

Schriftenreihe der  
Sächsischen Landesanstalt für Forsten

Heft 17/99

**Wald- und Forstökosysteme  
auf Kippen des Braunkohlebergbaus  
in Sachsen  
– ihre Entstehung, Dynamik und  
Bewirtschaftung –**



Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Forsten



**Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlenbergbaus in Sachsen  
– ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung –**

PROF. DR. DR. H. THOMASIUS, PROF. DR. M. WÜNSCHE,  
DIPL.-ING. (Forstwiss.) H. SELENT u. DIPL.-GEOGR. A. BRÄUNIG

Dem langjährigen Standortserkunder und Kippenkartierer im Südraum von Leipzig,  
unserem Freund und Kollegen DIPL. FORSTING. ALBRECHT SCHUBERT †,  
in Hochachtung und zum ehrenden Gedenken gewidmet.

# Inhalt

	<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Ökogeographische Charakteristik der sächsischen Braunkohlereviere</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Kippengeotope und ihre Klassifikation</b>	<b>12</b>
3.1	Kippenböden	12
3.2	Modifikation der Kippenböden	13
3.2.1	Stoffeinträge	13
3.2.2	Wasserangebot	14
3.3	Klassifikation der Kippengeotope	16
<b>4</b>	<b>Kippenforsten und -wälder</b>	<b>17</b>
4.1	Entstehung von Kippenforsten und -wäldern	17
4.2	Kippenforsten und -wälder im Mitteldeutschen Braunkohlerevier	18
4.2.1	Dynamik und Produktivität unter Berücksichtigung basischer Eutrophierungen	18
4.2.1.1	Bodenpflanzendecke in Kippenforsten	18
4.2.1.2	Etablierung von Gehölzen	20
4.2.1.3	Biotopbildung durch biozönotische Rückwirkungen auf Kippengeotope	21
4.2.1.4	Produktivität der Baumbestände	28
4.2.1.5	Attraktoren der Sukzession	29
4.2.1.6	Beispiele charakteristischer Kippengeotope mit Bestockung	30
4.2.2	Forstwirtschaftliche Nutzung und Bewirtschaftung von Kippen	40
4.2.2.1	Rekultivierung oder Renaturierung	40
4.2.2.2	Kippenrekultivierung (Baumartenwahl und -mischung, Aufforstungstechnologie)	40
4.2.2.3	Kippenrenaturierung	53
4.2.2.4	Waldbauliche Behandlung von Kippenforsten und -wäldern	54
4.3	Veränderungen von Kippenforsten der Lausitz infolge Grundwasseranstieg	55
4.3.1	Reaktion von Kippenforsten auf Grundwasseranstieg	55
4.3.2	Konsequenzen für die Waldbehandlung	58
<b>5</b>	<b>Umbau von Kippenforsten</b>	<b>66</b>
5.1	Grundanliegen	66
5.2	Umbauverfahren	66
5.2.1	Semisukzessive Verfahren	66
5.2.2	Vor- und Unterbau	67
5.2.3	Bestandeserziehung und -pflege	67
5.3	Bestandesumbau bei Umweltveränderungen	67

<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>69</b>

In diese Publikation sind Untersuchungsergebnisse der mit Mitteln der DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG UMWELT sowie der LAUSITZER UND MITTELDEUTSCHEN BRAUNKOHLN-VERWALTUNGSGESELLSCHAFT BERLIN (LMBV) finanzierten Forschungsarbeit „Zustand, Entwicklung und multifunktionale Wirkung von Wald- und Forstökosystemen auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus“ (STEINE UND ERDEN PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH, DRESDEN) eingeflossen. Für diese Unterstützung wird vielmals gedankt.

# Vorwort

In Sachsen wurden bis 1997 durch Braunkohlebergbau insgesamt ca. 20 000 Hektar Wald in Anspruch genommen. Das sind 4 % der Gesamtwaldfläche Sachsens. Nur etwa die Hälfte dieser Bergbauflächen sind bisher wieder Wald geworden. So werden künftig große Anstrengungen notwendig sein, den ursprünglichen Waldanteil zu erreichen. Ziel für die bereits bestehenden und künftigen Waldflächen ist die Entstehung und Entwicklung einer naturnahen und vielfältig nutzbaren Waldlandschaft mit hohem wirtschaftlichen, ökologischen und rekreativen Wert.

Gegenüber gewachsenen Standorten weisen die Bergbaufolgelandschaften besondere standörtliche Bedingungen auf. Für die Aufforstung und die weitere Bewirtschaftung solcher Flächen ist deshalb die genaue Kenntnis über bodenkundliche, ertragskundliche und vegetationskundliche Verhältnisse von entscheidender Bedeutung.

Mit dem vorliegenden Werk wurde für Sachsen erstmals eine Dokumentation über die Entstehung, Entwicklung und Bewirtschaftung von Wald- und Forstökosystemen in Bergbaufolgelandschaften zusammengestellt.

Die Ergebnisse basieren auf systematischen bodenkundlichen und waldökologischen Untersuchungen in den mitteldeutschen und Lausitzer Braunkohlegebieten.

Es stellt damit der Praxis wichtige forstwissenschaftliche Grundlagen für die Arbeit in Bergbaufolgelandschaften zur Verfügung.

Darüber hinaus enthält die Dokumentation wichtige Bausteine für künftige Leitbilder eines ökologischen Waldbaus auf Kippen und für eine ökologisch begründete Behandlung von Kippenaufforstungen.

Die Sächsische Landesanstalt für Forsten dankt Prof. Dr. Dr. H. Thomasius und den beteiligten Wissenschaftlern für die Bereitstellung dieser umfangreichen und hervorragend aufbereiteten Forschungsergebnisse. Sie stellen für die Bergbaufolgelandschaften Sachsens einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der im Forstpolitischen Programm des Freistaates Sachsen festgeschriebenen naturnahen Waldbewirtschaftung dar.



Prof. Dr. habil. H. Braun

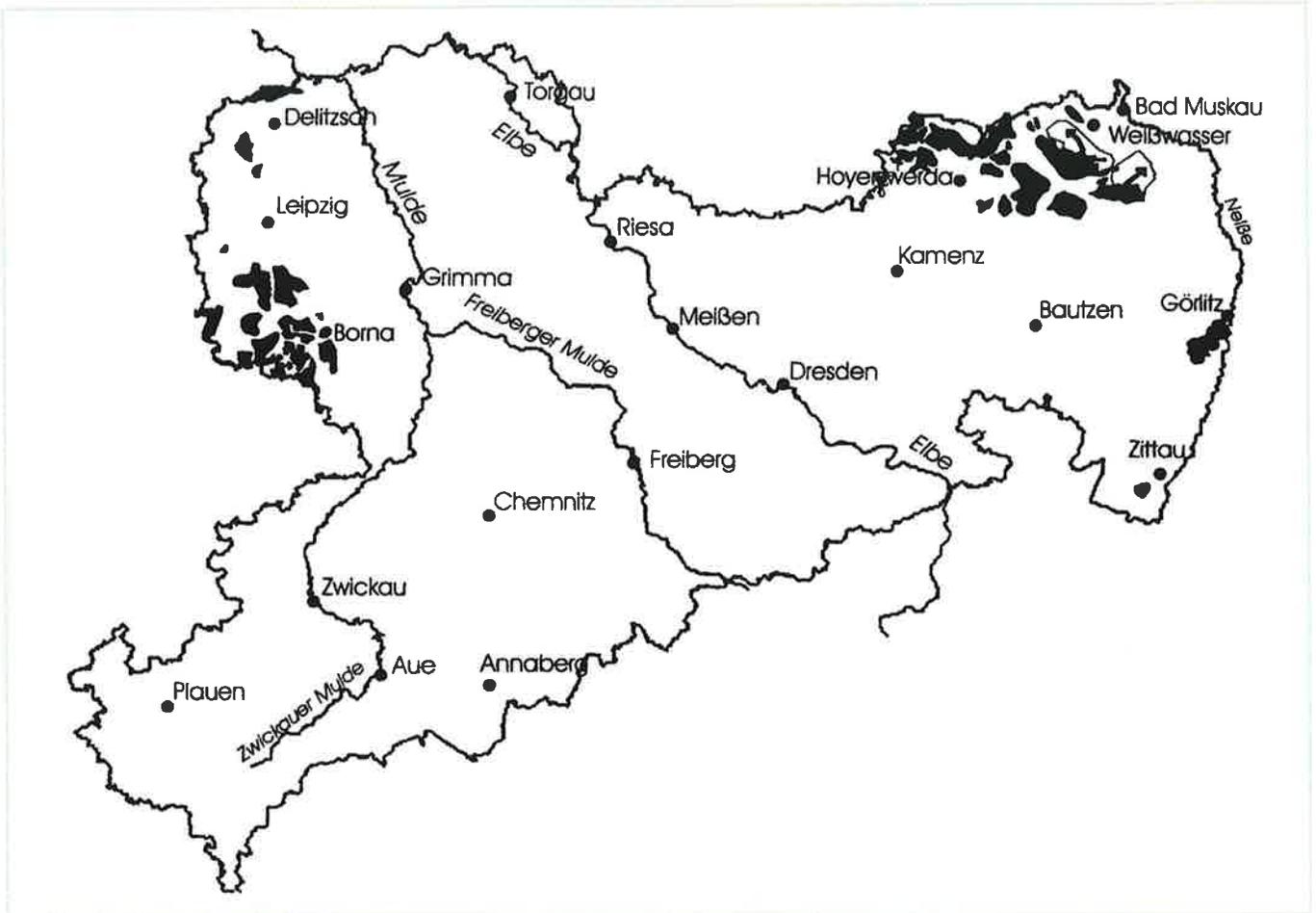
Leiter der Sächsischen Landesanstalt für Forsten

# 1 Einleitung

Braunkohlenbergbau wird seit mehr als 150 Jahren in Sachsen betrieben. Relevante Braunkohlenreviere befinden sich in Nordwestsachsen (Delitzsch-Leipzig-Borna), in der Niederlausitz (Hoyerswerda-Lohsa-Weißwasser) und in der Oberlausitz (Berzdorf-Olbersdorf).

stehen im Mitteldeutschen Revier einem ursprünglichen Waldanteil von 11,4 % nahezu 50 % Aufforstungen auf den wieder nutzbar gemachten Flächen gegenüber. Dieser Waldflächengewinn ist angesichts der Waldarmut des Leipziger Landes (unter 5 %), der vorhandenen Industrialisierung

Abb. 1:  
Übersichtskarte  
zur Lage der  
Braunkohlereviere im  
Freistaat Sachsen



Über die Flächeninanspruchnahme des Braunkohlebergbaus und die bis 1992 bzw. 1997 erfolgte Flächenrückgabe sowie Wiedernutzbarmachung von Bergbaufolgefleichen informiert Tab. 1. Aus dieser geht hervor, daß in Sachsen durch den Braunkohlebergbau rund 20 000 ha Wald verlorengegangen sind, wovon etwa 17 500 ha auf die Lausitz und 2 500 ha auf Nordwestsachsen entfallen. Zurückgegeben und aufgeforstet wurden bisher etwa 10 100 ha in der Lausitz und 4 300 ha in Nordwestsachsen. Während im Lausitzer Revier der prozentuale Anteil der vom Braunkohlebergbau in Anspruch genommenen Waldfläche und die bis heute aufgeforsteten Kippenareale etwa gleich ist,

sowie zunehmenden Urbanisierung erfreulich, denn der Bedarf an Schutz- und Erholungswäldern wird schon jetzt nicht gedeckt. Künftig ist mit einem weiteren Anstieg dieser gesellschaftlichen Bedürfnisse zu rechnen.

Darum wurde schon 1994 „Aus Gründen des Klima- und Landschaftsschutzes sowie zur Verbesserung der Naherholungsmöglichkeiten und der Attraktivität des Großraumes Leipzig ....“ von der Regierung des Freistaates Sachsen die Anlage eines größeren, weitgehend zusammenhängenden Waldgebietes beschlossen (SÄCHSISCHE STAATSRREGIERUNG 1994, SIEGL et al. 1995, WÜNSCHE 1995, HILDMANN und WÜNSCHE 1996).

