-S) und eine Breite von 500 m (W-E) auf. Standsicherheitsuntersuchungen in den Jahren 2000/2001 stellen die Gefahr von Grundbrüchen bei Erreichen des prognostischen Grundwasserspiegels in dem Bereich der Förderbrückenkippe und damit auch ein Risiko für die aufliegende Hochkippe bzw. ihr Böschungssystem fest. Diese Randböschung ist damit Teil umfangreicher Sanierungsarbeiten. Neben der forstlichen Rekultivierung sollen Ersatzbiotope für Reptilien, insbesondere die Zauneidechse und Amphibien, für im Rahmen der Sanierung zu beseitigende Biotope entstehen.

Die Arbeitsschritte für eine 10,6 ha umfassende Planfläche: Das Areal wird entsprechend seiner (Naturschutz-)Zielfunktionen und seiner Morphologie in mehrere Bearbeitungsflächen unterteilt. Der oberste Böschungsbereich von 2,1 ha ist durch Nassansaat gemäß DIN 18918 mit einer Mischung aus Natrium-Alginat, mineralischem Dünger, Zellulose, Stroh, Bodenfestiger und zertifiziertem gebietseigenen Wildpflanzensaatgut angespritzt und so gegen Wind- sowie Wassererosion gesichert. Die zukünftigen Berme werden mit Raupentechnik planiert, Gräben und davorliegende Verwallungen angelegt und fein planiert. Die Tiefenlockerung mit einem starren Bodenmeißel bis in 1 m Tiefe bereitet die zukünftigen Pflanzflächen



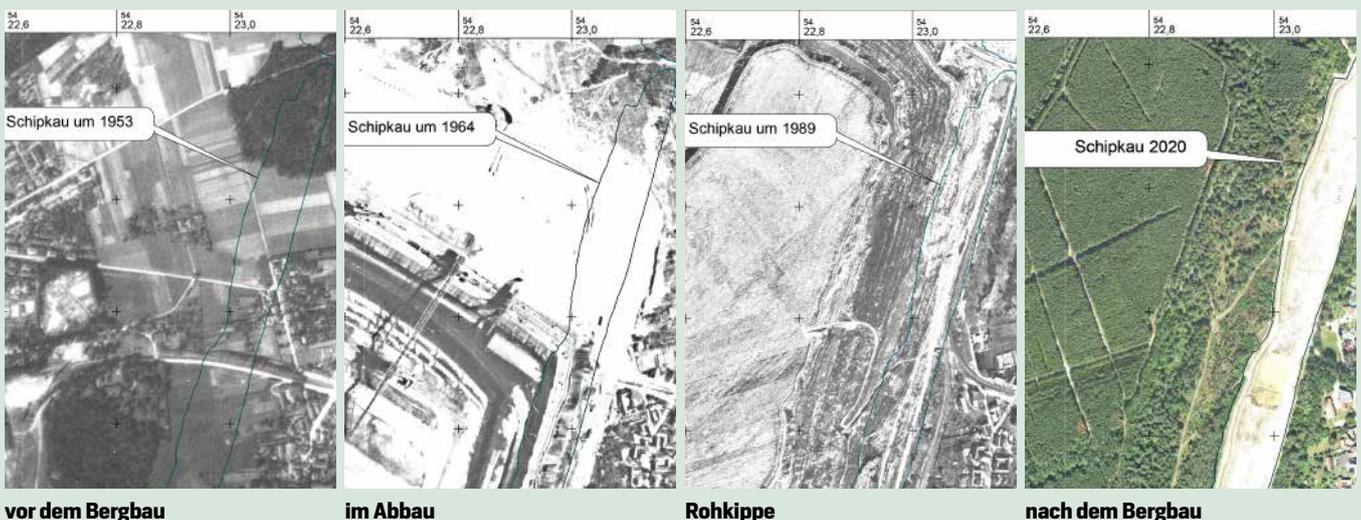
Forstliche Fachplanung auf Bestandesebene.

vor. Als Substrat steht kiesführender Kipp-Lehmsand aus quartärem Ursprung in Wechsellagerung mit kiesführenden Kipp-Lehmsand tertiären Ursprungs an. Beide enthalten Lehmtonbrocken in unterschiedlichen Größen und Anteilen. Es liegt eine mittlere bis hohe Lagerungsdichte und eine geringe bis sehr geringe nutzbare Feldkapazität vor. Die Ergebnisse des bodengeologischen Gutachtens weisen nur geringe Defizite in der Säuren-Basen-Bilanz (SBB) aus. Die Melioration mit kohlen-saurem Magnesiumkalk erfolgt daher nur mit vergleichsweise niedrigen CaO-Gaben (35 dt/ha) bei einer Einarbeitungstiefe von 0,40 m. Die zu

erwartende Nährkraftstufe wird mit Z+ (ziemlich arm bis mittel) eingeschätzt. Kleinere Teilbereiche der insgesamt 8,5 ha großen Begutachtungsfläche erreichen auch die Nährkraftstufe M (Mittel). Die nachfolgende Bodendüngung legt einen Nährstoffvorrat in den von Nährstoffgehalten und Bodenleben armen Substraten an. Eine häufig eingesetzte Mischung, so auch in diesem Beispiel, setzt sich aus Reinnährstoff-Mengen von 120 kg/ha N, 100 kg/ha P und 80 kg/ha K zusammen. Diese wird mit einem Scheibengrubber 0,20 m tief unmittelbar nach der Ansaat eingearbeitet. Eine regionaltypische Mischung aus an mäßig saure Verhältnisse angepasste Arten wird zur Bindung des Bodendüngers und der Bedeckung des Bodens angesät. Zwei Jahre nach Ansaat erfolgt im Jahr 2019 auf insgesamt 1,21 ha eine Handpflanzung von Gemeiner Birke und Straucharten als zukünftigem Waldsaum. Hierbei verwendete und typische Arten in der forstlichen Rekultivierung sind: Heckenrose, Hundsrose, Schlehe, Vogelkirsche, Schneeball, Blutroter Hartriegel, Pfaffenhütchen, Eingriffeliger Weißdorn, Feldahorn, Salweide, Haselnuss, Wildbirne, Holzapfel, Mehlbeere und Eberesche.

Die Pflanzen werden truppweise (je 10 Pflanzen in 2 bis 4 Reihen) gemischt gepflanzt und bilden einen zwischen 7 und 16 m breiten Randstreifen, der zum Schutz vor Wildverbiss eingezäunt wird. Auf 3,03 ha erfolgt die maschinelle Pflanzung von Gemeiner Birke, Traubeneiche, Roteiche und Rotellen. Als Besonderheit werden dazu Flatterulme, Vogelkirsche und Elsbeere in größeren Anteilen gepflanzt. Die Pflanzmaßnahme findet mit der Frühjahrspflanzung von Gemeiner Kiefer und Schwarzkiefer ihren Abschluss.

Fotos: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV)



vor dem Bergbau

im Abbau

Rohkippe

nach dem Bergbau

der gesicherten Kultur entwickelt. Wesentliche Merkmale sind: Bestandeshöhe, Gesundheit/Vitalität, Pflanzenzahl, keine Fehlstellen größer 1.000 m<sup>2</sup> und das Vorhandensein der festgelegten Baumarten.

- Im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Rekultivierung werden dafür – außer dem pH-Wert im Oberboden bzw. Hauptwurzelsraum der Gehölze – keine Bodenrichtwerte zugrunde gelegt, wie Humus- oder Nährstoffgehalte; die vorhandenen bodengeologischen Gutachten sind jedoch Bestandteil der Abnahme.
- Es gilt der Waldzustand als Nachweis einer mängelfreien Rekultivierung, was im Falle von langlebigen Ökosystemen biologisch plausibel und gleichermaßen praktikabel ist.

Die formale Beendigung der Bergaufsicht erfolgt dagegen häufig erst Jahrzehnte später. Sie ist nach § 69 Abs. 2 BBergG an eine ordnungsgemäße Durchführung des Abschlussbetriebsplanes in allen Punkten geknüpft – ein langwieriger und komplexer Prozess, vor allem was die geotechnisch-montanhydrologische Nachsorge betrifft. Erst dann, wenn keine gemeinschädlichen Umweltrisiken oder Gefahren für Leib und Leben mehr zu befürchten sind, wird der Bergbautreibende aus seiner Verantwortung entlassen.

### Waldbauliches Leitbild und Rekultivierungspraxis

Im Regelbetrieb des Braunkohlentagebaues werden die im Vorfeld gewonnenen Abraummassen (Lockersedimente) systematisch auf der rückwärtigen Innenkippe des ausgekohlten Feldes verstürzt. Das schafft die Voraussetzungen zur Gestaltung und Rekultivierung der Bergbaufolgelandschaft – ausgehend vom Punkt Null eines biologisch noch weitgehend inaktiven Lockergesteines. Junge Kippen-Aufforstungen sind im ökologischen Sinn künstlich und noch weit entfernt von der biologischen Vielfalt eines strukturreichen Altholzbestandes. Der Organisationsgrad des Pflanzbestandes ist noch gering, handelt es sich doch um eine Erstbesiedelung – aber die Systeme verhalten sich hoch dynamisch.

Das Waldentwicklungsziel sind dauerhafte und möglichst naturnahe Be-



Abb. 3: Abwechslungsreiche Laubholz-Mischbestände entstehen im ehemaligen Tagebau Greifenhain.

Foto: P. Radke, (LMBV)



Abb. 4: Aufforstung mit Traubeneiche und Gemeiner Kiefer auf der Innenkippe des Tagebaues Nochten.

Foto: D. Knoche (FIB)

stockungen. Die Baumartenwahl in der Rekultivierungspraxis folgt heute dem standörtlichen Potenzial und nicht nur dem aktuellen Zustand der initia-

len Kippenböden. Dieses bestimmende Leitmotiv geht über den kurzfristigen Kulturerfolg und die Mindestanforderungen zur Wiederbestockung hinaus



[9]. Die forstliche Planung orientiert sich an den laubholzbetonten Leitwaldgesellschaften des Tagebau-Umlandes [12]. Entscheidend ist, dass die neuen Wälder ihre walddesetzlich geforderten Funktionen bzw. Leistungen auf absehbare Zeit entwickeln und dauerhaft erfüllen können [5]. Danach sollen sich Kippenwälder selbst organisieren und damit:

1. zur Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beitragen,
2. vielfältige Schutz- und Erholungsfunktionen übernehmen,
3. als Lebensraum dienen,
4. die biologische Vielfalt nach dem Bergbau sichern und erhöhen, aber eben auch
5. im umfassenden Sinne der forstlichen Nachhaltigkeit nutzbar sein.

Heute bestimmen gebietsheimische Laubgehölze das zukünftige Waldbild in der Bergbaufolgelandschaft. Trauben- bzw. Stieleiche, Winterlinde, Hainbuche, manche Edellaubböcher und Gemeine Birke machen über die Hälfte der jährlichen Aufforstungsfläche aus.

Laubholz-Mischwälder lösen die störungsanfälligen Pionierwälder und Kiefern-Monokulturen früherer Jahrzehnte ab [7]. Gegenüber dem vorbergbaulichen Zustand halbiert sich der Kiefern-Bestockungsanteil auf unter 40 %.

#### Literaturhinweise:

[1] BISMARCK VON, F.; ANDRICH, A.; BERKNER, A.; BOLDORF, K.; DALLHAMMER, W.-D.; DREBENSTEDT, C.; FREYTAG, K.; KADLER, A.; MEYER, H.-D.; SCHLENSTEDT, J.; SCHMIDT, R.; STRZODKA, M.; WEYMANN, K.-O. (2014): Rechtliche, finanzielle und organisatorische Grundlagen. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 73-129. [2] DREBENSTEDT, C.; KUYUMCU, M.; PIETSCH, T. (2014): Gesellschaftliche, natürliche und technische Rahmenbedingungen der Braunkohlensanierung. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 7-72. [3] HEUSOHN, R. (1933): Was wird aus dem Industriegebiet nach dem Abwandern der Braunkohlenwerke? Heimatkalender für die Niederlausitz. Kreiskalender für die Kreise Cottbus, Calau und Spremberg, 34-26. [4] KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2010): Chronik der Rekultivierungsforschung und Landschaftsgestaltung im Lausitzer Braunkohlenrevier bis 1990. Weißensee Verlag, Berlin, 1-688. [5] KNOCHE, D. (2001): Forstliche Rekultivierung. In: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (Hrsg.): Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlensanierung. Eigenverlag der LMBV, 105-131. [6] KNOCHE, D.; SCHLENSTEDT, J. (2018): Forest reclamation in the Lusatian Lignite District - A wounded landscape heading for new horizons. Proceedings of the 12th International Conference on Mine Closure, 03.-07.09.2018, Leipzig, 677-688. [7] PREUSSNER, K. (2009): Forstliche Rekultivierung als Beitrag zum Waldbau. In: Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW) (Hrsg.): Neuer Wald - Forstliche Rekultivierung im Lausitzer Braunkohlenrevier, 31-39. [8] RÖSLER, M.; PREUSSNER, K. (2009): Forest recultivation - A contribution to forest recultivation in Lusatia. World of Mining - Surface & Underground 61, 5, 308-316. [9] SCHLENSTEDT, J.; BRINCKMANN, A.; HÄFKER, U.; HAUBOLD-ROSAR, M.; KIRMER, A.; KNOCHE, D.; LANDECK, I.; LORENZ, A.; RÜMMLER, F.; STÄRKE, M.; TISCHEW, S.; WIEDEMANN, D. (2014): Rekultivierung. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Ver-

Die Vielfalt an Baumarten und Bestockungstypen entspricht der hohen standörtlichen Heterogenität von Kippenböden und eröffnet Steuerungsmöglichkeiten bis hin zu einer besseren Klimaanpassung [6].

