



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 ausgekohlten 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 m³/ha und erstaunlichen 750 m³/ha – je nach Höhenbonität. Dem entspricht ein laufender Zuwachs an Derbholz (IZ) von 5,4 m³/ha/Jahr bzw. 14,4 m³/ha/Jahr. Auf den besten Standorten kulminiert der IZ bereits im Alter von 25 Jahren mit rund 22 m³/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“
Bestandeswachstum 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> ab dem Dickungsalter vergleichbare Biomassebildung (oberirdisch) und Wuchsdynamik, ähnliche Nutzungsmöglichkeiten nach Nährstoffzugsindex ist eine ähnliche Nutzungsintensität wie auf natürlichen Waldstandorten möglich schlüssige Durchforstungs- und Nutzungskonzepte zur nachhaltigen Bewirtschaftung liegen vor
Wasser- und Stoffhaushalt 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> die Bilanzgrößen des ökosystemaren Wasserhaushaltes folgen der Biomassebildung die Wasserspeicherkapazität des Mineralbodens ist bei gleicher Textur aber häufig geringer die im Aufbau befindlichen Ökosysteme sind NPK-untersättigt (Senke) der Nährstoffumsatz (Streufall – Mineralisierung – Nährstoffaufnahme) ähnelt vergleichbaren Beständen des Tagebauumlandes
Ernährungszustand 25 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> anfängliche NP(K)-Limitierung der Systeme, bedarfsgerechte Düngungsmaßnahmen sichern den Anwuchserfolg und beschleunigen das Waldwachstum mit Etablierung der ökosystemaren Nährstoffkreisläufe gleichen sich die Blatt- bzw. Nadelspiegelwerte von NPK-gedüngten und nicht behandelten Waldbeständen an von da an sind keine stabilisierenden Düngungsmaßnahmen mehr erforderlich

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

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
Biotop 10 bis 30 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • ab dem Dickungsstadium vergleichbare Biotopfunktion und Entwicklungsmuster • abhängig von der Bestandesstruktur (Rein- oder Mischbestand) und Bewirtschaftungsintensität • die Artenvielfalt ist substrat- und bestockungsabhängig, für artenreiche Sukzessionswälder und bei hohem Totholzanteil herausragende ökologische Wertigkeit • die Primärsukzession ist von Zufallsfaktoren bestimmt: dem Transport zur Fläche, den Witterungsbedingungen und der physiologischen Amplitude ankommender Arten • die Artenzusammensetzung entspricht in ihrer Komplexität nicht immer den Wäldern des Umlandes, was zu Störungen der Waldentwicklung führen kann • ein Beispiel ist die hohe Anfälligkeit der Gemeinen Kiefer gegenüber dem Wurzelschwamm, noch fehlen wichtige „Gegenspieler“, etwa der Riesenrindenpilz
Lebensgemeinschaft 10 bis > 30 Jahre	
Nahrungskette 20 bis > 100 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • langfristiger Prozess, in seiner Gesamtheit und künftigen Entwicklung noch nicht abschätzbar und im Detail unerforscht

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 m³ 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. *Cottbuser 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): Holzertverfahren 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): Holzertverfahren 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 Braunkohlentagebaus 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*. *Cottbuser 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 m³/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 m³/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.