Flächeninanspruchnahme und -rückgabe des Braunkohlebergbaus im Freistaat Sachsen, differenziert nach Bergbaurevieren sowie Bodennutzungsarten (zusammengestellt unter Berücksichtigung der Arbeiten von BERKNER 1998, DREBENSTÄDT 1998, HILDMANN u. WÜNSCHE 1996)

Landesanteil und Nutzungsart	Lausitzer Revier (per 31.12.1997)				Mitteldeutsches Revier				Summe			
	Inanspruchnahme		Wiedernutzbarmachung		Inanspruchnahme bis 31.12.1994		Wiedernutzbarmachung bis Ende 1992		Inanspruchnahme bis 1992 bzw. 1997		Wiedernutzbarmachung bis 1992 bzw. 1997	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Insgesamt	77 600+5 000 <sup>1)</sup>	=82 600	40 700+5 000 <sup>1)</sup>	=45 700	51 200		25 600		128 800+5 000	=133 800	71 300	
davon in Sachsen	27 500 + 1 800	35,4	14 800 + 1 800	36,3	18 000 + 4 000 <sup>3)</sup>	43,0	8 500 + 4 000 <sup>3)</sup>	48,8	51 270	38,3	29 100	40,8
Landwirtschaft		30,8 <sup>2)</sup>		21,4 <sup>2)</sup>		80,7 <sup>4)</sup>		52,1 <sup>4)</sup>		52,2		34,6
Forstwirtschaft	≈17 500	59,7 <sup>2)</sup>	≈10 100	60,7 <sup>2)</sup>	≈2 500	11,4 <sup>4)</sup>	≈4 300	34,3 <sup>4)</sup>	≈20 000	39,0	≈14 400	49,4
Wasserfläche		1,0 <sup>2)</sup>		7,8 <sup>2)</sup>		0,7 <sup>4)</sup>		2,4 <sup>4)</sup>		0,9		5,5
Sonstige		8,5 <sup>2)</sup>		10,1 <sup>2)</sup>		7,2 <sup>4)</sup>		11,2 <sup>4)</sup>		7,9		10,5
Summe		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0

<sup>1)</sup> 5 000 ha Altragebaue, ohne Rechtsnachfolge, wovon ca. 1 800 auf den Freistaat Sachsen entfallen (DREBENSTÄDT 1998)

<sup>2)</sup> Dieser Wert wurde proportional nach dem sächs. Anteil am Gesamtrevier abgeleitet (DREBENSTÄDT 1998)

<sup>3)</sup> 4 000 ha Altragebaue, die bereits vor 1967 wiedernutzbar gemacht worden sind (BERKNER 1998)

<sup>4)</sup> Anteil Ende 1992 im Südraum von Leipzig (BERKNER 1998)

In der Lausitz wird vor allem der Anteil von Feuchtbiotopen und Wasserflächen nach Flutung der Tagebaurestlöcher erheblich zunehmen. Es gibt große Anstrengungen, die Bergbaufolgeflächen harmonisch in die Landschaft einzugliedern. Dabei sind vielfältige gesellschaftliche Interessen bei der Wiedernutzbarmachung zu berücksichtigen. Das kommt u. a. darin zum Ausdruck, daß rund 20 % der Rückgabeflächen den Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes gewidmet und dem Erholungswesen größere Areale zur Verfügung gestellt werden. Die land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen sind hinsichtlich Lage und Größe mit den ökologischen Bedingungen der Sekundärgeotope sowie den Interessen der Öffentlichkeit abzustimmen. Der Waldanteil dürfte hier auch in Zukunft bei etwa 60 % der wieder nutzbar zu machenden Bergbaufolgeflächen liegen.

Neben der Bewaldung von Bergbaufolgeflächen durch Rekultivierung (Aufforstung) und Renaturierung (Sukzession) sowie Ausführung normaler Waldpflagemassnahmen in bereits vorhandenen Kippenforsten steht die Forstwirtschaft gegenwärtig vor der Aufgabe, einen großen Teil der älteren Bestockungen umzubauen, weil sie den heutigen Anforderungen nicht entsprechen. Dabei handelt es sich um:

- schädigungsdisponierte Monokulturen von Kiefer und Pappel (Waldbrände, Insekten, Pilze),
- Bestockungen, die Vorwaldcharakter besitzen (Seneszenzerscheinungen) und von Dauerbestockungen, in denen geotopgerechte Sukzessorbaumarten dominieren, abgelöst werden müssen,
- Forsten, die nicht geotopgerecht sind,
  - weil der Kippengeotop nicht mit den ökologischen Ansprüchen der gepflanzten Baumart übereinstimmt,
  - weil sich der Kippengeotop bereits verändert hat oder in absehbarer Zeit infolge Grundwasseranstieg nach Flutung der Tagebaue, Eutrophierung durch Stoffeinträge aus der Atmosphäre (basische Stäube und Stickstoff) verändern wird.

Zu dieser vielfältigen Problematik kann im Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung, die sich auf eine umfangreiche Forschungsarbeit im Mitteldeutschen und spezielle Untersuchungen im Lausitzer Revier stützt (THOMASIU et al. 1997, 1998), nur eine kurze Übersicht gegeben werden.

# 2 Ökogeographische Charakteristik der sächsischen Braunkohlenreviere

Die sächsischen Braunkohlenreviere unterscheiden sich sowohl hinsichtlich des Charakters der prä-montanen Landschaft als auch der Wiedernutzbar-machungseigenschaften der Bergbaufolgelandschaften erheblich voneinander.

Der Raum Nordwestsachsen stellt eine flachwellige, von breiten Tälern durchzogene Ebene dar, die sich durch mildes Klima sowie fruchtbare Böden auszeichnet. Seit frühgeschichtlicher Zeit sind Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung nachweisbar. Horizontbeständige quartäre Ablagerungen wie Löß, Sandlöß, Geschiebelehm und -mergel mit zwischengelagerten Sanden und Kiesen bedecken tertiäre, flözführende fluviatil-limnische bzw. marin-brackische Sedimente. Die bergmännische Gewinnung des Deckgebirges erfolgte in mehreren Schnittbereichen und der Transport des Abraums zur Kippe mittels Zug- und Bandbetrieb. Typisch sind Pflug-, Rückwärts- und Absetzerkippen mit bindigen quartären Substraten als oberste „Kipp-scheibe“ (0,5–4,0 m). In den letzten Jahrzehnten stieg durch Anwendung hochproduktiver Abraum-technologien der Anteil sandiger und quartär-tertiärer Gemengesubstrate.

Im Oberlausitzer Bergbaurevier sind ähnlich günstige klimatische, geologische und bodenkundliche Verhältnisse sowie Abbau- und Verkippungstechnologien zu belegen. Größere Mengen bindiger quartärer Substrate, vor allem Löß und Geschiebe-mergel/-lehm, ergeben bei sachgemäßer Gewinnung und Verkippung fruchtbare, für land- und forstwirtschaftliche Folgenutzungen gut geeignete Sekundärgeotope.

Wesentlich anders ist die Situation in der bis in die Gegenwart stark bewaldeten Niederlausitz. Morphologisch wechseln hier Hochflächen und Urstromtäler. Die tertiären Ablagerungen setzen sich aus marin-brackischen kohlehaltigen, schluffigen Sanden, fluviatil-limnischen Sanden sowie Schluffen und Tonen zusammen. Das quartäre Deckgebirge ist vorwiegend durch Tal- und Beckensande, Geschiebe- und Dünenande vertre-

ten. Beckenschluffe und Geschiebemergel sind nicht horizontbeständig. Die gesamte Schichten-folge ist tektonisch und glazigen gestört. Die Böden sind häufig mineralstoffärmer und in ihrer Fruchtbarkeit vom Grundwassereinfluß abhängig. Die Abraumbewegung erfolgte hauptsächlich mittels Förderbrücken. In den Tagebauen der Urstrom-täler weisen die Förderbrücken- und Absetzer-kippen noch relativ homogene, meist kohlehaltige Substrate auf. Im Bereich der Hochflächen hingenen sind starke Wechsel von Sanden, Lehmsanden, Lehmen und Tonen mit unterschiedlich feinverteiltem Kohleanteil typisch.

Die in verschiedenen Naturräumen gelegenen säch-sischen Braunkohlenreviere werden in *Tab. 2* geo-morphologisch, bodengeologisch, klimatologisch und walddtypologisch (potentielle natürliche Wald-gesellschaften) charakterisiert.

Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist wichtig, weil die Bergbaufolgeflächen im Zuge der Wieder-nutzbarmachung in die umgebende Landschaft integriert werden sollen. Die Art und Weise ihrer Rekultivierung oder Renaturierung wird wesentlich von der stofflichen und morphologischen Hinter-lassenschaft des Braunkohlebergbaus bestimmt.

Übersicht zur naturräumlichen Zugehörigkeit und Charakterisierung der sächsischen Braunkohlevorkommen (zusammengestellt unter Berücksichtigung der Arbeiten von SCHULZE 1955, MEYEN u. SCHMITHÜSEN 1961, BERNHARDT et al. 1986, WÜNSCHE et al. 1993, SCHMIDT 1996, SCHWANKE und KOPP 1996, THOMASJUS et al. 1997, GROSSER 1998)

Mikroregion	Makrochore	Morphologie und Höhenlage	Bodenausgangsgestein	Boden	Klima	Natürliche Vegetation der Makrochore (Leitgesellschaften)	Bergbaugeprägte Mesochoren	Relevante Bergbaubereiche
Sachsen-Anhaltische Lößlandschaften, einschließlich Leipziger Land, Sächsisches Thüringisches Lößhügelland	Weißenfeler Lößhügelland	weite, flachwellige Ebene mit Untergliederung durch Unstrut, Saale und Rippach, 125–180 m NN	Löß über Geschiebemergel bzw. -lehm, Löß über Sand	Tschernosem, Braunerde, Tschernosem, Parabraunerde, Tschernosem, Parabraunerde, Fahlerde	Temperatur 8,4–8,8 °C, Niederschlag 490–540 mm/a, Klimastufe Ut, subkontinental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waldlabkraut-Hainbuchen-Eichenwald mit Winterlinde</li> <li>Weichholzauenwald</li> <li>Hartholz-Auenwald</li> </ul>	Weißenfels-Zeitler Bergbaugesbiet	Profen, Deuben, Hohenmölsen, Pirkau
	Leipziger Land	flachwellige Ebene mit Talauen von Weißer Elster und Pleiße, 90–150 m NN, ca. 35 % der Fläche anthropogen überprägt (Halden bis 70 m ü. Flur, Kippen und Tagebaurestlöcher)	Sandlöß/Löß über Geschiebemergel bzw. -lehm, Sandlöß über Sand, Auenlehm	Parabraunerde, Pseudogley, Kolluvisol, Gley, Vega-Gley	Temperatur 8,5–9,0 °C, Niederschlag 550–600 mm/a, Klimastufe Ut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weichholzauenwald</li> <li>Hartholz-Auenwald</li> <li>Waldlabkraut-Hainbuchen-Eichenwald mit Zittergrassegge</li> </ul>	Delitzscher Bergbaugesbiet, Zwenkau-Espenhainer Bergbaugesbiet, Groitzscher Bornaer Bergbaugesbiet	Breitenfeld, Delitzsch-SW, Cospuden, Zwenkau, Espenhain, Peres, Witznitz, Schleenhain (i. B.), Deutzen, Heuersdorf, Groitzscher Dreieck, Regis-Breitungen, Borna, Bockwitz, Haselbach, Neukieritzsch