Die Bestandeszieltypen für eine konkrete Aufforstungsfläche beachten dabei die waldbaulichen Vorgaben des Landesbetriebes Forst Brandenburg (LFB) und des Staatsbetriebes Sachsenforst (SBS). Die bewusste Abkehr von risikofähigeren Reinbeständen früherer Zeiten bedeutet einen Mehraufwand, etwa was die Pflanzkosten, die Häufigkeit von Düngungsmaßnahmen oder die Notwendigkeit zur Mischungsregulierung betrifft. Andererseits werden die Weichen für eine in jeder Hinsicht „nachhaltige“ Waldentwicklung gestellt. Ohne die schmerzhaften Waldverluste im Tagebauvorfeld zu relativieren, leistet die forstliche Rekultivierung nebenbei einen wichtigen Beitrag zur ökologischen Walderneuerung in der Lausitz [8].

#### Aus dem Bergrecht heraus zu Wäldern mit Zukunft

Die forstliche Rekultivierung ist Bestandteil des bergrechtlichen Planungs- und Genehmigungsverfahrens. Hier entscheiden also letztlich die Ausführungen über die Landschaft. Streng genommen genügen schon recht einfache Reinbestände den Mindestanforde-

rungen einer ordnungsgemäßen Gestaltung. Im Lausitzer Revier geht die forstliche Rekultivierung heute weit darüber hinaus, und die Verantwortlichen handeln vorausschauend, ob im aktiven oder im Sanierungsbergbau: Neben den aktuellen Zustandseigenschaften der Kippenböden wird das ökologische Entwicklungspotenzial zum Kriterium der Baumartenwahl [6]. Maßnahmen, die nur eine schnelle Begrünung bezwecken, sind wenig hilfreich, weil kaum „nachhaltig“. Das gleiche gilt für allgemeine Waldentwicklungsziele, wenn sie ungeprüft auf Bergbauflächen übertragen werden.

Damit zeigt die forstliche Rekultivierung, wie innerhalb einer Waldgeneration attraktive, ökologisch wertvolle und - nach menschlichem Maßstab - produktive Lebensräume für eine reguläre Nachfolgenutzung entstehen können. Sicherlich gibt es in 150 Jahren auch manche Fehlschläge und historisch bedingte Brüche - nicht immer genügt das Ergebnis den Sanierungszielen. Aber allzu schnelle Einwände, wonach Kippenwälder der ersten Waldgeneration nur eine Zwischenlösung seien, lassen sich entkräften. Ergebnisse der ökologischen Rekultivierungsforschung und überzeugende Bestandesbilder belegen das Gegenteil. Selbst Experten fällt es schwer, ältere Kippenaufforstungen von angrenzenden Wäldern des Tagebaumlandes zu unterscheiden.

marktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 487-578. [10] SCHMIDT, R. (2009): Rechtsgrundlagen und Genehmigungsverfahren als Rahmen bergbaulicher Tätigkeit. In: Stoll, R. D.; Niemann-Delius, C.; Drebenstedt, C.; Müllensiefen, K. (Hrsg.): Der Braunkohlentagebau - Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 429-438. [11] STEINHUBER, U. (2005): Einhundert Jahre bergbauliche Rekultivierung in der Lausitz. Diss., Philosophische Fakultät Palacký-Universität Olomouc, 1-360 [12] SUCK, R.; BUSHART, M.; HOFMANN, G.; SCHRÖDER, L. (2014): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands, Band I, II und III. BfN-Skripten 348, 349 und 377. [13] WITIG, H. (1998): Braunkohlen- und Sanierungsplan im Land Brandenburg. In: Pflug, W. (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie - Folgenutzung - Naturschutz. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 475-486. [14] ZÜSCHER, A.-L. (1998): Die Wiedernutzbarmachung im Bergrecht und die Umsetzung im Betrieb. In Pflug, W. (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie - Folgenutzung - Naturschutz. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 42-58.



# Substrate – Melioration – Flächenvorbereitung

Das Lausitzer Braunkohlenrevier zeigt, wie bei einem Verlust der ursprünglichen Landschaft neue Böden und Wälder entstehen – und das in erstaunlich kurzer Zeit. Heute werden die forstlichen Zielbaumarten, allen voran Trauben- und Stieleiche, in die frisch verkippten Lockersubstrate gepflanzt – routinemäßig ohne Vorwald oder vorherige Zwischenbegrünung.

TEXT: DIRK KNOCHE, JÖRG SCHLENSTEDT

**A**ls wuchsbegleitende Starthilfe erfolgt eine baumartenspezifische NPK-Grunddüngung (Bodendüngung), gefolgt von zwei bis drei Ergänzungsgaben nach Pflanzung. Das sichert den Kulturerfolg und beschleunigt die Boden- und Ökosystementwicklung. Bereits innerhalb einer Bestandesgeneration verwandeln sich umgelagerte geologische Rohbodensubstrate in leistungsfähige Waldstandorte.

## Braunkohlentagebau – ein geologisches Fenster

In der Lausitz wird seit über 150 Jahren Braunkohle in großen Tagebauen

### Schneller ÜBERBLICK

- » **Auf forstlichen Rekultivierungsflächen** dominieren speicherarme Kipp-Sande bis Anlehmsande der quartären und tertiären Schichtenfolge; bemerkenswert ist dabei die rekordverdächtige Substratvielfalt
- » **Aus über 200 Kippbodenformen** resultiert ein oft kleinteiliges Standortmosaik mit starken pflanzenbaulichen Kontrasten
- » **Das erschwert die** forst- und landwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung, bietet aber auch landschaftsgestalterische Optionen für Wirtschaftswälder, Sukzessionsbereiche und mit dem Wald verbundene Sonderbiotope



**Abb. 1:** Rohstoffabbau – ein geologisches Fenster: Kies- und Tongrube bei Plessa – saalekaltzeitliche Stauchendmoräne

Foto: D. Knoche (FfB)



gewonnen, heute aus Teufen von bis zu 120 m Tiefe. Das abgebaute zweite Flöz liegt unterhalb des landschaftsprägenden Deckgebirges aus quartären Lockersedimenten und inmitten einer Schichtenfolge von tertiären Feinsanden bis Tonen. Die Freilegung der 10 bis 20 m mächtigen Lagerstätte erfolgt im kontinuierlichen Förderbrückenbetrieb. Dessen hochmechanisierte Abraumbewegung löst die ursprüngliche geologische Schichtenabfolge auf [21]. Nach der Auskohlung entstehen heterogene Mischsubstratkippen [10]. Oft gestaltet sich eine gezielte Schüttung des Abraumes schwierig, gerade zur Herstellung eines „kulturfreundlichen“ Wurzelraumes. Das gilt v. a. dann, wenn mehrere Eimerketten- oder Schaufelradbagger gleichzeitig im Einsatz sind oder die geologische Situation an sich schon komplex ist, etwa in Störungszonen.

So führt die vollständige Umlagerung des Deckgebirges zu einer außerordentlichen Substratvielfalt mit stark kontrastierenden pflanzenbaulichen Eigenschaften. Es lassen sich über 200 Kippbodenformen kartieren – von quartären Reinsanden geringer Nährkraft bis zu Kohletonen und mehrschichtigen Substratgemengen. Zwar erschwert das kleinräumige Standortmosaik die spätere Rekultivierung, etwa was die Abgrenzung von forstlichen Standort- und Bewirtschaftungseinheiten oder notwendige Meliorations- bzw. Düngungsmaßnahmen betrifft [22]. Zugleich eröffnen sich aus der standörtlichen Differenzierung heraus aber Chancen für abwechslungsreiche Mischwälder mit hoher Biodiversität [19]. Die Verkippungstechnologie des aktiven Braunkohlenunternehmens Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) berücksichtigt dagegen heute in hohem Maße die pflanzenbaulichen Eigenschaften der geologischen Substrate und schüttet soweit möglich als bodenbildende Abschlusschicht quartäre, nicht pyritische Abraummassen.

Trotz aller Unterschiede in den physikalischen und chemischen Eigenschaften sind Kippsubstrate des Lausitzer Braunkohlenbergbaus immer strukturlabil. Noch fehlt eine für entwickelte Böden typische Gefügebildung mit dichter Packung der einzelnen Substratteilchen; gegenüber natürlichen Böden gleicher Korngrößenverteilung ist ihr Grobporanteil meist deutlich erhöht [4]. Dennoch verkrusten und verschlämmen die Substrate wegen der fehlenden Aggregation leicht. Zudem wirken feinverteilt



Foto: Dirk Knoche (FIB)

**Abb. 2:** Quartärer Kipp-Sand im Nordraum des Reviers, ehemaliger Tagebau Schlabendorf-Nord

te kohlige Beimengungen wasserabweisend. Dies fördert den Oberflächenabfluss trotz der guten Entwässerung des Bodens (Drainierung). Sofern sie unbegrünt bleiben und nicht rekultiviert werden, entstehen tiefe Erosionsrinnen – sie formen mitunter bizarre „Mondlandschaften“.

Die Strukturmängel eines lockeren Korngerüsts betreffen den gesamten Aufbau des Kippenkörpers. Vor allem gleichförmige Sande neigen bei Wassersättigung und nachbergbaulichem Grundwasserwiederanstieg zur spontanen Verflüssigung (Setzungsfließen) [25]. Geomechanische Risiken schränken in der Folge den freien Zugang und die Nutzungsfähigkeit der Bergbaufolgelandschaft stark ein. Aktuell sind in der Lausitz rund 200 km<sup>2</sup> davon betroffen, überwiegend Aufforstungsflächen der letzten 40 Jahre. Sie werden aufwändig stabilisiert, insbesondere mittels Rüttel- und Sprengverdichtung.

## „Maßgeblich ist die Etablierung eines kurzgeschlossenen Nährstoffkreislaufes.“

**DIRK KNOCHE**

### Schwefelsaure Kippsubstrate der tertiären Schichtenfolge ...

Knapp zwei Drittel aller oberflächennahen Kippenflächen im Lausitzer Revier bestehen aus Substraten der tertiären Schichtenfolge – das sind rund 600 km<sup>2</sup>. Zu ihren meist feinverteilten kohligen Beimengungen kommen hohe Gehalte an Pyrit bzw. Markasit (Eisen(II)-Disulfid, Schwefelkies, „Katzengold“). Bisweilen beträgt der Schwefelgehalt über 1,5 Masseprozent) – eine große Herausforderung für die land- und forstwirtschaftliche Rekultivierung [9]. So führt die Belüftung zu einer langanhaltenden und vollständigen Verwitterung, wobei Schwefelsäure entsteht. Spätestens mit der Verkippung fallen die pH-Werte in den extrem sauren Reaktionsbereich, und das bei wenig gepufferten Substraten binnen weniger Monate.  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -Werte  $< 2,5$  lösen eine rasante Silikatverwitterung aus, bis hin zur Mineralzerstörung. Die Verwitterungsprodukte bestimmen den Sickerwasserchemismus (Calcium-/Magnesium-Sulfat-Sickerwassertyp); extrem hohe Protonen-, Aluminium- und Eisenkonzentrationen wirken pflanzentoxisch. Im Wechselspiel von Lösungs- und Fällungsreaktionen kommt es darüber hinaus zu spezifischen Mineralneubildungen [3, 18].

### ... erfordern eine Kalkmelioration

Stark schwefelsaure Substrate bleiben trotz der hohen Stoffausträge (Entsalzung) auf Jahrzehnte hinaus bewuchsfeindlich. Ohne eine vorherige Aufkalkung ist ihre pflanzenbauliche Nutzung unmöglich. Selbst besonders säure- und vergleichsweise aluminiumtolerante Gehölzarten, wie die Gemeine Birke oder Roteiche, versagen. Für eine dauerhafte pH-Wert-Anhebung in einen pflanzenbau-

lich verträglichen Bereich muss sich die verabreichte Kalkmenge am Versauerungspotenzial bemessen, also in der Lage sein, die gesamte Säurefreisetzung bei vollständiger Pyrit-/Markasit-Verwitterung abzupuffern [8]. Im ungünstigen Fall stark saurer Kipp-Kohlelehmsande und Kipp-Kohlelehme können dabei bis zu 500 t bodenwirksames Calciumoxid je Hektar notwendig sein, das sind rund 1.000 t Kalkware, in Einzelfällen über 3.000 t. So ist der Kostenaufwand zur Flächenvorbereitung dann um das Zwei- bis Dreifache höher als die Kulturbegründung. Um eine anfängliche Überkalkung im Oberboden zu vermeiden, kommen heute reaktionsträge Kalkmergel oder kohlen-saure Naturkalke zur Anwendung.

Früher wurden dagegen vorzugsweise basische Rückstandsaschen der Braunkohlenkraftwerke genutzt, daneben hoch reaktive, vergleichsweise kostengünstige Abfall- bzw. Hüttenkalke [17].

Der angestrebte Ziel-pH<sub>KCl</sub>-Wert einer bedarfsgerechten Kalkmelioration liegt im Falle der forstlichen Folgenutzung zwischen 5,5 und 6,0, vergleichbar zum wuchsoptimalen Austauschbereich bis Silikatpufferbereich natürlicher Waldböden. Wie zahlreiche Praxisversuche seit den 1950er-Jahren belegen, ist eine effektive Meliorationstiefe von 0,6 bis 1,0 m Tiefe technologisch realisierbar und auch pflanzenbaulich ausreichend, selbst wenn die Kalkeinarbeitung nur selten gleichmäßig ist [10]. Bei einer unzureichenden Melioration – sprich einer zu flachen Einarbeitung oder oberbodenbetonten Verteilung – ist die Tiefendurchwurzelung säureempfindlicher Gehölze anfänglich stark begrenzt. Das Ergebnis sind dann physiologisch flachgründige Böden mit einer geringen pflanzenverfügbaren Wasserspeicherkapazität. Unterhalb der Meliorationssohle begrenzen die nach wie vor extrem niedrigen pH-Werte das Wurzelwachstum [14, 23]. Erst mittel- bis langfristig kommt es zu einer weitgehenden Auswaschung der wasserlöslichen Sulfatsalze sowie wurzeltoxischen Aluminium- und Eisen(II)-Verbindungen. Schrittweise erschließen sich eher säuretolerante Baumarten den unbehandelten Unterboden [11]. So wurzeln Roteiche, Trauben-/Stieleiche, Gemeine Kiefer und Gemeine Birke nach 30 bis 50 Jahren weit über 1,5 m Tiefe, bei einer Einarbeitungstiefe des kalkhaltigen Produktes von weniger als 30 bis 60 cm.



**Abb. 3:** Kohleführender Kipp-Sand im Sanierungsbereich des ehemaligen Tagebaues Spreetal-Nordost

Foto: D. Knoche (FIB)

### Kippsubstrate des quartären Deckgebirges

Heute werden die Abschlusskippen im Regelverfahren mit einer mindestens 2,0 m mächtigen Abschlusschicht aus „kulturfreundlichen“ Lockersedimenten überzogen. Meist handelt es sich um noch unverwitterte und basenreiche Sedimente der Saale-Kaltzeit. Aus geologischen und technologischen Gründen ist diese Vorzugsvariante aber nicht immer möglich, etwa dann, wenn Altkippen des historischen Oberflözabbaus (erster Lauseitzer Flözhorizont) überbaggert werden oder die eiszeitliche Überdeckung für eine getrennte Aushaltung mit großen Tagebaugeräten zu gering ausfällt.

Im Gegensatz zu schwefelsauren Tertiärsubstraten liegen die pH<sub>KCl</sub>-Werte von vorneherein auf einem für die forst-

liche Folgenutzung optimalen Niveau zwischen 4,5 (entkalkt) und 7,5 (kalkführend). Überwiegend im Silikatpufferbereich beträgt die Basensättigung meist > 60 %. Aber auch diese Rohböden sind strukturlabil. Sowohl die bodenmikrobielle Aktivität als auch der biologische Nährstoffumsatz müssen sich entwickeln. Wegen des Mangels an humusorganischer Substanz ist die Pflanzenverfügbarkeit von Makronährstoffen sehr gering [24, 26]. Gerade ein Defizit an mineralisierbarem Stickstoff begrenzt anfänglich das Pflanzenwachstum [5, 6, 12]. Dennoch erfolgt eine rasche natürliche Wiederbewaldung innerhalb von 15 bis 30 Jahren – meist durch Anflug von Gemeiner Kiefer, Gemeiner Birke und Aspe. Andererseits haben frühe, durch Nährstoffengpässe charakterisierte Sukzessionsstadien mit ihrer Arten- und Strukturvielfalt – zwischen oligotrophem Offenland und geschlossenem Wald – einen besonderen ökologischen Wert.

### Kippen-Rohböden und ihre Bodenfruchtbarkeit

Bereits mit der Substratauswahl und Verkipfung werden die späteren pflanzenbaulichen Möglichkeiten weitgehend vorherbestimmt. So können etwa kaum biologisch abbaubare Kohle-Beimengungen oder kompakte Lehm- und Tonbrocken das Wasserspeichervermögen dauerhaft verbessern. Umgekehrt begrenzt eine allzu flache bzw. mengenmäßig unzureichende Kalkmelioration schwefelsaurer Substrate den späteren Wurzelraum. Gerade angesichts des sommertrockenen Regionalklimas definiert die Mächtigkeit des durchwurzelbaren Bodenkörpers und damit die nutzbare Wasserspeicherkapazität das forstliche Leistungspotenzial [13].

Mit der Aufforstung beginnt die Ökosystementwicklung: Hier zielt die forstwirtschaftliche Rekultivierung neben dem vordergründigen Bestockungserfolg vor allem auf die biologische Bodenfruchtbarkeit. Ein Schlüsselprozess ist die Humusanreicherung – nach 20 bis 30 Jahren entstehen aus unbelebten Rohböden erste Kipp-Regosole mit ihrem charakteristischen Ah-Horizont [1]. Gleichzeitig bilden sich die daraus abgeleiteten Bodenfunktionen, sodass der durchwurzelbare Bodenkörper dauerhaft als Pflanzenstandort dienen kann. Maßgeblich ist die Etablierung eines sich selbst regulie-



Foto: T. Heinkele (FIB)

**Abb. 4:** Kiesführender Kipp-Sand – kohlefreies quar-  
tär-tertiäres Gemengesubstrat auf der Hochkippe  
Annahütte, Verkipfung um 1930 im Zugbetrieb

renden und kurzgeschlossenen Nährstoffkreislaufes. Das erfolgt in aller Regel mit dem Bestandesschluss zum Dickungsalter. Bis dahin verläuft das Bestandeswachstum verzögert ab [7, 16]. Weder atmosphärische Nährstoffeinträge noch die Nachlieferung aus der Mineralverwitterung können den anfänglichen Nährstoffbedarf decken. Die im Aufbau befindlichen und dadurch „hungrigen“ Ökosysteme sind untersättigt, vor allem was die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverfügbarkeit betrifft. Daher ist zur sicheren Aufforstung eine die Bestandesentwicklung und die bodenbiologischen Prozesse (Humusbildung) stimulierende NPK-Grunddüngung zwingend. Je nach Substrat, Baumartenwahl und Nähr-  
element werden zwischen 30 bis 80 kg Reinnährstoff/ha benötigt und üblicherweise mit Scheibeneggen flach eingearbeitet [2, 22].

### NPK-Erhaltungsdüngung beschleunigt die Waldentwicklung

Die jungen, sich selbst organisierenden biologischen Systeme sind wegen ihres geringen Organisationsgrades und der noch kaum aktivierten ökosystemaren Regelungsfunktionen recht störungsempfindlich, künstlich und „fremdgesteuert“. Namentlich die langlebigen Laubholz-(klimax)baumarten reagieren besonders empfindlich auf schon kurzzeitige Nährstoffengpässe, insbesondere Stickstoffmangel. Die Folge sind Vitalitätsverluste und eine



Foto: J. Schlenstedt (LMBV)

**Abb. 5:** Einarbeitung vom Kalkmergel mittels Imants-Tiefspatenfräse im rückwärtigen Sanierungsbereich

Wuchsstagnation, wodurch sich der ökologisch bedeutsame Kronenschluss verzögert. In Mischbeständen, wie sie heute das Leitbild der forstlichen Rekultivierung prägen, verschiebt sich das Konkurrenzverhältnis schnell zugunsten der diesbezüglich anspruchsloseren Gemeinen Kiefer oder sich ansammlender Pioniergehölze, wie der Gemeinen Birke.

Um das Rekultivierungsziel zu erreichen, sind daher bis zur Herausbildung eines selbsttragenden Nährstoffkreislaufs mehrmalige, am Pflanzenbedarf orientierte NPK-Mineraldüngergaben erforderlich. Als Kopfdüngung ergänzen sie die Basisdüngung und gewährleisten eine zu-

friedenstellende Bestandesentwicklung in der Anwuchsphase [6]. Die planmäßige Erhaltungsdüngung von Aufforstungen des Braunkohlenbergbaus fußt auf systematischen Feldversuchen der 1960er- bis 1980er-Jahre. Berücksichtigt wurden alle typischen Kippbodenformen und die wichtigsten bestandesbildenden Rekultivierungsbaumarten. Regressionsgleichungen verbinden die Nährstoffgehalte in Blättern bzw. Nadeln mit den Bodenvorräten und applizierten Düngermengen [6]. Neben der Kultursicherung wurde in kombinierten Nährstoffsteigerungsversuchen vor allem eine Beschleunigung des Waldwachstums und der Holztragsstei-



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 6:** „Geigersche Alpen“ zwischen Lauchhammer und Kostebrau – tertiäre Schüttrippen der Förderbrücke des ehemaligen Tagebaues Friedländer (BUBIAG)