Mikroregion	Makrochore	Morphologie und Höhenlage	Bodenausgangsgestein	Boden	Klima	Natürliche Vegetation der Makrochore (Leitgesellschaften)	Bergbaugeprägte Mesochoren	Relevante Bergbaugebiete
Sächsisch-Thüringisches Lößhügelland	Altenburg-Zeitler Lößhügelland	Flachrücken, Riedel, Muldentälchen und Dellensysteme von Pleiße, Weißer Elster und Wýhra, 170–300 m NN	Löß und Sandlöß über Geschiebemergel bzw. -lehm	Pseudogley, Parabraunerde	Temperatur 7,8–8,5 °C, Temperaturschwngk. 18 °C, Niederschlag 550–650 mm/a, Klimastufe Um	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waldlabkraut-Hainbuchen-Eichenwald mit Zittergrassege</li> <li>Waldlabkraut-Hainbuchen-Eichenwald mit Winterlinde</li> <li>Kolliner Hainsimsen-Eichen-Buchenwald</li> </ul>	Meuselwitzer Bergbaugebiet	Rositz, Zechau, Zipsendorf, Phönix, Mumsdorf
Düben-Dahlener Heide	Düben-Dahlener Heide	flachwellige Ebene und Endmoränenhügelland, 90–200 m NN	Geschiebedecksand über Geschiebemergel bzw. -lehm, Geschiebedecksand über Sand, Flugsand, Talsand	Braunerde-Parabraunerde, Pseudogley, Podsol-Braunerde, Braunerde, Podsol, Podsol, Gley, Humusgley, Anmoor-Gley, Niedermoor	Temperatur 8,0–8,5 °C, Temperaturschwngk. um 18,5 °C, Niederschlag 550–660 mm/a, Klimastufe Dm, Um	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kolliner Hainsimsen-Eichen-Buchenwald</li> <li>Birken- u. Kiefern-Eichenwald (tr.)</li> <li>Birken- u. Kiefern-Eichenwald (naß)</li> <li>Erlen-Eschen-Quell- u. Niederrungswälder, Erlbruchwald</li> </ul>	Gräfenhaimichen-Muldensteiner Bergbaugebiet, Bitterfelder Bergbaugebiet	Golpa-Nord, Gröbern, Bergwitz, Goitsche, Köckern

Fortsetzung zu Tab. 2 (S. 8–11):

Übersicht zur naturräumlichen Zugehörigkeit und Charakterisierung der sächsischen Braunkohlevorkommen (zusammengestellt unter Berücksichtigung der Arbeiten von SCHULZE 1955, MEYER u. SCHMITHÜSEN 1961, BERNHARDT et al. 1986, WÜNSCHE et al. 1993, SCHMIDT 1996, SCHWANECKE und KOPP 1996, THOMASJUS et al. 1997, GROSSER 1998)

Mikroregion	Makrochore	Morphologie und Höhenlage	Bodenausgangsgestein	Boden	Klima	Natürliche Vegetation der Makrochore (Leitgesellschaften)	Bergbaugeprägte Mesochoren	Relevante Bergbauggebiete
Lausitzer Heide	Königsbrück-Ruhlander Heiden	flachwellige Hochflächen, die von Hügeln und Bergen des Lausitzer Grauwackenkomplexes überragt und von feuchten Niederungen sowie Talzügen kleiner Fließgewässer durchzogen werden, 100–220 m NN	inselförmige Durchtragungen der glazialen Hochflächen von Gesteinen des Lausitzer Grauwackenkomplexes, tertiäre Sande, Tone und Braunkohleflöze, elster- und saale-kaltzeitliche Sande und Lehme, Periglazialbildungen und Geschiebedecksand	Braunerde- Podsol, Pseudogley, Gley, Auengley und Moor	Temperatur 8,5–8,8 °C, Temperatur- schwankng. um 18,6 °C, Niederschlag 600–700 mm/a, Klimastufe Dm, Um	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (tr.)</li> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (naß)</li> <li>• Erlen-Eschen-Quell- und Niederungswälder</li> <li>• Kiefern- und Birken-Moorwälder</li> </ul>	südlich des Grenzwallis liegendes Niederlausitzer Bergbauggebiet	Heide, Zeißholz, Laubusch, Erika, Koschen, Skado, Bluno, Spreetal
	Muskauer Heide	wellige bis kupfuge Hochflächen und nasse Senken, 120–170 m NN	glaziale Sande der Hochflächen mit Endmoränen (östlicher Ausläufer des Lausitzer Grenzwallis) des Saale-III-Stadiums	Braunerde- Podsol, Braunerde, Pseudogley, Gley, Auengley und Moor	Temperatur 8,0–8,5 °C, Temperatur- schwankng. um 19 °C, Niederschlag 600–690 mm/a, Klimastufe Dm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (tr.)</li> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (naß)</li> <li>• Beerstrauch-Kiefernwald</li> <li>• Kiefern- und Birken-Moorwälder</li> </ul>		Spreetal-NO, Burghammer, Nochten (i. B.), Trebendorfer Felder

Mikroregion	Makrochore	Morphologie und Höhenlage	Bodenausgangsgestein	Boden	Klima	Natürliche Vegetation der Makrochore (Leitgesellschaften)	Bergbau-geprägte Mesochoren	Relevante Bergbaubereiche
Lausitzer Heide- und Teichgebiet	Oberlausitzer Heide und Teichgebiet	ebenes bis flachwelliges Gelände mit weiten, feuchten, häufig von großen Teichen geprägten Talniederungen 140–180 m NN	glaziale Sande der Hochflächen (Saale II-Stadium) und Talsande des Lausitzer Urstromtales, Binnendünen (Nochten)	vereinzelt Braunerde-Podsol, Pseudogley, Auengley, Gley	Temperatur 8,5–8,8 °C, Temperatur-schwung. um 19 °C, Niederschlag 580–650 mm/a, Klimastufe Dm, Um	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (tr.)</li> <li>• Birken-Kiefern-Eichenwald (tr.)</li> <li>• Erlen-Eschen-Quell- und Niederungswälder, Erlenbruchwälder</li> </ul>	südlich des Grenzwalls liegendes Niederlausitzer Bergbaubereich	Scheibe, Werminghoff (Koblentz), Lohsa I, II, III, IV, V Bärwalde (i. B.), Reichwalde (i. B.)
Lausitzer Lößhügelland	Ostlausitzer Becken	zwischen den ostlausitzer Vorbergen und dem Neißetal gelegenes welliges Hügelland 180–300 m NN	über Granodiorit und Schiefem lagernde tertiäre Sande, Tone und Braunkohleflöze, elsterkaltzeitliche Sande und Lehme sowie wechsellagernde Löß	Pseudogley, Parabraunerde, im Neißetal Vega bzw. Auengley	Temperatur 7,5–8,5 °C, Temperatur-schwung. um 19 °C, Niederschlag 660–720 mm/a, Klimastufe Um	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waldkraut-Hainbuchen-Eichenwald mit Winterlinde</li> </ul>	Oberlausitzer Bergbaubereich	Berzdorf (i. B.), Olfersdorf

Fortsetzung zu Tab. 2 (S. 8–11):

Übersicht zur naturräumlichen Zugehörigkeit und Charakterisierung der sächsischen Braunkohlevorkommen (zusammengestellt unter Berücksichtigung der Arbeiten von SCHULZE 1955, MEYEN u. SCHMITHÜSEN 1961, BERNHARDT et al. 1986, WÜNSCHE et al. 1993, SCHMIDT 1996, SCHWANECKE und KOPP 1996, THOMASJUS et al. 1997, GROSSER 1998)

# 3 Kippengeotope und ihre Klassifikation

Tab. 3 (S. 12–13):  
Bodenphysikalische,  
-chemische und mine-  
ralogische Merkmale  
von Kippsubstraten

Kippengeotope stellen räumliche und funktionelle Einheiten aus den Kompartimenten Morphotop (Relief), Lithotop/Pedotop (Substrat/Boden), Hydrotop (Wasserregime) und Klimatop (Lokalklima) dar (THOMASIUŠ et al. 1997). Sie haben in Waldökosystemen als Standort, Nährstoff- und Wasserreservoir der Vegetation grundlegende Bedeutung. Im Unterschied zu natürlichen Geotopen sind Kippen als „Sekundärgeotope“ sehr junge Bildungen mit künstlich umgelagerten Substraten.

## 3.1 Kippenböden

Kippenböden haben spezifische Eigenschaften und eine Dynamik, die maßgeblich vom Kippsubstrat bestimmt wird (WÜNSCHE 1980, 1991). Zwischen den Kippsubstraten quartärer und tertiärer Herkunft bestehen deutliche Merkmalsunterschiede. Sie werden in Tab. 3 anhand relevanter Litho/Pedotope dokumentiert.

Kipp-Schluffe sind nur kleinflächig vertreten. Sie

Merkmale	Kipp-Substrate				
	<i>Kipp-Kohlesand</i>	<i>Kipp-Sand</i> <i>Kipp-Kiessand</i>	<i>Kipp-Lehmsand,</i> <i>-Kalklehmsand</i>	<i>Kipp-Lehm</i> <i>Kipp-Kalklehm</i>	<i>Kipp-Ton</i>
Dominierende Bodenart	± kiesiger, kohlehaltiger, schwach lehmiger Sand; kohle- u. tonbrockig	kiesiger bis stark kiesiger Sand	± kiesiger, stark lehmiger Sand; lehm-, schluff- oder kohlebrockig	± kiesiger, sandiger Lehm bis Lehm, schluff-, ton- oder kohlebrockig	lehmiger bis schluffiger Ton, z. T. kohlebrockig
Lagerungsdichte, Gefüge	gering, Einzelkorn-Bröckelgefüge	sehr gering; Einzelkorngefüge	mittel; Bröckel- bis Feinpolyedergefüge	mittel bis hoch; Polyeder-, Prismen- oder Plattengefüge	hoch; Polyeder- oder Klumpengefüge
Durchlüftung	mittel	stark	mittel	gering infolge niedrigen Grobbodenanteils	sehr gering wegen Mangel an Grobporen
Wasserdurchlässigkeit (kf)	gering bis mittel; oberflächiger Benetzungswiderstand	hoch	mittel	gering	sehr gering
Nutzbare Feldkapazität	Mittel; steigt mit dem Kohlegehalt	gering	mittel bis hoch	gering bis mittel	sehr gering
Mineral- und Nährstoffvorrat	arm; Ct-Gehalt mittel bis hoch; S-Gehalt mittel bis hoch, anorg. (Pyritt) u. organ. gebunden	arm	Feldspäte, Glimmer, Calcit; mittel bis reich	Feldspäte, Glimmer, Calcit; kräftig bis reich	arm
Sorption (KAK)	mittel bis hoch	sehr gering bis gering	mittel	mittel bis hoch infolge 3-Schicht-Tonmineralien	mittel wegen des Vorherrschens von Kaolinit
Basensättigung	sehr basenarm	basenarm	mittelbasisch bis basenreich	mittelbasisch bis basenreich	basenarm
Bodenreaktion	sehr stark sauer	schwach sauer bis sauer	schwach sauer bis schwach alkalisch	schwach sauer bis schwach alkalisch	stark sauer

Merkmale	Kipp-Substrate				
	<i>Kipp-Kohlesand</i>	<i>Kipp-Sand</i> <i>Kipp-Kiessand</i>	<i>Kipp-Lehmsand,</i> <i>-Kalklehmsand</i>	<i>Kipp-Lehm</i> <i>Kipp-Kalklehm</i>	<i>Kipp-Ton</i>
Zusätzliche Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwefel mit hohem Säurepotential, freies Al u. Fe am Sorptionskomplex</li> <li>• Schwermetalle können wirksam werden</li> <li>• Ct-Gehalt erhöht Sorptions- und nutzbare Feldkapazität; Festlegung von N u. P</li> <li>• Grundmelioration (Kalkung u. N-P-K-Düngung) kompensiert freie Säuren, verbessert Nährstoffgehalt, fördert Infiltration, Abbau kohligler Substanzen und Bodenleben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trockenisgefahr</li> <li>• niedrige Pufferung</li> <li>• hohe Schadstoffempfindlichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgeglichene bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften</li> <li>• gut gepufferte Substrate, vor allem wenn CaCO<sub>3</sub>-haltig</li> <li>• geringe Schadstoffempfindlichkeit</li> <li>• günstige Voraussetzungen für Humusakkumulation und Edaphon</li> <li>• kaum verschlammungsgefährdet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neigung zur Verdichtung und Verschlammung führen zu Haft- und Staunässe in ebenen Lagen</li> <li>• gefügelabil</li> <li>• starke Pufferung und damit geringe Schadstoffempfindlichkeit</li> <li>• erhebliche Anteile an leicht verwitterbaren Primärmineralien gewährleisten Nährstoffnachlieferung</li> <li>• geotopgerechte Baumarten lockern Substrat, führen zur Verbesserung bodenphysikalischer Merkmale u. zur Erhöhung der biologischen Aktivität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechsel zwischen starker Oberbodenvernässung (Regenperioden) und starker Austrocknung (Trockenzeiten)</li> <li>• Wasserführung in Schwundrissen</li> <li>• Verschlammungsgefahr</li> <li>• gefügelabil</li> <li>• Nährstoffe in kolloidreicher Substanz fest gebunden</li> <li>• bodenchemische Prozesse träge</li> <li>• geringe biologische Aktivität</li> </ul>

haben vieles mit Kipp-Lehmen gemeinsam. Verbreiteter sind Gemenge-Substrate. Diese besitzen innerhalb eines Pedons bzw. auf engem Raum pedologisch extreme Unterschiede. Häufig treffen positive Merkmale quartärer (Nährstoffreserven) und tertiärer Substrate (Sorption, nutzbare Feldkapazität) zusammen.