### Literaturhinweise:

- [1] HOFFMANN, R.; BRÄUNIG, A.; BENNING, R.; KNOCHE, D.; HEINKELE, T.; JACOB, F.; ANDREAE, H.; FRIELINGHAUS, M.; MILBERT, G. (2019): Boden des Jahres 2019 - Kippenboden (Kipp-Regosol, Kipp-Pararendzina) - Fünfzehnter Boden des Jahres in Deutschland. *Bodenschutz* 1, 4-15.
- [2] DREBENSTEDT, C. (2001): Boden. In: *Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH* (Hrsg.): *Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlesanierung*. Eigenverlag der LMBV, 81-104.
- [3] HEINKELE, T.; NEUMANN, C.; RUMPEL, C.; STRZYSZCZ, Z.; KÖGEL-KNABNER, I.; HÜTTL, R.F. (1999): Zur Pedogenese pyrit- und kohlehaltiger Kippsubstrate im Lausitzer Braunkohlenrevier. In: Hüttl, R. F.; Klem, D.; Weber, E. (Hrsg.): *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlenreviers*. Walter de Gruyter, Berlin New York, 25-44.
- [4] HEINKELE, T. (2012): Kippenböden in der Forstlichen Standortklassifikation. Einordnung der Kippenböden des Braunkohlenbergbaus in das System der Forstlichen Standortklassifikation (SEA 95) und Ableitung standortgerechter Bestandeszieltypen. Teil 2: Bewertung der Stamm-Nährkraft von Kippsubstraten und Ableitung kartierbarer Merkmale, Empfehlungen zu standortgerechten Bestandeszieltypen in Abhängigkeit der Nährstoffverfügbarkeit. *Schriftenreihe des LFULG Sachsen* (unveröffentlicht).
- [5] HEINSDORF, D. (1976): Untersuchungen über die Wirkung mineralischer Düngung auf das Wachstum und den Ernährungszustand von Kiefernkulturen auf verbreiteten Kippbodenformen der Niederlausitz. *Beitr. f. d. Forstw.* 10, 185-198.
- [6] HEINSDORF, D. (1996): Development of forest stands in the Lusatian lignite mining district after mineral fertilization adapted to site and tree species. *Water, Air, and Soil Pollution* 91, 33-42.
- [7] HÜTTL, R.F.; WEBER, E. (2001): Forest ecosystem development in post-mining landscapes. A case study of the Lusatian lignite district. *Naturwissenschaften* 88, 322-329.
- [8] ILLNER, K.; KATZUR, J. (1964): Betrachtungen zur Bemessung der Kalkgaben auf schwefelhaltigen Tertiärkippen. *Z. Landeskultur* 5, 287-295.
- [9] KATZUR, J. (1998): *Melioration schwefelhaltiger Kippböden*. In: Pflug, W. (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie - Folgenutzung - Naturschutz*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 559-572.
- [10] KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2010): *Chronik der Rekultivierungsforschung und Landschaftsgestaltung im Lausitzer Braunkohlenrevier bis 1990*. Weißensee Verlag, Berlin, 1-688.
- [11] KATZUR, J.; BÖCKER, L.; KNOCHE, D.; MERTZIG, C.-C. (1999): *Untersuchungen zur Optimierung der Meliorationstiefe für die forstliche Rekultivierung schwefelsaurer Kippenböden*. *Beitr. Forstw. u. Landsch. ökol.* 33, 4, 172-179.
- [12] KATZUR, J.; HAUBOLD-ROSAR, M. (1997): *Zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten und zur Bodentypenentwicklung auf den Kippenstandorten der Lausitz*. *Braunkohle* 49, 6, 587-594.
- [13] KNOCHE, D. (2001): *Forstliche Rekultivierung*. In: *Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH* (Hrsg.): *Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlesanierung*. Eigenverlag der LMBV, 105-131.
- [14] KNOCHE, D. (2010): *Langzeitmonitoring zur Kalkmelioration schwefelsaurer Kippsubstrate im Tagebau Jänschwalde*. *Forschungsbericht, Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Finsterwalde* (unveröffentlicht).
- [15] KNOCHE, D.; EMBACHER, A.; KATZUR, J. (2000): *Entwicklung des N-, P- und K-Umsatzes von Eichenökosystemen auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlenreviers*. *AFZ-DerWald* 21/2000, 1147-1151.
- [16] KNOCHE, D.; EMBACHER, A.; KATZUR, J. (2002): *Water and element fluxes of red oak ecosystems during stand development on post-mining sites (Lusatian lignite district)*. *Water, Air, and Soil Pollution* 141, 219-231.
- [17] KNOCHE, D.; HAUBOLD-ROSAR, M. (2004): *Grundkalkung stark schwefelsaurer Kippstände des Braunkohlebergbaus - Ein praxisnaher Technikversuch*. *Archives Agronomy Soil Science* 50, 4/5, 377-387.
- [18] KNOCHE, D.; SCHAAF, W.; EMBACHER, A.; FASS, H.-J.; GAST, M.; SCHERZER, J.; WILDEN, R. (1999): *Wasser- und Stoffdynamik von Waldökosystemen auf schwefelsauren Kippsubstraten des Braunkohlenbergbaus im Lausitzer Revier*. In: Hüttl, R.F.; Klem, D.; Weber, E. (Hrsg.): *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlenreviers*. Walter de Gruyter, Berlin New York, 45-71.
- [19] KNOCHE, D.; SCHLENSTEDT, J. (2018): *Forest reclamation in the Lusatian Lignite District - A wounded landscape heading for new horizons*. *Proceedings of the 12th International Conference on Mine Closure, 03.-07.09.2018, Leipzig*, (digital version), 677-688.
- [20] KRAUSS, H.-H.; HEINSDORF, D. (2005): *Ernährungsstufen für wichtige Wirtschaftsbaumarten*. *Beitr. Forstwirtschaft. u. Landschafts. ökol.* 39, 4, 172-179.
- [21] NOWEL, W.; BÖNISCH, R.; SCHNEIDER, W.; SCHULZE, H. (1994): *Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers*. *Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft, Senftenberg* (Hrsg.), 18-38.
- [22] SCHLENSTEDT, J.; BRINCKMANN, A.; HÄFKER, U.; HAUBOLD-ROSAR, M.; KIRMER, A.; KNOCHE, D.; LANDECK, I.; LORENZ, A.; RÜMMLER, F.; STÄRKE, M.; TISCHEW, S.; WIEDEMANN, D. (2014): *Rekultivierung*. In: *Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M.* (Hrsg.): *Braunkohlesanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 487-578.
- [23] SCHUBERT, F. (2009): *Wurzeluntersuchungen junger Traubeneichen (Quercus petraea) und Gemeiner Kiefern (Pinus sylvestris) auf melioriertem tertiärem Kippsubstrat*. *Bachelorarbeit TU Dresden, Dresden, 1-48*.
- [24] SCHWABE, H. (1970): *Ergebnisse der forstlichen Rekultivierung auf vorwiegend kulturfreundlichen Abraummateriale der Braunkohletagebaue in der Niederlausitz*. *Dargestellt an älteren Kippenbestockungen*. *Diss. (A) Techn. Univ. Dresden, Dresden*.
- [25] VOGT, A.; FÖRSTER, W.; DREBENSTEDT, C.; DORN, H.; KESSLER, J.; FAHLE, W.; REICHEL, G.; GRIESSL, D.; KATZENBACH, R.; WERNER, A.; GESS, S.; BENNEWITZ, T. (2014): *Wiedernutzbarmachung von Tagebauen und Kippe*. In: *Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M.* (Hrsg.): *Braunkohlesanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 131-266.
- [26] WÜNSCHE, M.; LORENZ, W.-D.; OEHME, W.-D.; HAUBOLD, W. (1972): *Die Bodenformen der Kippen und Halden im Niederlausitzer Braunkohlenrevier*. *Mitteilg. Nr. 15/72 aus dem VEB GFE Halle, BT Freiberg*.

gerung angestrebt. Ökologische Aspekte, wie die Humusanreicherung im Mineralboden, die Stimulierung des Bodenlebens oder der Schutz anderer Ressourcen - etwa des Grundwassers vor übermäßigen Nährstoffeinträgen -, blieben unbeachtet und waren kein explizites Rekultivierungsziel. Heute erfolgt die Düngung nur noch im Bedarfsfall und orientiert sich an vorherigen Nadel- bzw. Blattanalysen. Es geht ausschließlich um die Kompensation von akuten bis absehbaren Nährstoffdefiziten zur Sicherung und der weiteren Bestandesentwicklung, was den Düngearaufwand verringert und die ökologischen Nebenwirkungen minimiert. Schon ab dem zweiten Standjahr der Forstkulturen erfolgt eine regelmäßige Begutachtung des Bestockungszustandes sowohl

hinsichtlich Wachstumsstörungen, morphologischer Auffälligkeiten als auch anderer Mangelsymptome wie Chlorosen, Nekrosen, eingerollten Blättern oder Welkeerscheinungen. Die Bewertung des Ernährungszustandes erfolgt nach dem bekannten, für Ostdeutschland entwickelten Klassifikationssystem [20]. Dabei bewegen sich die erforderlichen Nährstoffeinzeldosen in einer Größenordnung von rund 100 kg/ha Stickstoff bzw. 30 bis 100 kg/ha für Phosphor und Kalium. Eine selbsttragende Stabilisierung des NPK-Ernährungszustandes ist mitunter aber erst nach 2- bis 4-maliger Wiederholung der Gaben in einem 3-jährigen Intervall erreichbar. Ab dem Dickungsalter sind jedoch keine weiteren Ergänzungsdüngungen erforderlich.



**Dr. Dirk Knoche**  
d.knoche@fib-ev.de

ist stellvertretender Direktor des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB) in Finsterwalde und leitet die Fachabteilung Agrar- und Forstökosysteme. **Jörg Schlenstedt** ist Fachreferent für Bergbaustrategie/Ökologie und Know-how-Austausch der LMBV mbH.



# Von der Baumartenplanung zur Wiederbewaldung

Auf Rekultivierungsflächen bestimmt das langfristige Waldentwicklungsziel die Baumartenwahl. Nur auf den kurzfristigen Bestockungserfolg ausgerichtete Übergangslösungen sind abzulehnen. Sie entsprechen weder den waldbaulichen Möglichkeiten noch den gesellschaftlichen Erwartungen.

TEXT: DIRK KNOCHE, JÖRG SCHLENSTEDT

**B**is in die 1980er-Jahre hinein richten sich Bestockungstypen auf Rekultivierungsflächen nach kurzfristigen Erwägungen. Lange gibt die „Sozialistische Forstwirtschaft“ den Takt vor und fordert hohe Flächenleistungen bei der Inkulturnahme [5]. Gleichzeitig erschöpfen sich die finanziellen Ressourcen und Betriebsmittel. Mit der deutschen Einheit wird das Lausitzer Braunkohlenrevier ab 1990 zur größten „Landschaftsbaustelle“ Europas – ein Experimentierfeld und Lernprozess. Die forstliche Rekultivierung steht im Fokus, angefangen bei den Planungsgrundlagen über das Leitbild bis hin zur praktischen Umsetzung [6]. Danach bestimmen bis heute übergeordnete landeskulturelle Ziele und standortöko-



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 1:** Kippenwälder mit Historie und Zukunft: Außenkippe IV (Weinberg Nardt) des ehemaligen Tagebaues Erika (Laubusch) der Ilse-Bergbau AG, etwa 90-jährige Rotbuche

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Analogieschlüsse zur Baumartenwahl** – ausgehend von natürlichen Waldgesellschaften – helfen nur bedingt
- » **Sehr spezielle Substratmerkmale** und bergbautechnologische bzw. industrielle Faktoren bestimmen den waldbaulichen Gestaltungsspielraum
- » **Danach sind heute** Trauben-, Stieleiche und Gemeine Kiefer die vorherrschende Rekultivierungsbaumarten
- » **In Mischbeständen leisten** Winterlinde, Hainbuche, Rotbuche, Roteiche, Robinie oder Gemeine Birke ihren Beitrag zur Risikostreuung

logische Prinzipien die Baumartenwahl. Auch wenn das Bergrecht vor allem die Wiedernutzbarmachung fordert, bleibt die Holzertragsfunktion den nicht monetären Ökosystemleistungen untergeordnet [12]. Gerade wegen der besonderen Bedeutung im Landschaftshaushalt werden anpassungsfähige Waldstrukturen angestrebt. Gesichtspunkte einer sicheren Langzeitverwahrung von Bergbaukippen sprechen für Dauerbestockungen, häufig mit erstaunlicher Biomasseleistung bzw. Holzertragsverwahrung.

### Lausitzer Kippenböden in der forstlichen Standortkartierung

Rund zwei Drittel aller Aufforstungsflächen lassen sich nach dem forstlichen Standorterkundungsverfahren (SEA 95, [13]) als arme (A) und ziemlich arme (Z) Standorte klassifizieren. Das entspricht in etwa den Verhältnissen des

Tagebau-Umlandes [1]. In wichtigen Punkten unterscheidet sich jedoch die Substratbeschaffenheit von „natürlichen“ Böden, vor allem durch die Verkipfung tertiärer Sedimente [2, 14].

Wie nicht anders zu erwarten, ist die Einordnung der Kippenböden in das bestehende, nach den gängigen Substratserien des pleistozänen Tieflandes gegliederte System schwierig [3]. Zwar lassen sich – alleine über die Korngrößenverteilung – rund 80 % aller A-(armen) Standorte der Feuchtestufe speichertrocken zuordnen. Eindeutig ist auch das Ergebnis für gut nährstoffversorgte K-(kräftige) und R-(reiche) Rohböden. In aller Regel sind sie speicherfrisch. Aber bei mäßig nährstoffversorgten Z-(ziemlich armen) und M-(mittleren) Substraten, etwa tertiär-quartären Gemengen, bestehen auffällige Disharmonien. Eine texturbedingt gute Wasserspeicherung zeigt nicht zwangsläufig ausgewogene Nährstoffverhältnisse

## „Damit ist die Waldentwicklung auf älteren Rekultivierungsflächen ein Weiser für Bestockungsempfehlungen.“

DIRK KNOCHE

an. Ursächlich sind wasserspeichernde Substratbeimengungen, welche aber weniger zum Nährstoffhaushalt beitragen, wie tertiäre Flaschentone oder fein verteilte Braunkohle. Auf älteren Kippen wiederum begünstigen basische und stickstoffreiche Flugaschen der ehemaligen Kraftwerke und Brikettfabriken das Waldwachstum [6, 15]. Dagegen führen versauernd wirkende Bestandteile (Pyrit, Markasit) zur pflanzenbaulichen Abstufung, wenn etwa ein unzureichend kalkmeliorierter Unterboden von säureempfindlichen Gehölzen kaum durchwurzelt wird.

Gleichzeitig verbessert die allmähliche Humusanreicherung der Böden ihren Wasserhaushalt auf Dauer. Die mikrobiologische Aktivierung trägt maßgeblich zur Bodenfruchtbarkeit bei. Insofern unterliegen die forstlich relevanten abiotischen Zustandseigenschaften und biotischen Merkmale einer hohen Entwicklungsdynamik [4]. So offenbaren sich die pflanzenbaulichen Möglichkeiten erst im Stangen- und Baumholzalter. Auch deshalb wurde früher anspruchslosen, aber kurzlebigen Pionier- und Übergangsbaumarten weit mehr Bestockungsfläche eingeräumt als ökologisch sinnvoll. Im Gegensatz dazu orientiert sich die Baumartenwahl heute am langfristigen Waldentwicklungsziel und Standortpotenzial [10].

### Vorausschauende Baumartenwahl

Die Baumartenwahl erfordert immer eine begründete Annahme zum späteren Waldzustand. Zielkorrekturen sind zwar möglich, was eine regelmäßige Überprüfung der Wuchs- und Konkurrenzsituation sowie Gehölz vitalität voraussetzt. Dabei sollen die natürlich

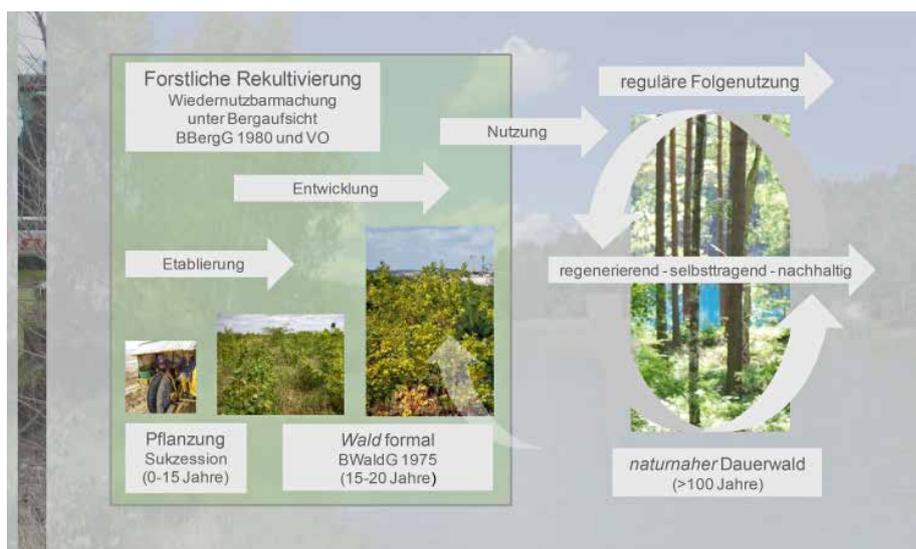


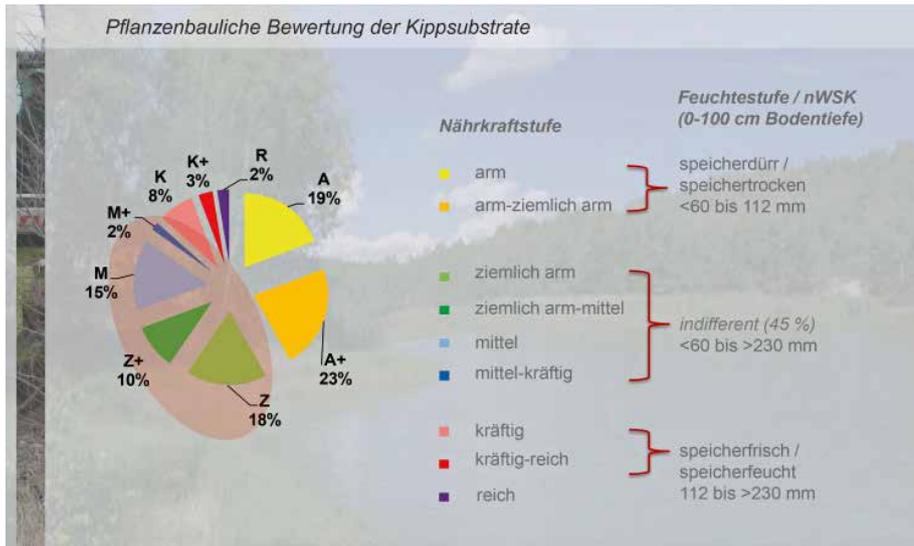
Abb. 2: Wiederherstellung von Wald als Mindestanforderung und das Waldentwicklungsziel – ein sich selbsttragender Dauerwald

Grafik: D. Knoche [FIB]

### Zuordnung von Kippsubstraten und Rekultivierungsbaumarten

Tab. 1: Bestockungstypen für Kippenaufforstungen unter Berücksichtigung der prognostizierten Klimaentwicklung [9], nur für terrestrische Standorte mit einem Grundwasserflurabstand von >2,0 m.

Kippsubstrat	Stamm-Nährkraftstufe	Stamm-Feuchtestufe	Standortgerechte Bestockungstypen bzw. empfohlene Baumartenkombination
Kalklehm, Kieskalklehm, Kalkschluff, Kieskalkschluff, Schluff, Kalkkohlelehm	reich (R)	feucht	(1) Trauben-/Stieleiche + Hainbuche/Winterlinde; (2) Edellaubhölzer + Trauben-/Stieleiche + Winterlinde / Hainbuche; (3) Edellaubhölzer / Trauben-/Stieleiche + Rotbuche
		frisch	(1) Trauben-/Stieleiche + Rotbuche; (2) Trauben-/Stieleiche + Winterlinde / Hainbuche; (3) Traubeneiche + Gemeine Kiefer
Lehm, Lehmsand, Schluff, Kalkkohlelehmsand	kräftig (K)	frisch	(1) Trauben-/Stieleiche + Winterlinde / Hainbuche; (2) Trauben-/Stieleiche + Edellaubhölzer; (3) Rotbuche + Edellaubhölzer
		mäßig frisch	(1) Trauben-/Stieleiche + Winterlinde; (2) Trauben-/Stieleiche + Gemeine Kiefer / Gemeine Birke
Lehm, Ton, Lehmsand, Kohlelehm, Kohlelehmsand, Kohleschluff, Kohleton, Kalkkohlesand	mäßig nährstoffhaltig (M)	mäßig frisch	(1) Trauben-/Stieleiche + Winterlinde / Hainbuche; (2) Trauben-/Stieleiche + Rotbuche; (3) Trauben/Stieleiche + Bergahorn
		mäßig trocken	(1) Trauben-/Stieleiche / Roteiche + Gemeine Kiefer; (2) Trauben-/Stieleiche + Gemeine Birke / Aspe
Lehmsand, Kieskohlelehmsand, Mittelsand, Feinsand, Kohlesand, Kieskohlesand, Kiessand	ziemlich arm (Z)	mäßig trocken	(1) Trauben-/Stieleiche + Gemeine Kiefer / Gemeine Birke / Aspe; (2) Gemeine Kiefer + Gemeine Birke / Rot-/Weißerle
		trocken	(1) Trauben-/Stieleiche / Roteiche + Gemeine Kiefer / Gemeine Birke; (2) Trauben-/Stieleiche + Gemeine Birke; (3) Gemeine Kiefer + Gemeine Birke / Aspe
Grobsand, Kohlesand, Kiessand, Kies	arm (A)	trocken	(1) Gemeine Kiefer + Gemeine Birke / Aspe; (2) Gemeine Kiefer + Rot-/Weißerle
		dürr	(1) Gemeine Kiefer; (2) Gemeine Kiefer + Gemeine Birke; (3) Trockenwald



Grafik: D. Knoche (FIB)

**Abb. 3:** Zuordnung der forstlichen Rekultivierungsflächen nach Trophie und Wasserhaushaltsstufen –  $nWSK_{100cm}$  = nutzbare Wasserspeicherkapazität

ablaufenden Prozesse weitmöglichst genutzt werden, um den Bewirtschaftungsaufwand zu verringern. Jedoch sind Analogieschlüsse des Tagebau-Umlandes wegen der Substratspezifika und Prozesse in Bergbauböden wenig hilfreich. Damit ist die Waldentwicklung auf älteren Rekultivierungsflächen ein Weiser für Bestockungsempfehlungen [5, 6, 14]. Darüber hinaus lässt sich das Wuchs- und Konkurrenzverhalten der Gehölze einschätzen – etwa durch

Voraussimulationen der Bestandesentwicklung oder Klima-/Zuwachsprognose [8, 9].

- Danach dominieren im Lausitzer Braunkohlenrevier eichenbetonte Laubholz-Mischwälder mit nur wenigen Mischungspartnern. Für die sorptionskräftigen Kipp-Lehme und Schluffe kommen auch Edellaubhölzer, Winterlinde, Hainbuche und Rotbuche in Frage.

- Mäßig nährstoffhaltige und wasserversorgte Substrate sind typische Eichenstandorte. Sie ermöglichen den trupp- bis gruppenweisen Mitanbau von weiteren, wirtschaftlich relevanten Begleitbaumarten. Geeignete Mischbaumarten sind Winterlinde, Rotbuche, Hainbuche, Bergsowie Spitzahorn.
- Anlehmige Sande sind für Trauben- und Stieleichen-Mischwälder geeignet. Die Gemeine Kiefer wird gemeinsam mit der Birke zum Mischungspartner, was der heute (noch) potenziell natürlichen Waldvegetation im Tagebau-Umland entspricht.
- Arme und speichertrockene bis -dürre, häufig kiesführende Kipp-Reinsande bleiben der Gemeinen Kiefer vorbehalten. Solchen „Zwangsstandorten“ fehlen Anbauoptionen, hier steht die Waldbedeckung bzw. -erhaltung im Vordergrund. Eine ökologisch sinnvolle Beimischung ist aber gewünscht – alleine zur Bodenverbesserung –, auch wenn die Mischungspartner später ausfallen.

### Mischbestandsbegründung

Wegen der hohen Substratheterogenität spricht viel für arten- bzw. strukturreiche Mischbestände – soweit standortlich möglich. Das ist gerade angesichts der noch unsicheren Klimaprognosen

## Klimawandel – NEUE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE FORSTLICHE REKULTIVIERUNG

Das Lausitzer Braunkohlenrevier zählt zu den klimaempfindlichsten Landschaftsräumen in Mitteleuropa: Schon heute limitiert die stark negative klimatische Wasserbilanz die Waldentwicklung auf grundwasserfernen Standorten. In Trockenjahren, wie etwa 2003, 2006, 2018 oder 2019, erreicht der Jahresniederschlag keine 450 mm. Hinzu kommen Hitzeepisoden mit Tageshöchsttemperaturen um 40 Grad Celsius im Schatten. Bis zum Ende des Jahrhunderts wird eine weitere Erwärmung des Landschaftsraumes von 1,1 bis 3,8 °C erwartet, mit gleichbleibenden bis schwach rückläufigen Niederschlägen im Sommer und einer weiter steigenden Differenz zwischen Niederschlägen und potenzieller Landschaftsverdunstung.

So lässt sich aus der bisherigen Entwicklung von Kippenwäldern nicht ohne weiteres auf die

künftige Wuchsdynamik schließen [7]. Das trifft vor allem speicherdürre und nährstoffarme Kippssande schwacher Trophie. Es sind heute Zielstandorte der anspruchslosen Gemeinen Kiefer. Sie ist aus Holzertragsgesichtspunkten ohne nennenswerte Bestockungsalternative, allenfalls in ökologisch sinnvoller Beimischung mit Gemeiner Birke. Jedoch reagiert die boreale Nadelbaumart zunehmend hitzeempfindlich und anfällig gegenüber Schadinsekten und Krankheitserregern. Schon heute markiert die Lausitz klimageografisch gesehen eine südwestliche Arealgrenze. Die langfristige Anbau-eignung ist also fragwürdig.

Zwar profitieren „wärmeliebende“ Laubgehölze, insbesondere Trauben- bzw. Stieleiche, Winterlinde, Rotbuche oder Hainbuche, von längeren

Vegetationszeiten und höheren Wintertemperaturen. Andererseits sind gebietsheimische Laubgehölze auf den armen Sandstandorten schon heute wenig konkurrenzfähig – ein Dilemma. Nach Martens et al. [11] existieren keine natürlichen Leitbilder für eine künftig als submediterran zu bezeichnende Klimazone. Es bleibt daher abzuwarten, wie sich die Baumartenzusammensetzung auf Sonderstandorten des Bergbaus entwickelt – möglicherweise in Richtung locker bestockter, stark vergraster „Steppenwälder“ mit Robinie, Zerr- oder Flaumeiche? Die stärkere Einbeziehung von walddynamischen Sukzessionsprozessen und eine Berücksichtigung von „klimaharten Alternativbaumarten“, etwa der Robinie, sind schon heute Bestandteil der forstlichen Rekultivierungsplanung.

für den schon heute wasserlimitierten Landschaftsraum bedeutsam.

- Die forstlichen Ziel- bzw. Hauptwirtschaftsbaumarten können auf Bestandesebene einen Flächenanteil von 50 bis 75 % einnehmen. Zwischenständige, dienende und noch wirtschaftlich relevante Mischbaumarten bedecken bis zur Hälfte.
- Das Flächenprozent ökologisch bedeutender, aber meist wirtschaftlich uninteressanter Nebenbaumarten beträgt unter 25 %. Bei der Waldrandgestaltung liegt ihr Anteil höher.
- Die natürliche Ansammlung von lückenfüllenden Weichhölzern (Salweide, Aspe oder Eberesche) ist grundsätzlich willkommen, aber nur soweit das waldbauliche Entwicklungsziel nicht gefährdet wird.
- Seltene Nebenbaumarten zweiter Ordnung, wie etwa Wildobstgehölze, berei-



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 4:** „Goldener Oktober“ – 15-jährige Traubeneichen-Aufforstung mit Winterlinde und lückenfüllendem Birkenanflug sowie Waldkiefern

chern das Landschaftsbild. Sie empfehlen sich bei der Gestaltung von Waldinnen- bzw. -außenrändern und Sonderflächen.