Kippenböden unterscheiden sich wesentlich von natürlichen Böden. Sie besitzen dauerhaft wirkende Besonderheiten wie Substratheterogenität, instabiles Bodengefüge, niedrige Gehalte an Dauerhumus und Ton-Humus-Komplexen sowie wenig differenzierte Horizontierungen. Daraus ergeben sich ökologische Konsequenzen (WÜNSCHE 1995).

Kippenböden stehen am Anfang ihrer Entwicklung. Gegenwärtig herrschen auf Flur- und Überflurkippen anhydromorphe (terrestrische) Böden vor. Aus dem Ausgangsgestein entwickelt sich zunächst ein Lockersyrosem (A<sub>1</sub>-C<sub>1</sub>). Nach ca. 10–15 Jahren

geht dieser in ein Übergangsstadium (A<sub>m</sub>-C<sub>v</sub>-) über, bis nach 20–40 Jahren – je nach Carbonatgehalt des Substrats – ein Regosol oder eine Pararendzina (A<sub>h</sub>-C<sub>v</sub>) entsteht. Bei Kipp-Tonen und unmelioreierten Kipp-Kohlesanden, deren A<sub>n</sub>-Horizont sich sehr zögerlich bildet, kann noch nach 40 Jahren das Syrosemstadium nachgewiesen werden (BRÄUNIG 1997, WÜNSCHE et al. 1998).

*Fortsetzung zu Tab. 3 (S. 12–13): Bodenphysikalische, -chemische und mineralogische Merkmale von Kippsubstraten*

## 3.2 Modifikation der Kippenböden

### 3.2.1 Stoffeinträge

In allen Kippenböden Nordwestsachsens lassen sich Staubakkumulationen nachweisen. Diese entstammen der Kohleverbrennung (Kraftwerke) und Kohleverarbeitung (Brikettfabriken). Sie wirken

sich zusätzlich auf die Bodeneigenschaften und -genese aus. BRÄUNIG et al. (1997) konnten für das Mitteldeutsche Braunkohlerevier akkumulierte Staubmengen von 2–165 kg m<sup>-2</sup> (20–1 650 t·ha<sup>-1</sup>) nachweisen. Das entspricht Auflagemächtigkeiten von 0,4–33 cm und mittleren jährlichen Depositionsraten von 90–3 000 g/(m<sup>2</sup>·a). Diese Flugstäube verursachen im Oberbodenbereich bodenphysikalisch eine Zunahme an Feinsand und Grobschluff, ein erhöhtes Porenvolumen (70–80 V %) und eine hohe nutzbare Feldkapazität (30 V %).

Bodenchemisch korrespondieren mit den C<sub>org</sub>-Einträgen Erweiterungen der C/N- und C/P-Verhältnisse in der Humusaufgabe und im A-Horizont. Sehr hohe Ca- und Mg-Mengen bewirken pH-Werte von 5–7 und Basensättigungen von > 80 %. In stark staubbeeinflussten Humusaufgaben wurden höhere Gehalte an S (10 g/kg), Fe (30g/kg) und Al (20g/kg) sowie Schwermetallmengen bis zu 0,1g/m<sup>2</sup> Cd, 5g/m<sup>2</sup> Cu, 5g/m<sup>2</sup>Pb und 10g/m<sup>2</sup> Zn festgestellt.

Staubablagerungen führen lokal zu Sonderhumusformen. Sie können den Einfluß unterschiedlicher Laubstreu auf den Oberboden überprägen.

Die Klassifizierung der Geotope nach der Staubdeposition wird in Tab. 4 verdeutlicht. Über Jahrzehnte erfolgte Stoffeinträge modifizieren das geogene Nährstoffangebot aus Kippsubstraten im Oberbodenbereich.

Tab. 4: Klassifizierung von Kippengeotopen in Staub-Depositionsstufen (Bräunig 1997)

Staub-Depositionsstufe	Bezeichnung	Magn. Suszept. [Hz/m <sup>2</sup> ]	Staubrate [g/(m <sup>2</sup> ·a)]	Staubmenge [kg/m <sup>2</sup> ]	Staubmächtigkeit [mm]	
a	1	sehr gering	≤ 300	< 50	≤ 1,5	≤ 3
	2	gering	301–1 000	50–150	1,6–5	4–10
b	3	mittel	1 001–3 000	150–450	6–15	11–30
c	4	hoch	3 001–9 000	450–1 500	16–45	31–90
	5	sehr hoch	> 9 000	> 1 500	> 45	

Tab. 5: Aggregation der Gesamtnährkraftstufe aus Substratnährkraftstufe und Staubdepositionsstufe

Gesamtnährkraftstufe	Bezeichnung	Substratnährkraftstufe u. Staubdepositionsstufe
A	arm	Aa
G	gering	Ab, Ac, Ga
M	mittel	Gb, Gc, Ma
K	kräftig	Mb, Mc, Ka
R	reich	Kb, Kc, Ra, Rb, Rc

Dabei erfolgt eine Aufwertung um 1 Stufe, wenn die Deposition 5–15 kg/m<sup>2</sup>, und um 1–2 Stufen, wenn sie > 15 kg/m<sup>2</sup> (> 450 g/(m<sup>2</sup>·a)) beträgt. Kippsubstrate mit geogen sehr hohem Nährstoffpotential werden nicht aufgewertet (Tab. 5).

Die Wirkungsnachhaltigkeit sehr hoher Staubakkumulationen ist noch ungeklärt. Diese Problematik erfordert weitere Untersuchungen, zumal die atmosphärischen Depositionen seit 1990 zurückgegangen sind BRÄUNIG et al. 1997).

### 3.2.2 Wasserangebot

Zur hygrischen Charakterisierung der Kippengeotope wurden diese in aquatische (offene Wasserflächen), semiterrestrische (Grundwasser in wurzelreichbarer Tiefe) und terrestrische (Grundwasser wird nicht von den Baumwurzeln erreicht) untergliedert.

Bei den semiterrestrischen Geotopen wurde weiter nach der Grundwassertiefe und bei den terrestrischen nach dem pflanzenverfügbaren Wasserangebot differenziert (vgl. Tab. 6).

Letzteres wurde mit Hilfe einfacher Bilanzierungen auf der Basis mittlerer Sommer- (April–September) und Winterniederschläge (Oktober–März), der nFK und gegebenenfalls des Grundwasserflurabstandes kalkuliert (BRÄUNIG 1997). Schließlich mußte für

Hydrische Kategorie	Feuchtezziffer		Grundwassertiefenstufe	Verbale Bezeichnung	Mittlerer Grundwasserflurabstand [m] <sup>1)</sup>	Pflanzenverfügbares Wasser [mm/a]	Bemerkungen	
aquatisch		7	offene Wasserfläche		- 0		offene Wasserfläche	
semi-terrestrisch	III	6	grundwasserbeherrscht	sehr naß	0,0–0,2	bei Anschluß der Wurzeln an Grundwasser nicht begrenzt	Uferbereiche	
			grundwasserbestimmt	naß	0,2–0,5		Brücher	
			grundwasser-nahe	grundnaß	0,5–1,0		Feuchtwälder	
		5	grundwasserbeeinflußt	grundfeucht	1,0–2,0			
terrestrisch	II	4	grundwasserfern	grundfrisch	2,0–5,0	> 450	50 mm/a Zuschlag bei kapillarem Aufstieg	
			dendro-ökologisch	frisch	> 5,0			
		3	grundwasserfrei	mäßig frisch				400–450
		2		mäßig trocken				300–400
		I	1		trocken			

<sup>1)</sup> Diese Skala hat sich bei Untersuchungen in der Niederlausitz (THOMASUS et al. 1998) zwingend aus wurzelmorphologischen und dendrophysiologischen Gründen ergeben. Die Stufenbreiten sind näherungsweise logarithmisch äquidistant.

südexponierte Steilhänge von Überflurkippen und Halden noch eine extrem trockene Stufe ausgedehnt werden.

Bei Betrachtung der Bodenfeuchtigkeit muß unterschieden werden zwischen:

- Kippen und Halden in Gebieten, wo noch Kohle abgebaut wird und das endogene Wasserregime nicht durch Flutungen verändert worden ist. In ihnen bilden sich, je nach Lage in der Landschaft (Unterflurkippen, Flurkippen, Überflurkippen und Halden) und substratspezifischen Eigenschaften, bestimmte Feuchtigkeitsverhältnisse aus. So konnten in mehreren Bodenprofilen initiale Ausbildungen hydrogener Merkmale, die auf rezente Vernässungen zurückzuführen sind, festgestellt werden. Vereinzelt konnten Grundvernässungen (initiale Gleybildung) infolge Grundwasseranstieg und Stau- sowie Haftnässeerscheinungen (initiale Pseudovergleyung) beobachtet werden. Bei verdichteten Kipplehmen und Kippschluffen sind Rostfleckigkeit, vereinzelt auch schwache Bleichungen (Wurzelröhren, Aggregatoberflächen,

Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Bodenarten) festzustellen.

In Unterflurkippen, die nicht selten unter Grundwassereinfluß stehen, bilden sich ebenfalls erste Rostflecken bzw. Rostbänder aus. Eine deutliche Differenzierung in G<sub>0</sub>- und G<sub>1</sub>-Horizonte ist hier nach Profilmertkmalen noch nicht möglich.

Andererseits sind von den ebenen Flurkippen mittlerer Feuchtigkeit extrem trockene Südlagen an Überflurkippen und Halden zu unterscheiden.

- Kippen und Halden in Gebieten, in denen der Kohleabbau bereits abgeschlossen und die Flutung in Gang gesetzt oder vollzogen worden ist. Diese Pedotope entwickeln sich von terrestrischen zu semiterrestrischen und im Bereich von Tagebaurestseen zu subhydrischen Böden. Auf diese Problematik wird auf S. 55 ff. eingegangen.

Tab. 6:  
Abgrenzung und Bezeichnung von Grundwassertiefenstufen (nach Flutung) und Feuchtestufen in terrestrischen Geotopen

### 3.3 Klassifikation der Kippengeotope

Voraussetzung der Kartierung, forstwirtschaftlichen Bewertung und Ausarbeitung von Bewirtschaftungsempfehlungen für Kippengeotope ist ihre Klassifikation. Sie basiert auf Kippbodenformen, d. h. dem Substrataufbau, der Substratschichtung und dem Entwicklungszustand (Bodentypen). Die Bodenformen werden vorrangig nach ihren wenig wandelbaren Merkmalen Körnung, Kalk- und Kohlegehalt gegliedert. Hauptbodenformen beinhalten gröbere, Lokalbodenformen feinere Substratunterschiede. Nährelement- und Schwefelgehalt werden zusätzlich erfaßt (WÜNSCHE et al. 1969, 1972, 1981, 1990).