- Hinzu kommen walddtypische Sträucher (Weißdorn, Schlehe, Hundsrose, etc.) mit

besonderen ökologischen Funktionen oder mit Schutzbedürftigkeit (z. B. Wildobst, Wachholder, Elsbeere) entsprechend den Herkunftsempfehlungen.

#### Literaturhinweise:

[1] ALLRICH, P.; MÜLLER, M. (1999): Möglichkeiten und Grenzen des Waldumbaus in Südbrandenburg. Eberswalder Schriftenreihe 7, 24-35. [2] HEINKELE, T. (2012): Kippenböden in der Forstlichen Standortklassifikation. Einordnung der Kippenböden des Braunkohlenbergbaus in das System der Forstlichen Standortklassifikation (SEA 95) und Ableitung standortgerechter Bestandeszieltypen. Teil 2: Bewertung der Stamm-Nährkraft von Kippsubstraten und Ableitung kartierbarer Merkmale, Empfehlungen zu standortgerechten Bestandeszieltypen in Abhängigkeit der Nährstoffverfügbarkeit. Schriftenreihe des LfULG Sachsen (unveröffentlicht). [3] HEINKELE, T.; KNOCHE, D.; HAUBOLD-ROSAR, M. (2011): Überprüfung von Pedotransferfunktionen (PTF) zur Ableitung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) forstlich genutzter Kippenböden in Ostdeutschland. In: Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen, 3.-9. September 2011, Berlin. [4] HÜTTL, R. F.; KLEM, D.; WEBER, E. (Hrsg.) (2000): Ökologisches Entwicklungspotenzial der Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer Braunkohlenrevier. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 1-384. [5] KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2010): Chronik der Rekultivierungsforschung und Landschaftsgestaltung im Lausitzer Braunkohlenrevier bis 1990. Weißensee Verlag, Berlin, 1-688. [6] KNOCHE, D. (2001): Forstliche Rekultivierung. In: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (Hrsg.): Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlesanierung. Eigenverlag der LMBV, 105-131. [7] KNOCHE, D.; ERTLE, C. (2014): Klima- und standortangepasste Waldentwicklungstypen. AFZ-Der Wald 14/2014, 20-23. [8] KNOCHE, D.; ERTLE, C. (2020): Die Lausitz als Klimarisikoregion - Anpassungsstrategien in der Forstwirtschaft. In: Wasser - Lebensgrundlage für Landschaften - 25 Jahre FIB e.V. Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e.V., Band 3,

53-66. [9] KNOCHE, D.; ERTLE, C.; SCHERZER, J.; SCHULTZE, B. (2012): Kippenwälder des Lausitzer Braunkohlenreviers im Klimawandel, Teil I: Klimaszenarien der fernen Zukunft und Baumarteneignung. Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol. 46, 4, 145-151. [10] KNOCHE, D.; SCHLENSTEDT, J. (2018): Forest reclamation in the Lusatian Lignite District - A wounded landscape heading for new horizons. Proceedings of the 12th International Conference on Mine Closure, 03.-07.09.2018, Leipzig, (digital version), 677-688. [11] MARTENS, S.; GEMBALLA, R.; PETZOLD, R.; OTTO, L.-F.; EISENHAUER, D.-R. (2015): Wald, Forstwirtschaft und Klimawandel. In: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.): Klimawandel in Sachsen - wir passen uns an! Dresden, 1-138. [12] SCHLENSTEDT, J.; BRINCKMANN, A.; HÄFKER, U.; HAUBOLD-ROSAR, M.; KIRMER, A.; KNOCHE, D.; LANDECK, I.; LORENZ, A.; RÜMMLER, F.; STÄRKE, M.; TISCHEW, S.; WIEDEMANN, D. (2014): Rekultivierung. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlesanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 487-578. [13] SCHULZE, G. (1996): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (Standortserkundungsanleitung); SEA 95, Band A - Standortform. Schwerin, 1-298. [14] STÄHR, F. (2003): Interaktion zwischen Boden und Bestockung auf Kippenstandorten des Niederlausitzer Braunkohlenreviers am Beispiel der Rekultivierungsbaumarten Gemeine Kiefer, Gemeine Birke und Traubeneiche. Wachstums-, ernährungs- und bodenkundliche Untersuchungen. Diss. Techn. Univ. Dresden. [15] STÄHR, F.; KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2000): Untersuchungen zur Nährstoffversorgung der Kiefernforsten auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlenreviers. Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol. 34, 2, 56-62.

Ein besonderes Anliegen ist die Erhaltung gefährdeter Baum- und Straucharten bzw. Herkünfte. Dazu zählen etwa die Vorkommen der Lausitzer Tieflandsfichte oder die wenigen Weißtannen-Relikte in der Region. Als Ersatz für vom Bergbau bedrohte Lebensräume werden heute gezielt wasserstauende Flaschentone der tertiären Schichtenfolge oberflächennah verkippt. Grundsätzlich ist nur entsprechend FoVG zugelassenes und herkunftsgesichertes Forstpflanzgut geeignet. Soweit möglich werden lokale Herkünfte verwendet.



**Dr. Dirk Knoche**  
d.knoche@fib-ev.de

ist stellvertretender Direktor des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB) in Finsterwalde und leitet die Fachabteilung Agrar- und Forstökosysteme. **Jörg Schlenstedt** ist Fachreferent für Bergbaustrategie/Ökologie und Know-how-Austausch der LMBV mbH.



# Kippenwälder mit Perspektiven

Die am standortgerechten „Zielwald“ orientierte Baumartenwahl verspricht Stabilität und Anpassungsvermögen. Gleichwohl bleiben Kippenwälder junge, noch im Aufbau befindliche und hoch dynamische Systeme mit Unwägbarkeiten.

TEXT: DIRK KNOCHE



Foto: D. Knoche [FfB]

**Abb. 1:** Aller Anfang ist schwer: Initialstadium der natürlichen Wiederbewaldung eines quartären Kipp-Reinsandes nahe des Abbaubereiches

Unter Braunkohlensanierung versteht sich die Nachsorge und ordnungsgemäße Wiedernutzbarmachung von ausgekohnten Bergbauflächen. Es gilt, Voraussetzungen für eine „nachhaltige“ Erfüllung aller Landschaftsfunktionen zu schaffen [27, 33].

## Allgemeine Waldzustandsentwicklung

Beabsichtigt wird nicht die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes, was auch unrealistisch wäre [1]. Eine oft gestellte Frage ist es, inwieweit sich die jungen Wälder in ihren Eigenschaften vergleichbaren Bestockungen des Tagebau-Umlandes annähern. Oder ob sie auf Dauer davon abweichen, was eine besondere waldbauliche Behandlung zur Folge hätte [21].

### Bestandesentwicklung der Hauptwirtschaftsbaumarten

Vor dem Hintergrund des bergrechtlichen Anspruchs zur „regulären“ Folgenutzung nimmt die Beurteilung des Waldwachstums eine Schlüsselstellung ein und ist von jeher zentrales Kriterium für die Einordnung der Rekultivie-

rung. Zunächst mit Blick auf die Biomassebildung, wie sie sich anhand der wichtigsten Rekultivierungsbaumarten Gemeine Kiefer, Traubeneiche und Rot-eiche leicht abbilden lässt: Erstaunlich ist die bisherige Wuchsleistung [2, 5, 28]. Nach anfänglichen Wuchsstockungen liegen laufender Zuwachs, Gesamtwuchsleistung und Derbholzvorrat meist über den Werten gleichaltriger Bestände des Umlandes. Vor allem im armen Standortspektrum können die stammzahl- und massenreichen Bestände überzeu-gen [6, 7]. Hier beispielhaft skizziert für Reinbestände der Gemeinen Kiefer: So schwankt ihre Gesamtwuchsleistung im Alter von 50 Jahren zwischen rund 180 m<sup>3</sup>/ha und erstaunlichen 750 m<sup>3</sup>/ha – je nach Höhenbonität. Dem entspricht ein laufender Zuwachs an Derbholz (IZ) von 5,4 m<sup>3</sup>/ha/Jahr bzw. 14,4 m<sup>3</sup>/ha/Jahr. Auf den besten Standorten kulminiert der IZ bereits im Alter von 25 Jahren mit rund 22 m<sup>3</sup>/ha/Jahr.

### Etablierung von Nährstoffkreisläufen

Bemerkenswert ist, dass sich bereits mit dem Dickungsschluss weitgehend geschlossene Nährstoffkreisläufe etablieren. Dabei sind die im Aufbau

befindlichen Wälder auf lange Zeit mit Stickstoff, Phosphor und Kalium unter-sättigt bzw. hungern danach [16]. Auch beträgt die Tiefensickerung ab dem Dickungsalter nur noch 15 bis 30 % im Vergleich zu Kulturflächen und Offen-land. So findet keine Auswaschung dieser Elemente mehr aus dem Wurzelraum statt. Zwar lässt sich nicht selten eine Stickstoff-Unterversorgung über Nadel- und Blattspiegelwerte bis in das frühe Baumholzalter nachweisen [9, 29]. Aber mit spezifischen Mangelsymptomen einhergehende Vitalitäts- und Zuwachsverluste bilden die Ausnahme. Zugleich profitieren die jungen Kippenwälder von einer hohen Calcium- und Magnesium-Verfügbarkeit, unabhängig des Ausgangssubstrates [14].

### Nutzungsverträglichkeit

Generell ist die Nutzungsverträglichkeit von Kippenwäldern ähnlich einzuschätzen

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Kippenwälder sind junge**, noch im Aufbau befindliche Ökosysteme mit Nährstofflücken. Daher beschleunigt eine bedarfsgerechte NPK-Startdüngung die Boden- und Waldentwicklung
- » **Bereits mit dem Dickungs-schluss** lassen sich kurzgeschlossene Stoffkreisläufe nachweisen
- » **Schon im Stangenholzalter** entsprechen wichtige Produktionsziffern denen gleichaltriger Bestockungen des Tagebau-Umlandes
- » **Es bleibt Forschungsbedarf**, gerade zu Fragen der ökologischen Stabilität

## – Waldentwicklung –

**Tab. 1: Waldzustandseigenschaften auf Rekultivierungsflächen**

Kriterium/Merkmal Zeitraum bis zur Angleichung an Wälder des Tagebau-Umlandes	Bestockungsentwicklung – anfänglich „limitiert“, ab dem Dickungsalter „normalisiert“
<b>Bestandeswachstum</b> 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab dem Dickungsalter vergleichbare Biomassebildung (oberirdisch) und Wuchsdynamik, ähnliche Nutzungsmöglichkeiten</li> <li>nach Nährstoffzugsindex ist eine ähnliche Nutzungsintensität wie auf natürlichen Waldstandorten möglich</li> <li>schlüssige Durchforstungs- und Nutzungskonzepte zur nachhaltigen Bewirtschaftung liegen vor</li> </ul>
<b>Wasser- und Stoffhaushalt</b> 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Bilanzgrößen des ökosystemaren Wasserhaushaltes folgen der Biomassebildung</li> <li>die Wasserspeicherkapazität des Mineralbodens ist bei gleicher Textur aber häufig geringer</li> <li>die im Aufbau befindlichen Ökosysteme sind NPK-untersättigt (Senke)</li> <li>der Nährstoffumsatz (Streufall – Mineralisierung – Nährstoffaufnahme) ähnelt vergleichbaren Beständen des Tagebauumlandes</li> </ul>
<b>Ernährungszustand</b> 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>anfängliche NP(K)-Limitierung der Systeme, bedarfsgerechte Düngungsmaßnahmen sichern den Anwuchserfolg und beschleunigen das Waldwachstum</li> <li>mit Etablierung der ökosystemaren Nährstoffkreisläufe gleichen sich die Blatt- bzw. Nadelspiegelwerte von NPK-gedüngten und nicht behandelten Waldbeständen an</li> <li>von da an sind keine stabilisierenden Düngungsmaßnahmen mehr erforderlich</li> </ul>

wie bei Wäldern im Tagebau-Umland. Das gilt auch für die zunächst noch kritischen Makronährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium [12]. Dennoch sind Ganzbaumnutzungen bei der Holzernte zu vermeiden, auch weil der Humifizierungsprozess noch nicht im standorttypischen Gleichgewicht steht. So findet weiterhin eine Netto-Kohlenstoff-Speicherung im Boden statt, die dem Abbau organischer Substanz bzw. deren Mineralisierung „vorausleitet“.

Das in den frühen 1950er-Jahren begründete Negativimage von Kippenwäldern als besonders riskante, schlecht wüchsige und nur eingeschränkt nutzbare Übergangsbestockungen lässt sich widerlegen. Allerdings erwachsen die jetzt begründeten Bestände unter anderen Umweltbedingungen als noch vor einigen Jahrzehnten, alleine weil die Region so klimaempfindlich reagiert [17]. Selbst bei identischen Substraten dürften sich der bisherige und künftige Wuchsverlauf unterscheiden [18, 19].

### Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit

Die land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierungsflächen des Lausitzer Braunkohlenbergbaus sind bis auf die wenigen Bruchfelder des Tiefbaues jünger als 100 Jahre. Rund 90 % der vor

1945 geschütteten Altkippen werden durch spätere Bergbauaktivitäten „überbaggert“ [30]. Danach ist im Vergleich zur nacheiszeitlichen Bodenbildung gerade einmal ein Prozent der

## – Bodenbildung –

**Tab. 2: Initiale Bodenentwicklung und Humusformen**

Kriterium / Merkmal Zeitraum bis zur Angleichung an Wälder des Tagebauumlandes	Vom geologischen Substrat zur Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit
<b>Bodentypen</b> > 50 Jahre bis voraussichtlich mehrere Hundert Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>bisher nur Initialstadien der Bodenbildung mit Ausbildung eines humosen Ai- bzw. Ah-Horizontes; Lockersyrosem → Regosol bzw. Pararendzina</li> <li>auf schwach gepufferten, mäßig bis stark sauren Sanden erste Anzeichen einer Krypto-Podsolierung</li> <li>keine in ihrer Entwicklung darüber hinausgehende Bodentypen</li> </ul>
<b>Zustandseigenschaften</b> < 100 Jahre im humosen Oberboden > 100 Jahre bis mehrere Hundert Jahre im Unterboden	<ul style="list-style-type: none"> <li>schwefelsaure Kippsubstrate (pyrit- und kohleführend) unterliegen einer intensiven Verwitterungs- und Stoffauswaschungsdynamik</li> <li>die Bodenlösung im kalkmeliorierten Oberboden (0–30 cm) gleicht sich in wenigen Jahrzehnten derjenigen natürlicher Waldstandorte an</li> <li>der unmeliorierte Untergrund bleibt dagegen schwefelsauer und salin; bei stetig abnehmenden Stofffrachten immer noch atypisch hohe Salzkonzentrationen nahe der Sulfatsättigung (Gips, Anhydrid)</li> <li>der Nährstoffumsatz (Streufall – Mineralisierung – Nährstoffaufnahme) ähnelt vergleichbaren Beständen des Tagebau-Umlandes</li> </ul>
<b>Humusformen</b> 40 bis 80 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbaumhumus; die Humusformen sind abhängig von Baumart und Standort, zwischen F-Mull (reich, Laubholz) bis Rohhumus (arm, Gemeine Kiefer) auf Altkippen</li> <li>wichtige Kenngrößen, wie C/N-, C/P-Verhältnis, Nährstoffgehalte oder Sorptionseigenschaften, entwickeln sich analog</li> <li>immissionsbedingte „Sonderhumusformen“ im Umfeld der früheren Braunkohlenindustrie</li> </ul>

Zeit verstrichen. Es finden sich ausschließlich Rohbodensubstrate, Initialstadien und flachgründige Böden.

### Bodensystematische Einordnung

Aus den verkippten Lockersedimenten entstehen durch Humusanreicherung innerhalb von 10 bis 20 Jahren Lockersyrose (Ai-Horizont < 2 cm, Ai-IC-Horizontabfolge). Ein Schlüsselprozess ist die rasche, durch die NPK-Grund- und Ergänzungsdüngung stimulierte Anregung der mikrobiellen Zersetzerkette [13, 23, 32]. Damit speist ein Teil der beim Humusabbau freigesetzten Mineralstoffe bereits den Nährstoffkreislauf. Ab dem Dickungsalter sind keine Ergänzungsdüngungen mehr notwendig – die Systeme sind „selbsttragend“ [15]. Im Zuge der fortschreitenden Humus- bzw. Nährstoffakkumulation entwickeln sich dann Regosole bzw. Rigosole auf kalkhaltigen Ausgangssubstraten auch Pararendzinen [12, 31, 34]. Weitergehende, profilmorphologisch abgrenzbare Bodentypen sind bisher nicht dokumentiert.

### Spezifische Kippbodeneigenschaften

Auf Dauer beeinflussen unverkennbare Kippsubstrate-Eigenschaften die Boden- und Ökosystementwicklung. Das gilt vor allem für schwefelsaure und unzu-



Foto: C. Erle (FIB)

**Abb. 2:** Wüchsiger Kiefern-Mischbestand auf Rekultivierungsfläche im UNESCO-Geopark Muskauer Faltenbogen

reichend meliorierte Kippenböden [10]. Hier bleiben etwa die pH-Werte im unmeliorierten Untergrund im extrem sauren Reaktionsbereich ( $\text{pH}_{\text{KCl}} < 3,0$ ), sodass eine intensive Silikatverwitterung stattfindet. Die Eisen- und Aluminiummobilität ist sehr hoch – oft um einige Zehnerpotenzen über den Verhältnissen typischer Sandbraunerden. Allerdings sind die vorherrschenden Al- und Fe-Sulfat- und Hydroxid-Kom-

plexe minder wurzeltoxisch, bei Calcium- und Magnesium-Lösungskonzentrationen nahe der Sättigungsgrenze [20]. So erschließen sich eher säuretolerante Baumarten, wie Roteiche, Trauben-/Stieleiche und Gemeine Kiefer, innerhalb von 30 bis 50 Jahren den Unterboden [11], während pH- und Aluminium-empfindliche Gehölze, etwa Pappeln, bei zu flacher Kalkmelioration spätestens im angehenden Baumholzal-

**„Eine waldbauliche Zukunftsaufgabe wird es sein, gleichaltrige und häufig noch einschichtige Aufforstungskomplexe behutsam in strukturreiche Dauerwälder zu überführen.“**

**DIRK KNOCHE**

ter absterben. Ein anderes Beispiel für eine technogene Überprägung ist die N-Eutrophierung durch Flugasche- bzw. Staubeinträge der ehemaligen Braunkohlenindustrie. Gerade nährstoffarme und kiesige Reinsande profitieren davon, auch weil sich bei bis zu 20 cm mächtigen Auflagen die nutzbare Wasserspeicherkapazität ( $\text{nWSK}_{100\text{cm}}$ ) um 10 bis 30 % erhöht. Das kann die relative Höhenbonität der Bestände um ein bis zwei Leistungsstufen aufwerten.

## – Biodiversität –

**Tab. 3: Biologische Vielfalt von Kippenwäldern**

Kriterium/Merkmal Zeitraum bis zur Angleichung an Wälder des Tagebaumlandes	Biologische Vielfalt – große Bandbreite in Abhängigkeit von Substrat, Bestockungssituation und Bestandesalter
<b>Biotop</b> 10 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ab dem Dickungsstadium vergleichbare Biotopfunktion und Entwicklungsmuster</li> <li>• abhängig von der Bestandesstruktur (Rein- oder Mischbestand) und Bewirtschaftungsintensität</li> <li>• die Artenvielfalt ist substrat- und bestockungsabhängig, für artenreiche Sukzessionswälder und bei hohem Totholzanteil herausragende ökologische Wertigkeit</li> <li>• die Primärsukzession ist von Zufallsfaktoren bestimmt: dem Transport zur Fläche, den Witterungsbedingungen und der physiologischen Amplitude ankommender Arten</li> <li>• die Artenzusammensetzung entspricht in ihrer Komplexität nicht immer den Wäldern des Umlandes, was zu Störungen der Waldentwicklung führen kann</li> <li>• ein Beispiel ist die hohe Anfälligkeit der Gemeinen Kiefer gegenüber dem Wurzelschwamm, noch fehlen wichtige „Gegenspieler“, etwa der Riesenrindenpilz</li> </ul>
<b>Lebensgemeinschaft</b> 10 bis > 30 Jahre	
<b>Nahrungskette</b> 20 bis > 100 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• frühzeitig etabliert sich eine leistungsfähige „Zersetzerkette“, die mikrobiologische Aktivität des Oberbodens entspricht derjenigen vergleichbarer Bestockungen im Tagebau-Umland, zwischen 20 bis 30 Jahren siedeln sich Regenwürmer an, soweit der bodenchemische Zustand dem genügt</li> <li>• langfristiger Prozess, in seiner Gesamtheit und künftigen Entwicklung noch nicht abschätzbar und im Detail unerforscht</li> </ul>

## Ecological Restoration – ein Gewinn an biologischer Vielfalt und Habitatqualität

Rekultivierungsflächen des Braunkohlentagebaues gelten als pflanzenbauliche Sonderstandorte, alleine wegen ihrer technologischen Entstehung und der gestörten geologischen Substratabfolge. Rohkippen sind aber auch Neuland – ohne jegliche Habitat- bzw. Biotopkontinuität.

### Initiale Besiedlung und Vegetationsdynamik

So dominieren in der Krautschicht junger Aufforstungen typische Ruderalarten, Erstbesiedler bzw. „Alleskönner“. Bei noch geringem Konkurrenzdruck können verschiedene Lebens- und Verjüngungsformen nebeneinander standortökologische Nischen besetzen [3]. Vor allem das zufällige Diasporeangebot beeinflusst die Ansiedlung [8]. Spätestens mit dem Bestandesschluss wird aber die Lichtkonkurrenz der Rekulti-

vierungsgehölze zum bestimmenden Faktor [35]. Die Artenfluktuation ist hoch: Nicht anders als im Altersklassenwald des Tagebau-Umlandes nimmt die biologische Vielfalt dann ab. Während im Kulturstadium noch ein- und zweijährige Pflanzenarten des Offenlandes die Bodenvegetation charakterisieren, so setzen sich schattentolerante, verholzte und hygromorphe Wald- bzw.

Gebüscharten durch – jetzt mit standortökologischer Weiserqualität. Schon im Stangen- und frühen Baumholzalder (30 bis 50 Jahre) beträgt ihr Anteil über 50 % [4, 25].

### Totholzbewohnende Käfer

Eine wichtige Kenngröße zur Habitatqualität von Wäldern ist ihr stehender Totholzanteil und die daraus abgeleitete

Besiedlung durch daran gebundene Arten. Insbesondere zu Lauf- und Totholzkäfern liegt ein umfangreiches Datenmaterial vor [24, 26]. Danach ist die Biodiversität abhängig von: Verjüngungsform (Pflanzung, Saat, Sukzession), Baumarteninventar, Bestandesalter, -struktur und Bewirtschaftung. Für einen 54-jährigen Birkenbestand lassen sich über 33 m<sup>3</sup> Totholz je Hektar nach-

### Literaturhinweise:

[1] BISMARCK VON, F.; ANDRICH, A.; BERKNER, A.; BOLDORF, K.; DALLHAMMER, W.-D.; DREBENSTEDT, C.; FREYTAG, K.; KADLER, A.; MEYER, H.-D.; SCHLENSTEDT, J.; SCHMIDT, R.; STRZODKA, M.; WEYMANN, K.-O. (2014): Rechtliche, finanzielle und organisatorische Grundlagen. In: Drebenstedt, C.; Kuyumcu, M. (Hrsg.): Braunkohlensanierung - Grundlagen, Geotechnik, Wasserwirtschaft, Brachflächen, Rekultivierung, Vermarktung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 73-129. [2] BÖCKER, L.; STÄHR, F.; KATZUR, J. (1998): Waldwachstum auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlereviere. *AFZ-DerWald* 13/1998, 691-694. [3] DAGEFÖRDE, A. (1998): Spontane Vegetationsentwicklung auf nicht meliorierten Kippen. In: Bungart, R.; Hüttl, R. F. (Hrsg.): Landnutzung auf Kippenflächen - Erkenntnisse aus einem anwendungsorientierten Forschungsvorhaben im Lausitzer Braunkohlerevier. *Cottbusser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung* 2, 207-225. [4] DAGEFÖRDE, A.; DÜKER, C.; KEPLIN, B.; KIELHORN, K.-H.; WAGNER, A.; WULF, M. (2000): Eintrag und Abbau organischer Substanz und Reaktion der Bodenfauna (Carabidae und Enchytraeidae) in forstlich rekultivierten Kippsubstraten im Lausitzer Braunkohlerevier. In: Broll, G.; Dunger, W.; Keplin, B.; Topp, W. (Hrsg.): *Rekultivierung in Bergbaufolgelandschaften*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 101-130. [5] ENDE, H.P.; BUNGART, R.; HÜTTL, R. F. (1999): Standort und Produktivität von Kiefernökosystemen auf kohlefreien Kippsubstraten. *AFZ-DerWald* 25/1999, 1331-1332. [6] ERTLE, C.; KNOCHE, D.; WENK, G. (2012): Ertragstafel der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) für Kippenstandorte des Lausitzer Braunkohlereviere. *Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e.V.*, Band 2, 1-90. [7] ERTLE, C.; KÖHLER, R.; KNOCHE, D. (2019): Holzerteverfahren für Kiefernbestände. *Forst & Technik* 1, 33-37. [8] FELINKS, B. (2000): Primärsukzession von Phytozönosen in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. *Diss. Brandenburgische Technische Univ. Cottbus*. [9] HEINSDORF, D. (2000): Langjährige Auswirkungen mineralischer Düngungen in jungen Kiefernbeständen auf Kippstanden. *AFZ-DerWald* 21/2000, 1138-1143. [10] HÜTTL, R. F.; WEBER, E. (2001): Forest ecosystem development in post-mining landscapes. A case study of the Lusatian lignite district. *Naturwissenschaften* 88, 322-329. [11] KATZUR, J.; BÖCKER, L.; KNOCHE, D.; MERTZIG, C.-C. (1999): Untersuchungen zur Optimierung der Meliorationstiefe für die forstliche Rekultivierung schwefelsaurer Kippenböden. *Beitr. Forstw. u. Landsch.ökol.* 33, 4, 172-179. [12] KATZUR, J.; HAUBOLD-ROSAR, M. (1997): Zum Kulturwert der Deckbergsschichten und zur Bodentypenentwicklung auf den Kippenstandorten der Lausitz. *Braunkohle* 49, 6, 587-594.