Den in der forstlichen Standortkartierung und in der Waldbaupraxis bewährten Gliederungsprinzipien folgend, wurde das in *Tab. 7* dargestellte, aus Gradienten der beiden Schlüsselfaktoren

- pflanzenverfügbares Nährstoffangebot und
- pflanzenverfügbares Wasserangebot

bestehende System ausgearbeitet.

Damit kann die bisher angewandte Klassifikation der Kippenböden ökologisch untersetzt werden (THOMASIIUS et al. 1997).

*Tab. 7:*  
*Übersicht der nach Nährkraft und Feuchtestufen gebildeten Geotope*

Feuchtestufe			Trophisch und hygrisch bestimmte Geotoptypen				
III	7	aquatisch	A7	G7	M7	K7	R7
	6	naß	A6	G6	M6	K6	R6
	5	grundfeucht	A5	G5	M5	K5	R5
II	4	frisch	A4	G4	M4	K4	R4
	3	mäßig frisch	A3	G3	M3	K3	R3
	2	mäßig trocken	A2	G2	M2	K2	R2
I	1	trocken	A1	G1	M1	K1	R1
Nährkraftstufe = f (Kippsubstrat, Staubdeposition)			Aa	Ab, Ga (Ac)	Ac, Gb, Ma, (Gc)	Gc, Mb, Ka (Mc)	Mc, Kb, Kc Ra, Rb, Rc
Gesamt-Nährkraftstufe			<b>A</b>	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>K</b>	<b>R</b>

Alle Skalen stellen bei den Ziffern (1, 2 ... bzw. I, II) und den Buchstaben (A, B ... bzw. a, b) steigende Folgen dar.

# 4 Kippenforsten und -wälder

## 4.1 Entstehung von Kippenforsten und -wäldern

Die Kippen- und Haldenrekultivierung begann schon vor dem 1. Weltkrieg. Großflächig wurde sie nach Auskohlung der ersten Großtagebaue in den zwanziger Jahren erforderlich. Aus dieser Zeit stammen auch die ältesten, heute über 70jährigen Kippenforsten.

Bei den frühen Halden- und Kippenrekultivierungen experimentierten Beauftragte der Bergwerksunternehmen (Werksgärtner) mit verschiedenen Aufforstungsverfahren sowie Baum- und Straucharten. So wurden z. B. auf den Halden bei Haselbach Mischbestände mit den Baumarten Weiß-Erle, Gemeine Birke, Robinie, Trauben- und Rot-Eiche, Spitz- und Berg-Ahorn, Gemeine Esche, Winter-Linde, Hainbuche, Rot-Buche, Wild-Birne, Gemeine Kiefer, Weymouths-Kiefer und Weißdorn angelegt (HARTGEN 1942).

Über ähnliche Anpflanzungen wird auch in der Lausitz (Hochkippe Klettwitz) berichtet (KNABE 1961). Hier sind aus dieser Epoche vor allem die Arbeiten von HEUSON (1928, 1929, 1947), der für die Begründung von Laubmischbeständen mit vielen Gehölzarten und Mitbau bodenverbessernder Baumarten, insbesondere Rot-Erle, eintrat, bekannt geworden. In den darauffolgenden Jahren erfuhr die Kippenrekultivierung in der Lausitz durch COPIEN (1942, 1950 u. 1956), der schon zwischen Kippsubstraten unterschied („Ober- und Unterflözkippen“), eine bodenkundliche, ertragskundliche und ökonomische Versachlichung. Im Gegensatz zu HEUSON propagierte COPIEN den Anbau weniger Wirtschaftsbaumarten, besonders der Kiefer.

Nach einer kriegsbedingten Pause und vereinzelt Pappel- sowie Erlenpflanzungen während der ersten Nachkriegsjahre wurde ab 1951 planmäßig und großmaßstäblich mit Rekultivierungsmaßnahmen begonnen. Durch eine 1951 erlassene „Wiedernutzbarmachungsanordnung“ wurde der Bergbau gesetzlich verpflichtet, die ausgekohlten Flächen wieder urbar zu machen. Zu dieser technischen Rekultivierung gehörten laut Verordnung:

Kulturbodenauftrag bzw. Grundmelioration, Planung, Böschungsgestaltung, Vorflutregelung und Wegeaufschluß.

Während der fünfziger und sechziger Jahre wurden im Mitteldeutschen Revier bei forstlichen Rekultivierungsmaßnahmen großflächig Pappelhybriden angebaut. Man folgte damit einem für die gesamte DDR konzipierten Pappelanbauprogramm (GÜNTHER 1951, 1952). Da der Pappelanbau in der Lausitz wegen Nährstoffarmut der Kippsubstrate und Trockenheit nur begrenzt und erst nach intensiven Meliorationsmaßnahmen möglich ist (BRÜNING 1962; ILLNER und KATZUR 1964, 1969; ILLNER und LORENZ 1965), spielten dort die Birke und Kiefer eine größere Rolle (PREUSSNER 1998).

Anfang der 60er Jahre wurde mit einer systematischen bodengeologischen Bearbeitung, Bewertung und Kartierung der Braunkohlenvorfelder und Kippenböden begonnen (WÜNSCHE, SCHMIDT und OEHME 1966, WÜNSCHE, OEHME und KNAUF 1978, WÜNSCHE, RICHTER und OEHME 1983 sowie WÜNSCHE 1991). Sie wurden durch komplexe Untersuchungen über Beziehungen zwischen Kippsubstraten und Wachstum der angebauten Baumarten ergänzt (BARTHEL, SCHUBERT, WÜNSCHE 1965a, b; SCHWABE 1970, 1977; THUM 1975 sowie BÖCKER und KATZUR 1996).

So konnten schon in den sechziger Jahren wichtige Kausalbeziehungen zwischen Kippengeotopen und Baumwachstum aufgeklärt und fundierte Baumartenvorschläge unterbreitet werden. Wenn trotzdem überwiegend Reinbestände von Pappelhybriden und Kiefer angebaut worden sind, so ist das nicht auf mangelnde Fachkenntnisse, sondern offizielle Orientierungen während der Zeit „industriemäßiger Produktionsmethoden in Land- und Forstwirtschaft“ zurückzuführen.

Die generelle Zielsetzung des Waldbaus und mit dieser auch die der forstlichen Kippenrekultivierung änderte sich im Laufe der achtziger Jahre. Das Primat der Holzproduktion wurde nun von dem Leitbild der multifunktional wirksamen Bergbaufolgelandschaft, in der Schutz- und Erholungs-

wirkungen gleichrangig neben der Produktionsfunktion stehen, abgelöst.

Der skizzierte Weg der forstlichen Kippenrekultivierung spiegelt sich in der Arten- und Altersstruktur der heutigen Kippenforsten wider (vgl. Tab. 8).

Neben den geschilderten Rekultivierungsmaßnahmen hat die Kippenrenaturierung durch Sukzessionen nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Lediglich auf unzugänglichen und nicht planmäßig bewirtschafteten Flächen konnten sich

## 4.2 Kippenforsten und -wälder im Mitteldeutschen Braunkohlerevier

### 4.2.1 Dynamik und Produktivität unter Berücksichtigung basischer Eutrophierungen

Bei den im Mitteldeutschen Braunkohlerevier in den Jahren 1995 bis 1997 durchgeführten walddöko-logischen und waldbaulichen Untersuchungen

Tab. 8:  
Stark vereinfachte  
Übersicht zur Baumartenwahl bei der  
Rekultivierung von  
Kippen und Halden  
des Braunkohlebergbaus im Niederlausitzer und im Mitteldeutschen Braunkohlerevier (unter Berücksichtigung von  
DREBENSTÄDT 1998,  
HILDMANN und  
KNABE 1961,  
PREUßNER 1998,  
THOMASIVS et al.  
1996, THOMASIVS u.  
HÄFKER 1998,  
THOMASIVS et al.  
1997, WÜNSCHE 1995  
et al. 1996)

Epoche	Niederlausitz	Mitteldeutschland
Vor dem 1. Weltkrieg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spontane Renaturierung von Grabelöchern und Tiefbauflächen</li> <li>• Vereinzelt Gehölzanpflanzungen auf Braunkohlehalden durch Werksgärtner</li> </ul>	
1920–1950	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ära HEUSON: Experimentierung mit zahlreichen Baum- und Straucharten, bes. Rot- u. Weiß-Erle, in Einzelmischung</li> <li>• Ära COPIEN: Betonung von Wirtschaftsbaumarten, bes. Kiefer</li> </ul>	Experimentierung mit zahlreichen Baum- und Straucharten in Einzelmischung
1951–1960	Birke (> 50 %), Kiefer (> 30 %)	Pappel-Hybriden (> 60 %), Stiel-, Trauben- u. Rot-Eiche (um 10 %), Lärche,
1961–1970	Kiefer (> 50 %), Roteiche (> 20 %)	Pappel-Hybriden (> 60 %)
1971–1980	Kiefer (> 80 %)	Pappel-Hybriden, (> 80 %)
1981–1990	Kiefer (> 80 %), Stiel-, Trauben- u. Rot-Eiche (um 10 %)	Pappel-Hybriden, (> 60 %), Stiel-, Trauben- u. Rot-Eiche (> 20 %), Lärche (> 10 %)

Omni-Sukzessionen entwickeln. Häufig findet man semi-sukzessiv entstandene Waldbestände, wo

- Forstkulturen partiell mißlungen sind und keine Nachbesserungen erfolgten,
- der Anflug von Pionierbaumarten (besonders Birke und Aspe) bei der Kulturpflege und Jungbestandserziehung nicht entnommen worden ist,
- in den schon etwas älteren Kippenforsten Eichen, Berg- und Spitzahorn, Eschen, Hainbuchen und Linden sich spontan eingefunden haben.

(THOMASIVS et al. 1997) wurde von Anfang an Wert darauf gelegt, daß alle wichtigen Kippengeotope in Kombination mit den verbreiteten Bestandestypen (vgl. Tab. 11, 13 und 14) durch Referenzflächen erfaßt wurden.

#### 4.2.1.1 Bodenpflanzendecke in Kippenforsten

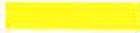
Trotz mancher „Zufälligkeit“, z. B. infolge kleinstflächiger Relief-, Klima- und Feuchtigkeitsunterschiede sowie wechselnder Diasporeneinträge, läßt die Besiedelung von Braunkohlekuppen Gesetzmäßigkeiten erkennen. Man kann allgemein feststellen, daß

- die Besiedelungsgeschwindigkeit und -dichte vom ökologischen Pessimum zum Optimum zunehmen,
  - die Ansiedlungsmöglichkeit später Immigranten, darunter zahlreicher Bäume, von der der Besiedlungsdichte komplementären Nischenfreiheit abhängig ist,
  - die Artendiversität bei vollem Lichtgenuß im trophisch-hygrischen Optimum kulminiert.
- Es gibt eine Reihe von Pflanzenarten, die dank ihrer großen ökologischen Toleranz, bis auf die

flächenmäßig nur wenig vertretenen armen Geotope, fast überall vorkommen, wenn auch ihre Abundanz und Dominanz mit bestimmten Trophie- und Feuchtestufen korrespondiert. Dazu zählen z. B. Sandrohr (*Calamagrostis epigejos*), Ackerkratzdistel (*Cirsium arvensis*), Knäuelgras (*Dactylis sp.*), Hainrispengras (*Poa nemoralis*), Wiesenrispengras (*Poa pratensis agg.*), Löwenzahn (*Taraxacum officinale agg. et laevigatum agg.*), Brombeere (*Rubus fruticosus agg.*), Glattes Habichtkraut (*Hieracium laevigatum*), Walderd-

Artnamen	Gesamt-Nährkraftstufe				
	A	G	M	K	R
<i>Vicia tetrasperma</i>	4,0–5,2				
<i>Festuca trachyphylla</i>	> 4,0				
<i>Trifolium arvense</i>	> 4,8				
<i>Agrostis capillaris</i>	≤ 5,0				
<i>Hypochoeris radicata</i>					
<i>Polytrichum juniperum</i>					
<i>Hieracium pilosella</i>	≤ 4,0				
<i>Carex pilulifera</i>		≤ 4,0			
<i>Euphrasia officinalis</i>		≤ 4,0			
<i>Leontodon autumnalis</i>		≤ 4,0			
<i>Melampyrum pratense</i>		≤ 4,0			
<i>Holcus mollis</i>		≤ 4,5			
<i>Plagiomnium affine</i>			≥ 6,0		
<i>Stellaria media</i>			b		
<i>Ajuga reptans</i>			b		
<i>Circea lutetiana</i>			c		
<i>Lathyrus tuberosus</i>			a-b		
<i>Medicago lupulina</i>			a-b		
<i>Lycopus europaeus</i>			a-b		
<i>Stachys palustris</i>			a-b		
<i>Eupatorium cannabinum</i>			≥ 6,0		
<i>Mentha arvensis</i>			≥ 6,0		
<i>Anemone nemerosa</i>			b-c		
<i>Stellaria holostea</i>			b-c		
<i>Silene dioica</i>			c		
<i>Cirsium oleraceum</i>			≥ 6,0		
<i>Virga pilosa</i>			≥ 6,0		

Staubdepositionsstufen:

a	
a-b	
b	
b-c	
c	
a-c	

Feuchtestufe:

Pflanzen, die überdurchschnittliche Feuchtigkeit indizieren, wurden in Tab. 9 kursiv geschrieben.

Außerdem gehören dazu: *Agrostis stolonifera*, *Carex brizoides*, *Deschampsia cespitosa*, *Phragmites australis*, *Ranunculus repens*.

Die pH-Wert-Bereiche des Vorkommens werden jeweils mit angegeben.

Tab. 9:  
Weiserpflanzen  
zur bioindikativen  
Ansprache von  
Substrat-Nährkraft-  
und Depositionsstufen  
(SELENT 1997)

beere (*Fragaria vesca*) und Krücken-Kegelmoos (*Brachythecium rutabulum*).

Bei fehlender oder geringer Staubdeposition ist es möglich, die Substrat-Nährkraftstufen der Kippengeotope, vor allem in den äußeren Bereichen der fünfteiligen Trophieskala, mit Hilfe der Reaktions- und Nährkraftzahlen von Bodenpflanzen nach ELLENBERG et al. (1991) zu schätzen. Diese Bioindikation wird allerdings erschwert oder unmöglich gemacht, wenn stärkere Staubdepositionen und/oder Stickstoffeinträge erfolgt sind und dadurch die Gesamt-Nährkraftstufe verändert worden ist.

Staubdepositionen, Stickstoffeinträge sowie der Anbau luftstickstoffbindender Kraut- und Baumarten modifizieren die Artenstruktur der Bodenpflanzendecke erheblich. Sie begünstigen auf Kippengeotopen aller Trophiestufen die Präsenz und Dominanz basi- und nitrophytischer Ruderalarten, vor allem bei längerer Einwirkungszeit.

Die auf diese Weise begünstigten Spezies sowie Sandrohr (*Calamagrostis epigejos*) hemmen die

Etablierung von Pionierbaumarten und Eiche. Bis zum trophischen Optimum fördern Staubeinträge die Diversität, das Nischenangebot für trophisch anspruchsvolle Intermediärbaumarten und das Wachstum. Hohe bis sehr hohe, eine Überschreitung des trophischen Optimums bewirkende Staubeinträge können diversitätsmindernd und wachstumsbegrenzend wirken.

Eine Übersicht zur Bioindikation von Substrat-Nährkraft- und Depositionsstufen enthält Tab. 9.

Die auf unverritzten Böden zur Charakterisierung von Waldökosystemen geeigneten ökologisch-soziologischen Artengruppen haben sich in den von uns untersuchten, bis über 70 Jahre alten Kippewaldökosystemen noch nicht ausgebildet.

#### 4.2.1.2 Etablierung von Gehölzen

Je nach Diasporenangebot, Kippengeotop und Entwicklungsstadium können Artengarnitur und Flächenanteil der spontanen Gehölzvegetation sehr unterschiedlich sein:

Tab. 10:  
Etablierung von Baumarten auf verschiedenen Kippengeotopen bei Nischenfreiheit<sup>1)</sup> (in Anlehnung an SELENT 1997)

Geotop	Arm	Gering	Mittel	Kräftig	Reich
Distanz zu Diasporenspendern < 100 [m]	BI	BI TEI/SEI	BI TEI/SEI WLI	ZPA TEI/SEI WLI HBU BAH/SAH GES RBU	ZPA TEI/SEI WLI HBU BAH/SAH GES RBU
100–200 [m]	BI	BI TEI/SEI	BI TEI/SEI WLI	ZPA TEI/SEI WLI HBU BAH/SAH GES	ZPA TEI/SEI WLI HBU BAH/SAH GES
200–500 [m]	BI	BI TEI/SEI	BI TEI/SEI	ZPA TEI/SEI BAH/SAH GES	ZPA TEI/SEI BAH/SAH GES
500–1 000 [m]	BI	BI	BI TEI/SEI	BI TEI/SEI	BI TEI/SEI
> 1 000 [m]	BI	BI	BI ZPA	BI ZPA	BI ZPA

<sup>1)</sup> Das Immigrationsverhalten der in der Lausitz bedeutungsvollen Kiefer ähnelt dem der Birke

- Das Diasporenangebot ist von der Distanz zum Spender, dessen Fruktifikationsfähigkeit und der Ausbreitungsfähigkeit der Diasporen abhängig. Die Samen von Birke sind nahezu allgegenwärtig. Von einem waldbaulich relevanten Sameneintrag kann man bei Winter-Linde, Esche sowie Spitz- und Berg-Ahorn bis zu etwa 400 m und bei Stiel- und Trauben-Eiche bis zu etwa 1 000 m Distanz rechnen.

- Vom Kippengeotop ist es abhängig, ob die eingebrachten Diasporen aufgrund ihrer ökologischen Potenz unter den gegebenen Umweltbedingungen existieren können. Unsere Beobachtungen ergaben, daß Birke und Kiefer auf allen Geotopen existenzfähig sind. Bei den beiden Eichen erstreckt sich die ökologische Potenz von geringen bis zu reichen Geotopen. Der Potenzbereich der Winterlinde reicht von mittleren bis zu reichen Geotopen. Trophisch etwas enger ist der von Hainbuche. Die Edellaubbaumarten Esche, Spitz- und Berg-Ahorn wurden nur auf kräftigen und reichen Geotopen angetroffen.

- Von der Entwicklung der sich aufbauenden Phytozönose ist es abhängig, ob sich die betreffende Art im interspezifischen Konkurrenzkampf zu behaupten vermag. Dieses Durchsetzungsvermögen ist zuerst von der Kongruenz Geotop und ökologische Potenz abhängig. Erheblichen Einfluß darauf haben außerdem das Höhenwachstum und die Schattentoleranz. Aus dem Zusammenwirken dieser Komponenten ergeben sich Wettbewerbsvorteile für Pionierbaumarten im Initialstadium und für Sukzessorbaumarten im Medial- und Terminalstadium.

Gestützt auf vielfältige Beobachtungen wurde versucht, diese Einflußgrößen zusammenzufassen und tabellarisch darzustellen (*Tab. 10*).

### 4.2.1.3 Biotopbildung durch biotische Rückwirkungen auf Kippengeotope

Durch Beschattung und allmähliche Ausbildung eines Bioklimas, Detrituszufuhr zum Boden und Humusbildung sowie Bodendurchwurzelung mit Wasser- und Lufthaushaltregulation entstehen im Laufe der Zeit aus Kippengeotopen ökosystemar höherstehende Kippenbiotope mit Waldklima und Waldboden. Diese Prozesse vollziehen sich, je nach

Kippengeotop und Bestockung, unterschiedlich schnell und in verschiedene Richtungen.

Auf kräftigen und reichen Kippengeotopen erfolgt die Besiedelung und Bodenbedeckung durch Pflanzen schon in 3–5 Jahren; alle später eintreffenden Immigranten haben Schwierigkeiten, in den bereits geschlossenen Pflanzendecken Fuß zu fassen. Demgegenüber dauert die Besiedelung der meist nur eine lockere Pflanzendecke aufweisenden armen und geringen Geotope 10–20 Jahre. Hier können sich auch Spätimmigranten noch ansiedeln und behaupten, wenn ihr Existenzminimum gesichert ist.

Die letztendlich (Terminalstadium) vom Geotop sowie der ökologischen Potenz und Konkurrenzfähigkeit der Baumarten abhängige Richtung der Ökosystementwicklung hängt in der Initialphase stärker von Zufallseinflüssen ab, z. B. der Witterung in den ersten Jahren nach der Verkipfung, dem Diasporenangebot und schließlich der Fauna als Verbreiter von Diasporen und Konsument von Pflanzenteilen.

### Humusbildung

Bei Betrachtung von *Tab. 11* ergibt der Vergleich über die Substrat-Trophiestufen von den armen zu den kräftigen und reichen Geotopen eine Abfolge von Hagerhumus über Moder, mullartigem Moder zu Mull. Bei Gegenüberstellung von Baumarten und Bestandestypen gelangt man erwartungsgemäß zu dem Schluß, daß die Koniferen Kiefer und Lärche ungünstigere Humusformen als die heimischen Laubbaumarten ergeben. So liefern Birken und Eichen auf armen bis mittleren Geotopen nur Hagerhumus. Unter Pappel, Erle, Robinie und Rotbuche findet man Moder und Mull. In nahezu allen Mischbeständen wurden auf vergleichbaren Geotopen weitaus günstigere Humusformen (mullartiger Moder, L- u. F-Mull) als unter Reinbeständen angetroffen. Mischbestandsbegründung bedeutet somit mehr eine Investition in die weitere Zukunft als eine ökonomische Verbesserung in den nächsten Jahren. Starke Staubdepositionen ergeben Sonderhumusformen, die noch einer speziellen Klassifikation bedürfen (BRÄUNIG 1997).

In Verbindung mit der Humusbildung sei noch kurz auf die Entstehung und Akkumulation von Totholz hingewiesen. In Beständen der Pionierbaumarten Pappel, Erle und Robinie, die mit 30 bis 40 Jahren

Bestandestyp			Humusform in Abhängigkeit von der Substrat-Nährkraftstufe				
			A	G	M	K	R
Aufforstungen	Reinbestände	SPA, BPA, AS		Graswurzelfilz-Moder	Graswurzelfilz-Moder	mullartiger Moder L-Mull	F-Mull, L-Mull (Feucht-Mull)
		GBI	Hagerhumus		Hagerhumus	Moder	
		RER				L-Mull	L-Mull
		ELÄ		Moder	Moder	Moder mullartiger Moder	Moder F-Mull
		GKI, SKI		Moder	Moder	Moder	F-Mull
		SEI,TEI		Hagerhumus	Hagerhumus Moder mullartiger Moder	Moder mullartiger Moder F-Mull	
		REI		Moder	Moder, F-Mull	mullartiger Moder	
		RBU					mullartiger Moder
	Mischbestände	PA-GBI		mullartiger Moder	Graswurzelfilz-moder, Moder mullartiger Moder		
		PA-ROB			mullartiger Moder		F-Mull L-Mull
		ROB-GBI		F-Mull			
		PA-REI		F-Mull	L-Mul		
		WER-REI			mullartiger Moder		
		GBI-TEI			mullartiger Moder		
		PA-ROB-GES-REI			mullartiger Moder F-Mull	F-Mull	L-Mull L-Mull
		PA-ROB-WLI-AH			mullartiger Moder F-Mull, L-Mull	L-Mull	F-Mull
		ELÄ-WLI-RBU			Moder	Moder mullartiger Moder	F-Mull
		GBI-RBU-SAH				mullartiger Moder	
		GES-HBU-REI-AH-				Mullartiger Moder F-Mull	
		EI-WLI			Moder	Mullartiger Moder	
seimizukzessiv entstandene Bestände	GBI		Hagerhumus Moder, F-Mull				
	GBI-GKI		Hagerhumus Moder	mullartiger Moder			
	GBI-WLI				F-Mull		
	GBI-AH				F-Mull		
omnisukzessiv entstandene Bestände	GBI		Feuchtmoder in Senken				

Tab. 11:  
Humusformen in Abhängigkeit vom Kippengeotop und Bestandestyp

schon Seneszenzerscheinungen aufweisen, nimmt die Totholzbildung mit dem Alter stark zu. Das gilt auch dort, wo kurzlebige Pionierbaumarten in Beständen langlebiger Intermediär- und Klimaxbaumarten beigemischt sind. Hier kann das Tot-

holzvolumen über 30 m<sup>3</sup>/ha betragen (SELENT 1997). In den ältesten Kippenbeständen erreicht es Größenordnungen, die denen von Urwäldern während der Alterungs- und Zerfallsphasen entsprechen.