[13] KEPLIN, B.; DAGEFÖRDE, A.; DÜKER, C. (1999): Untersuchungen zum Abbau von organischer Substanz und zur Bodenbiozönose auf forstlich rekultivierten Kippstandorten. In: Hüttl, R.F.; Klem, D.; Weber, E. (Hrsg.): *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften - Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlereviere*. De Gruyter, Berlin, New York, 73-87. [14] KNOCHE, D. (2001): Forstliche Rekultivierung. In: *Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH* (Hrsg.): *Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlensanierung*. Eigenverlag der LMBV, 105-131. [15] KNOCHE, D.; EMBACHER, A.; KATZUR, J. (2000): Entwicklung des N-, P- und K-Umsatzes von Eichenökosystemen auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlereviere. *AFZ-Der Wald* 21/2000, 1147-1151. [16] KNOCHE, D.; EMBACHER, A.; KATZUR, J. (2002): Water and element fluxes of red oak ecosystems during stand development on post-mining sites (Lusatian lignite district). *Water, Air, and Soil Pollution* 141, 219-231. [17] KNOCHE, D.; ERTLE, C. (2014): Klima- und standortangepasste Waldentwicklungstypen. *AFZ-Der Wald* 14/2014, 20-23. [18] KNOCHE, D.; ERTLE, C. (2020): Die Lausitz als Klimarisikoregion - Anpassungsstrategien in der Forstwirtschaft. In: *Wasser-Lebensgrundlage für Landschaften. Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften (FIB)*, Band 3, 53-66. [19] KNOCHE, D.; ERTLE, C.; SCHERZER, J.; SCHULTZE, B. (2012): Kippenwälder des Lausitzer Braunkohlereviere im Klimawandel. Teil I: Klimaszenarien der fernen Zukunft und Baumarteneignung. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 46, 4, 145-151. [20] KNOCHE, D.; SCHAAF, W.; EMBACHER, A.; FASS, H.-J.; GAST, M.; SCHERZER, J.; WILDEN, R. (1999): Wasser- und Stoffdynamik von Waldökosystemen auf schwefelsauren Kippsubstraten des Braunkohlenbergbaus im Lausitzer Revier. In: Hüttl, R.F.; Klem, D.; Weber, E. (Hrsg.): *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlereviere*. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 45-71. [21] KNOCHE, D.; SCHLENSTEDT, J. (2018): Forest reclamation in the Lusatian Lignite District - A wounded landscape heading for new horizons. *Proceedings of the 12th International Conference on Mine Closure*, 03.-07.09.2018, Leipzig, 677-688. [22] KÖHLER, R.; ERTLE, C.; KNOCHE, D. (2016): Holzerteverfahren für die Kiefern-Jungbestandspflege - Ein Praxisversuch im Lausitzer Braunkohlerevier. *Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg*. 1-73. [23] KOLK, A.; KEPLIN, B.; HÜTTL, R. F. (1997): Untersuchungen zum Streuabbau, zur Mikrobiologie und zur Bodenmesofauna auf ausgewählten, forstlich rekultivierten Standorten einer Kiefernchronosequenz. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 85, 537-540. [24] LANDECK, I.; ERTLE, C.; BÖCKER, L. (2006): Xylobionte Käfer in Waldum-

baubeständen auf Kippenflächen in Süd-Brandenburg und Ost-Sachsen. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 40, 127-140. [25] LANDECK, I.; KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2000): Untersuchungen zur Waldbodenvegetation ostsächsischer Kippenforsten. *Beitr. Forstw. u. Landsch.ökol.* 34, 1, 21-28. [26] LANDECK, I.; KIRMER, A.; HILDMANN, C.; SCHLENSTEDT, J. (Hrsg.) (2017): *Arten und Lebensräume der Bergbaufolgelandschaften - Chancen der Braunkohlensanierung für den Naturschutz im Osten Deutschlands*. Shaker Verlag GmbH, Aachen, 1-560. [27] SCHMIDT, R. (2009): Rechtsgrundlagen und Genehmigungsverfahren als Rahmen bergbaulicher Tätigkeit. In: Stoll, R. D.; Niemann-Delius, C.; Drebenstedt, C.; Müllensiefen, K. (Hrsg.): *Der Braunkohlentagebau - Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 429-438. [28] STÄHR, F.; KATZUR, J. (2005): Ertragsleistung und Wuchsgang von Traubeneichen-Erstaufforstungen auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlereviere. *Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol.* 39, 4, 180-188. [29] STÄHR, F.; KATZUR, J.; BÖCKER, L. (2000): Untersuchungen zur Nährstoffversorgung der Kiefernforsten auf Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlereviere. *Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol.* 34, 2, 56-62. [30] STEINHUBER, U. (2005): *Einhundert Jahre bergbauliche Rekultivierung in der Lausitz. Ein historischer Abriss der Rekultivierung und Sanierung im Lausitzer Braunkohlerevier*. *Diss. Philosophische Fakultät der Palacký-Universität Olomouc*, 1-360. [31] THOMASIU, H.; WÜNSCHE, M.; SELENT, H.; BRÄUNIG, A. (1999): Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlebergbaus in Sachsen - ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten* 17, 1-71. [32] WEISS, U. A. E. (2005): Pedogenese von forstlich genutzten Kippenböden unter Berücksichtigung des Einsatzes von Klärschlamm und Kompost im Lausitzer Braunkohlerevier. *Cottbusser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung*, Band. 33, 1-179. [33] WITTIG, H. (1998): Braunkohlen- und Sanierungsplan im Land Brandenburg. In: Pflug, W. (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie - Folgenutzung - Naturschutz*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 475-486. [34] WÜNSCHE, M.; THOMASIU, H. (2007): Kippenböden und forstliche Rekultivierung im Mitteldeutschen Braunkohlerevier. In: *Kummersdorf, A.* (Hrsg.): *Ökologie in Landschaftsgestaltung, Tagebau-Rekultivierung und Landeskultur/Umweltschutz*. Sax-Verlag, Beucha, 101-118. [35] WULF, M.; SCHMINKE, B.; WEBER, E. (1999): *Entwicklung der Bodenvegetation in Kippenforsten*. In: Hüttl, R.F.; Klem, D.; Weber, E. (Hrsg.): *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften - Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlereviere*. De Gruyter, Berlin, New York, 89-100.



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 3:** Wasserhaushaltsuntersuchungen in einem 52-jährigen Traubeneichen/Birken-Mischbestand, gelegen im ehemaligen Tagebau Friedländer



Foto: D. Knoche (FIB)

**Abb. 4:** Zweite Waldgeneration: Natürliche Verjüngung von Traubeneiche, Winterlinde, Roteiche und Bergahorn in einem abgängigen Birken-/Pappel-Erlen-Pionierwald

weisen; unter rein naturschutzfachlichen Gesichtspunkten werden mindestens 40 m<sup>3</sup>/ha in Altbeständen angestrebt. Solche Wildnisgebiete sind Lebensraum für rund 200 holzbewohnende Käferarten, obwohl Altholz fehlt und Mulmhöhlen bewohnende Arten selten sind. Die erreichte Biodiversität entspricht immerhin den niedrigsten für Naturwaldzellen der Region angegebenen Werten. Dagegen weisen gleichaltrige, aber totholzarme (< 5 m<sup>3</sup>/ha) Kiefern-Reinbestände weniger als 60 Spezies auf – eine ähnlich geringe Besiedlungsdichte wie im Umland.

### Ein Ausblick zur Waldnachfolge

Die forstliche Rekultivierung zeigt, wie sich bei passender Flächenvorbereitung und einer standortgerechten Baumartenwahl die geplanten Waldbestände etablieren. So bestimmen heute gebietsheimische Laubgehölze den Anbau: Trauben- bzw. Stieleiche, Winterlinde, Hainbuche und Gemeine Birke machen über die Hälfte der jährlichen Kulturfläche aus. Laubholz-Mischwälder trotzen – bei angemessener NPK-Startdüngung – den anfänglich schwierigen Wuchsbedingungen. Mit ihrer ökologischen Bandbreite können sie sich den dynamischen Zustandseigenschaften von Kippenstandorten anpassen. Vorschnelle Einwände, wonach die langfristige Stabilität der jungen Ökosysteme noch unklar sei, lassen sich durch Forschungsergebnisse entkräften. Sicherlich gibt es auch Fehlschläge, wenn beispielsweise Birken- und Pappel-Pionierwälder frühzeitig absterben oder Kiefern-Monokulturen unter Schaderregern und im Klimawandel leiden. Dennoch zeigt die forstliche Rekultivierung, wie aus dem Anfangszustand einer neuen Landschaft attraktive, ökologisch wertvolle und – nach menschlichem

Maßstab – produktive Lebensräume entstehen können.

- *Eine waldbauliche Zukunftsaufgabe wird es sein, gleichaltrige und häufig noch einschichtige Aufforstungskomplexe behutsam in strukturreiche Dauerwälder zu überführen, wie sie den beabsichtigten Waldentwicklungszielen entsprechen. Dafür bieten junge Laubholz-Mischbestände aus mehreren Licht- und Schattenbaumarten noch genügend Steuerungsmöglichkeiten.*
- *Daneben sehen sich die Bewirtschafter zunehmend mit bereits abgängigen Pionierwäldern konfrontiert – immer dann, wenn die Baumartenwahl nicht standortgerecht erfolgt ist. Das betrifft Birken- und Pappel-Erlen-Bestockungen, heute meist im Alter von 50 bis 80 Jahren.*
- *Ähnlich problematisch sind Kiefern-Reinbestände auf grundmeliorierten, aber wegen ungleichmäßiger Aschemelioration oberflächennah stark überkalkten Kippenböden der 1970er- bis 1980er-Jahre. Nach ersten Durchforschungseingriffen kommt es zu einem massiven Kiefern-Wurzelschwammbefall – sofern keine prophylaktische Stubbenbehandlung mit Harnstoff oder Biopräparaten erfolgt. Hier kann die „Ackersterbe“ binnen weniger Jahre zur Bestandesauflösung führen. Dann ist eine proaktive bzw. sukzessive Überführung unter Schirm in risikoärmere Laubholz-Mischwälder geboten.*

Den jährlichen Rückgabeflächen des Bergbaus (Jahresscheiben) folgend, entsteht zwangsläufig ein künstlicher Altersklassenwald mit geringer Strukturvielfalt – noch weit entfernt vom „ökologischen Idealzustand“. Bei sorgfältiger Flächenvorbereitung lassen sich aber Jungbestände realisie-

ren, die entwicklungsfähig sind. Eine Frage der standortgerechten Baumartenwahl: Die abgeleiteten Bestockungstypen entsprechen in ihrer Baumartenkombination den Waldentwicklungszielen. An diesem Punkt decken sich die spezifischen Ansprüche der Gehölze an Wasser und Nährstoffe mit den auf Dauer verfügbaren Ressourcen. Die forstliche Rekultivierung ist eine Langzeitaufgabe: Bei allen Maßnahmen darf die bisherige Bodenbildung und Ökosystementwicklung nicht infrage gestellt werden – auch wenn der vorgefundene Bestockungszustand nicht den heutigen Zielen entspricht. Jede überzogene Biomassenutzung mit drastischer Absenkung des Kronenschlussgrades gefährdet die so bedeutsame Humus- und Bodenentwicklung.

Voraussichtlich im Jahr 2038 schließt der letzte Großtagebau. Damit stehen die Rekultivierungsverantwortlichen unter großem Handlungsdruck. Wenn voraussichtlich in den 2050er-Jahren alle geplanten Forstflächen wiederbestockt sind, geht damit eine rund 250-jährige Bergbaugeschichte zu Ende.



**Dr. Dirk Knoche**  
d.knoche@fib-ev.de

ist stellvertretender Direktor des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB) in Finsterwalde und leitet die Fachabteilung Agrar- und Forstökosysteme.