Abb. 2:  
Wurzelbild eines  
Schwarz-Pappel-  
Hybriden

### Bewurzelung und Bodendurchwurzelung

Bei Kippenböden ist einerseits ihre möglichst rasche Bindung und Befestigung, andererseits ein intensiver Bodenaufschluß mittels Grobwurzeln zur Vermeidung von Dichtlagerung (Schluffe und Tone) erforderlich.

Unsere in verdichtungsgefährdeten Kipplehmen durchgeführten Wurzeluntersuchungen ergaben:

- Schwarz- und Zitter-Pappel bilden bevorzugt weitreichende Horizontal- und Diagonalwurzeln, daneben einige Vertikalwurzeln sowie zahlreiche Feinwurzeln im Stockbereich (vgl. Abb. 2 und 3).
- Die Birke entwickelt auf Kippböden ein relativ tiefreichendes (60–80 cm) Hauptwurzelsystem, das in der Zwischenfläche durch Beimischung anderer Baumarten ergänzt werden sollte (vgl. Abb. 4).
- Die Eichen zeichnen sich, wie auch sonst auf bindigen Böden, durch eine tiefreichende, breite und intensive Wurzelbildung aus. Das ursprüngliche Pfahlwurzelsystem bildet sich schon in der Auxophase zu einem Herzwurzelsystem hoher edaphischer Wirksamkeit um (vgl. Abb. 5).
- Die Esche besitzt auf nährstoffkräftigen und reichen Kippenböden, neben einigen horizontalen und diagonalen Derbwurzeln, eine große Feinwurzelintensität im krümelig humosen Feinboden (vgl. Abb. 6).

### Referenzfläche 055 (vgl. Abb. 2)

Kipp-Substrat: ctII

Geototyp: Ra<sub>II</sub>

Alter [a]: 17

Oberhöhe [m] (WS): 18,5 (5)

dGZ (TS) [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]: 3,35 (4)

Reale Wurzeltiefe [cm]: > 150

Stark-, Derb- und Grobwurzeln:

- entspringen kranzförmig vom Stock
- verlaufen überwiegend horizontal
- streichen weit über den Kronenbereich aus

Mittel- und Schwachwurzeln:

- zweigen daumen- bis bleistiftstark von den Starkwurzeln ab
- verlaufen überwiegend horizontal und diagonal
- sind unter einigen Starkwurzeln als vertikale Abläufer angesetzt
- treten vor zwischen 60 und 90 cm Tiefe besonders häufig auf und tragen dort zur Bodenlockerung bei
- reichen vereinzelt bis zu 150 cm Tiefe

### Referenzfläche 054 (vgl. Abb. 3)

Kipp-Substrat: culs

Geototyp: Ra<sub>II</sub>

Alter [a]: 19

Oberhöhe [m]: 14,3 (5)

dGZ (TS) [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] (WS): 4,25 (5)

Reale Wurzeltiefe [cm]: 160

Abb. 3:  
Wurzelbild einer Aspe



**Stark-, Derb- und Grobwurzeln:**

- entspringen kranzförmig vom Stock
- verlaufen überwiegend horizontal
- streichen bis 2 m weit
- unter dem Stock befindet sich eine vertikal verlaufende, pfahlartige Starkwurzel, die bei etwa 80 cm Tiefe aufzweigt und bis zu 120 cm Tiefe, wo sich einige grusgroße Karbonatsteinchen befinden, reicht

**Mittel- und Schwachwurzeln:**

- zweigen von den Starkwurzeln ab
- verlaufen horizontal und diagonal (in größerer Anzahl) sowie vertikal (vereinzelt)
- sind unter einigen Starkwurzeln als vertikale Abläufer angesetzt
- reichen bis zu 60 cm Tiefe

**Referenzfläche 001 (vgl. Abb. 4)**

Kipp-Substrat: sl

Geototyp: Kb<sub>II</sub>

Alter [a]: 65

Oberhöhe [m]: 27,5 (5)

dGZ (TS) [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] (WS): 2,19 (3)

Reale Wurzeltiefe [cm]: > 140

Abb. 4:  
Wurzelbild einer  
Sand-Birke



**Stark-, Derb- und Grobwurzeln:**

- entspringen kranzförmig vom Stock
- verlaufen überwiegend horizontal
- sind in 50 cm Entfernung noch armstark und streichen weit
- unter dem Stock befinden sich einige überarmstarke Vertikal- und Diagonalwurzeln, die bei etwa 40 cm Tiefe aufzweigen

**Mittel- und Schwachwurzeln:**

- durchziehen diagonal und fächerartig den wurzelarmen Unterboden
- sind horizontal häufig verwachsen
- folgen bevorzugt den sandigeren Partien
- reichen vermutlich bis in den Kapillarsaum des Grundwassers

### Referenzfläche 058 (vgl. Abb. 5)

Kipp-Substrat: sl//xuls

Geototyp: Kb<sub>n</sub>

Alter [a]: 37

Oberhöhe [m] (WS): 16,4 (2)

dGZ (TS) [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]: 2,25 (3)

Reale Wurzeltiefe [cm]: 90

Stark-, Derb- und Grobwurzeln:

- entspringen kranzförmig vom Stock
- verlaufen nahezu horizontal
- zweigen in etwa 56 cm Entfernung auf

Mittel- und Schwachwurzeln:

- bilden ein dichtes Netz
- bilden unter einzelnen Starkwurzeln vertikale Absenker
- durchdringen, erschließen und lockern die Lehmdedecke intensiv in ihrer ganzen Mächtigkeit
- reichen bis 90 cm tief



Abb. 5:  
Wurzelbild einer  
Esche

### Referenzfläche 059 (vgl. Abb. 6)

Kipp-Substrat: sl//G[(x)ss+ssx+ssk]

Geototyp: Kb<sub>n</sub>

Alter [a]: 28

Oberhöhe [m] (WS): 11,4 (5)

dGZ (TS) [t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]: 2,26 (3)

Reale Wurzeltiefe [cm]: 110

Stark-, Derb- und Grobwurzeln:

- entspringen kranzförmig vom Stock
- verlaufen diagonal, biegen jedoch zum Teil in 30 cm Abstand vom Stock zu Horizontalen um
- verjüngen sich allmählich und zweigen auf
- vermutlich wurde unter dem Stock eine Pfahlwurzel angesetzt, von der einige Derb- und Grobwurzeln in ca. 40 cm Tiefe ein zweites Stockwerk andeuten

Mittel- und Schwachwurzeln:

- entspringen den diagonalen Derbwurzeln
- verlaufen überwiegend diagonal
- reichen bis zu 100 cm Tiefe



Abb. 6:  
Wurzelbild einer  
Eiche

Alle untersuchten Bäume durchwurzeln den Stockbereich und, bei hinreichender Bestandesdichte, auch die Zwischenfläche, bemerkenswert gut. Bindige Kippenböden werden dadurch erschlossen, vor Verdichtung bewahrt und in ihrer Genese gefördert. Bemerkenswert ist, daß die Feinwurzeln aller untersuchten Baumarten in den

oft inhomogenen Kippsubstraten bevorzugt Kohlestückchen durchwachsen und Tonbrocken umhüllen.

Die Resultate unserer im Mitteldeutschen Braunkohlerevier durchgeführten Wurzeluntersuchungen stehen mit denen aus der Lausitz sowie Angaben in der Literatur weitgehend im Einklang (vgl. Tab. 12).

Wurzelmorphologie		Baumart					
		<i>Kiefer</i>	<i>Lärche</i>	<i>Eiche</i>	<i>Birke</i>	<i>Rot-Erle</i>	<i>Balsam-Pappel</i>
Grundtyp bei Wurzelwegsamkeit u. Eintritt in die Maturität		Pfahlwurzler	Herzwurzler	von Pfahl- zu Herzwurzler	flacher Herzwurzler	Herzwurzler	Herzwurzler
Variation mit dem Alter		mäßig	mäßig	juvenil Pfahlwurzler, matur Herzwurzler	mäßig	gering	mäßig
Modifikation durch den Geotop		sehr ausgeprägt	mäßig	ausgeprägt	ausgeprägt	mäßig	mäßig
	trockene, wurzelwegsame Sande	Pfahlwurzler	lockeres Herzwurzelsystem	juvenil Pfahlwurzel, fortschreit. Diagonalwurzelbildung	weitstreichende, horizontal verlaufende Starkwurzeln	entfällt	entfällt
	bindige, wurzelwegsame Böden mit ausgeglichenem Wasser- u. Lufthaushalt	Pfahlwurzel meist aufzweigend und zahlreiche Diagonalwurzeln ausbildend	tieferreichendes Herzwurzelsystem	Pfahlwurzel meist aufzweigend und zahlreiche Diagonalwurzeln ausbildend	flaches Herzwurzelsystem	Herzwurzelsystem	Herzwurzelsystem
	verdichtete, eingeschränkt wurzelwegsame Böden mit unausgeglichenem Wasser- u. Lufthaushalt	Pfahlwurzel meist deformiert, ± herzwurzelartig, stärkere Wurzelkrümmungen und -deformationen	Herzwurzelsystem, häufig mit Wurzelkrümmungen und -deformationen	Pfahlwurzel meist aufzweigend und Diagonalwurzelbildung, stärkere Wurzelkrümmungen und -deformationen	flaches Herzwurzelsystem, von horizontalen Starkwurzeln vertikale Abläufer abzweigend	Herzwurzelsystem	Herzwurzelsystem
	Geotope mit oberflächennah anstehendem Grund- oder Stauwasser	Pfahlwurzel nur noch rudimentär, Kranz horizontaler Starkwurzeln bildet einen Wurzelteller	verflachtes Herzwurzelsystem, meist mit ausgeprägten Wurzelkrümmungen und -deformationen	Pfahlwurzel deformiert oder rudimentär, stärkere Wurzelkrümmungen und -deformationen	Kranz horizontaler Starkwurzeln, von denen vertikal kurze, büstenförmige Absenker abzweigen	Herzwurzelsystem, auch bei hoch anstehendem Grundwasser, sofern sauerstoffhaltig, tiefreichend	Herzwurzelsystem, auch bei hoch anstehendem Grundwasser, sofern sauerstoffhaltig, tiefreichend

Tab. 12 (S. 26–27):

Wurzeltracht der Hauptbaumarten, deren Altersvariation, Geotopmodifikation, Sensitivität und Adaptationsfähigkeit gegenüber hydrischen Veränderungen (THOMASIUS et al. 1998)

Wurzelmorphologie	Baumart					
	<i>Kiefer</i>	<i>Lärche</i>	<i>Eiche</i>	<i>Birke</i>	<i>Rot-Erle</i>	<i>Balsam-Pappel</i>
Sensitivität gegenüber O <sub>2</sub> -Mangel bzw. CO <sub>2</sub> -Anreicherung	relativ gering, Feinwurzeln absterbend, stärkere Wurzeln relativ lange lebensfähig	mäßig	relativ gering, stärkere Wurzeln noch lange lebensfähig	Feinwurzeln empfindlich	relativ gering, stärkere Wurzeln noch lange lebensfähig	relativ gering,
Adaptationsfähigkeit an Hydrotopveränderungen	relativ groß, Adventivwurzelsbildung	mäßig	relativ groß, starke Adventivwurzelsbildung	sehr gering	sehr gering	sehr gering

Fortsetzung zu Tab. 12 (S. 26–27):

Wurzeltracht der Hauptbaumarten, deren Altersvariation, Geotopmodifikation, Sensitivität und Adaptationsfähigkeit gegenüber hydrischen Veränderungen (THOMASIUS et al. 1998)

Bestandestyp			Durchschnittlicher Gesamtwuchs nach Trophiestufen [m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> ]				
			A	G	M	K	R
			bzw. Substratnährkraft- und Staubdepositionsstufe				
			Aa	Ab, Ac, Ga	Gb, Gc, Ma	Mb, Mc, Ka	Kb, Kc, Ra-c
Aufforstungen	Reinbestände	SPA, BPA, ZPA	-	-	0,8...4,6...8,4	5,0...6,1...7,2	2,9...7,5...10,7
		GBI	1,3	-	2,9	-	1,7
		RER	-	-	-	2,4	7,0...7,1...7,3
		ELÄ	-	4,4	7,3	6,8...7,3...8,4	3,2...6,9...10,7
		GKI, SKI	-	5,8	9,6	7,4...8,4...8,9	9,5
		SEI, TEI	-	1,3	-	1,4...4,9...6,7	5,8
		REI	-	5,8	3,9...4,6...5,3	7,3	-
		RBU	-	-	-	-	4,3
	Mischbestände	PA, GBI	-	-	2,3	3,6...4,5...6,0	-
		PA, ROB	-	-	-	8,2	-
		PA, REI	-	-	6,3	7,6	-
		WER, REI	-	-	-	3,3	-
		GBI, TEI	-	-	-	6,1	-
		PA, ROB, GES, REI	-	-	-	3,9	4,3...4,7...5,5
		PA, ROB, WLI, AH	-	-	-	3,8...6,9...9,0	4,8...5,6...6,5
		ELÄ, WLI, RBU	-	-	-	9,8	4,5...5,6...6,3
EI, WLI	-	-	-	-	6,5		
semisukzessiv entstandene Bestände	GBI	-	2,9	1,0...2,1...2,8	-	-	
	GBI, GKI	-	2,8	1,4...2,1...2,8	-	-	
	GBI, AH	-	-	-	-	4,1	

Tab. 13:

Mittelwerte und Extreme des durchschnittlichen Gesamtwuchses (Volumeneinheiten [m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>]) verschiedener Bestandestypen auf unterschiedlichen Trophiestufen mit 40 Jahren (SELENT 1997)

#### 4.2.1.4 Produktivität der Baumbestände

Die Substrat-Nährkraftstufen und die durch Staub-Depositionen angehobenen Gesamt-Nährkraftstufen üben einen wesentlichen Einfluß auf die Kippen-Phytozönosen aus. Das kommt augenfällig in der Produktivität der Waldbestände zum Ausdruck (SELENT 1997). Sie wird in den Tab. 13 (vgl. S. 27) und 14, bei Bezug auf das Alter von 40 Jahren, als durchschnittlicher Gesamtzuwachs dGZ in Volumen- [ $\text{m}^3 \text{a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ] und Gewichtseinheiten [ $\text{t a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ], ausgewiesen.

Daraus folgt:

- Der Zuwachs steigt generell von den armen und geringen Geotoptypen zu den kräftigen und reichen, wobei häufig innerhalb derselben Trophiestufe erhebliche Mittelwertunterschiede festgestellt wurden. Die trophisch anspruchsvolleren Baumarten Esche, Ahorn, div. Pappelhybriden, Hainbuche und Winter-Linde wurden fast nur auf kräftigen und reichen Geotopen angetroffen. Zwischen

kräftigen und reichen Geotopen besteht bei den meisten Bestandestypen kein signifikanter Unterschied. Man gelangt zu dem Eindruck, daß mit der Gesamt-Nährkraftstufe K das Sättigungsniveau erreicht wird.

Auf kräftigen und reichen Geotopen ergeben sich im Alter von 40 Jahren die Rangfolgen:

##### Reinbestände:

nach dem Volumen-dGZ [ $\text{m}^3 \text{a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ]:  
 GKI u. SKI ( $\approx 9,0$ ); REI ( $\approx 7,0$ ); ELÄ ( $\approx 7,0$ );  
 PA ( $\approx 7,0$ ); SEI u. TEI ( $\approx 5,0$ ); RBU ( $\approx 4,0$ );  
 GBI ( $\approx 2,0$ );  
 nach dem Trockensubstanz-dGZ [ $\text{t}^3 \text{a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ]:  
 REI ( $\approx 4,0$ ); GKI u. SKI ( $\approx 3,8$ ); ELÄ ( $\approx 3,1$ );  
 SEI u. TEI ( $\approx 3,0$ ); PA ( $\approx 2,5$ ); RBU ( $\approx 2,4$ );  
 RER ( $\approx 2,1$ ); GBI ( $\approx 0,9$ )

##### Mischbestände:

nach dem Volumen-dGZ [ $\text{m}^3 \text{a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ]:  
 ELÄ mit div. Baumarten ( $\approx 6-7$ ), PA mit div.  
 Baumarten (REI, GES, ROB, WLI  $\approx 5-7$ ),  
 EI mit div. Baumarten ( $\approx 5-7$ ),

Tab. 14:  
 Mittelwerte und  
 Extreme des durch-  
 schnittlichen Gesamt-  
 zuwachses (Gewicht-  
 einheiten [ $\text{t a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ])  
 verschiedener Bestan-  
 destypen auf unter-  
 schiedlichen Trophie-  
 stufen mit 40 Jahren  
 (SELENT 1997)

Bestandestyp			Durchschnittlicher Gesamtzuwachs nach Trophiestufen [ $\text{t a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ]				
			A	G	M	K	R
			bzw. Substratnährkraft- und Staubdepositionsstufe				
			Aa	Ab, Ac, Ga	Gb, Gc, Ma	Mb, Mc, Ka	Kb, Kc, Ra-c
Aufför- stungen	Rein- bestände	SPA, BPA, ZPA	-	-	0,3...1,7...3,1	1,8...2,2...2,6	1,1...2,9...4,3
		GBI	0,7	-	1,5	-	0,9
		RER	-	-	-	1,1	3,1
		ELÄ	-	2,1	3,5	3,2...3,5...4,0	1,5...3,3...5,1
		GKI, SKI	-	2,5	4,1	3,2...3,6...3,8	4,1
		SEI, TEI	-	0,8	-	0,8...2,7...3,7	3,3
		REI	-	3,3	2,2...2,6...3,0	4,2	-
		RBU	-	-	-	-	2,4
	Misch- bestände	PA, GBI	-	-	1,1	1,4...1,7...2,2	-
		PA, ROB	-	-	-	4,0	2,6
		PA, REI	-	-	2,4	3,2	-
		WER, REI	-	-	-	1,5	-
		GBI, TEI	-	-	-	3,3	-
		PA, ROB, GES, REI	-	-	-	2,0	1,9...2,2...2,5
		PA, ROB, WLI, AH	-	-	-	2,0...3,0...3,8	2,2...2,4...2,6
ELÄ, WLI, RBU	-	-	-	4,6...4,6...4,6	2,0...2,7...3,3		
EI, WLI	-	-	-	-	3,3		
semisukzessiv entstandene Bestände	GBI	-	1,5	0,5...1,1...1,4	-	-	
	GBI, GKI	-	1,4	0,7...1,0...1,4	-	-	
	GBI, AH	-	-	-	-	2,0	

Substrat-Nährkraftstufe	Stoffeinträge unerheblich	Gesamt-Nährkraftstufen (Substrat-Nährkraftstufe + Depositionsstufe)			
		G	M	K	R
	Attraktor der autogenen Sukzession	Attraktoren der allogenen Sukzession			
A	BI, KI	BI, KI, EI	BI, EI, WLI		
G	BI, KI, EI		EI, WLI	EI, WLI, HBU	
M	EI, WLI, HBU			EI, WLI, HBU, ELH	EI, ELH, HBU, WLI
K	EI, WLI, HBU, ELH				EI, ELH, HBU, WLI
R	EI, ELH, HBU, WLI				

Tab. 15: Wahrscheinliche Baumartenzusammensetzung der Attraktoren autogener sowie in Gang gesetzter allogener Sukzessionen unter durchschnittlichen Feuchtigkeitsbedingungen terrestrischer Geotope im Mitteldeutschen Revier

nach dem Trockensubstanz-dGZ [ $t^3 a^{-1} ha^{-1}$ ]: ELÄ mit div. Baumarten ( $\approx 3-4$ ), Pa mit div. Baumarten ( $\approx 2-3,5$ ), EI mit div. Baumarten ( $\approx 2-3,5$ )

- In ihrer Produktivität sind Reinbestände, bis zu dem betrachteten Bezugsalter, den Mischbeständen überlegen. Bei diesem Produktivitätsvergleich ist jedoch zu beachten, daß der Wachstumsverlauf der verschiedenen Bestandestypen sehr unterschiedlich sein kann und die dGZ-Werte zu sehr verschiedenen Zeitpunkten kulminieren. Aus diesen Gründen werden bei dem Bezugsalter von 40 Jahren alle Frühkulminierer (Pionierbaumarten) zu günstig und alle Spätkulminierer (Klimaxbaumarten) zu ungünstig beurteilt. Dieser Sachverhalt ist bei der Baumartenwahl zu beachten.
- Die Produktivität der auf semisukzessivem Wege entstandenen, stets einen höheren Birkenanteil aufweisenden Bestände, ist geringer als die von Aufforstungen.

#### 4.2.1.5 Attraktoren der Sukzession

Die Richtgröße der Sukzession wird nach THOMAS (1996 a-d) als Attraktor<sup>1)</sup> bezeichnet. Dieser ergibt sich aus:

- der Konstellation der Umweltfaktoren,
- der ökologischen Potenz der durch Diasporen vertretenen Pflanzenarten und
- ihrem interaktiven Verhalten (Wettbewerb).

<sup>1)</sup> Der Unterschied zwischen der potentiellen natürlichen Pflanzengesellschaft (PNV) und dem Sukzessionsattraktor besteht darin, daß erstere die einst oder heute als natürlich aufgefaßte Pflanzengesellschaft bezeichnet, der Attraktor hingegen das aufgrund der künftigen Umweltkonstellation zu erwartende Terminalstadium der auto- und allogenen Sukzession.

Der Weg vom Initialstadium zum Attraktor kann geradlinig verlaufen, aber auch über Um- und Abwege (z. B. längerfristige Gräserstadien) führen, weil beim Aufbau von Ökosystemen sowohl kausale als auch stochastische Einflüsse wirken. Letzteres gilt vor allem für die sensitiven Bereiche der Ökosystementwicklung an Verzweigungsstellen des Kopplungsnetzes.

Aus den Darlegungen über Stoffeinträge folgt, daß viele Kippengeotope im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier allogenen Sukzessionen unterliegen. Beim bisherigen Stand unserer Erkenntnisse kann man mit den in Tab. 15 dargestellten Konjugationen rechnen.

Die in Tab. 15 genannten, durch Baumartenkombinationen charakterisierten Attraktoren kennzeichnen auch den Verlauf semisukzessiver Prozesse in den vorhandenen Kippenforsten. Sie sollten beim Umbau von Kippenforsten berücksichtigt werden. Bei Rückgang der Staubeinträge sind erneut Veränderungen der Kippenvegetation zu erwarten. Das gilt besonders für arme bis mittlere Geotope, die lange Zeit unter dem Einfluß mittlerer und hoher Staubimmissionen gestanden haben. Geringere Auswirkungen sind dort zu erwarten, wo kräftige sowie reiche Substrattypen vorliegen.

Abb. 7a, b:  
Referenzfläche 023,  
Tonhalde Haselbach  
(Kipp-Ton Ga2-7)



#### 4.2.1.6 Beispiele charakteristischer Kippengeotope mit Bestockung

Zur Veranschaulichung der wichtigsten Kippengeotope sowie der häufig auf ihnen stockenden Baumbestände werden nachfolgend 10 nach der Trophie des Kippsubstrates geordnete Beispiele mit charakteristischen Boden- und Bestandeskennwerten aus dem Mitteldeutschen Braunkohlenrevier gegeben.

##### Referenzfläche 023, Tonhalde Haselbach

Relief: Rippen und Rinnen im Wechsel

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 369, Winter 223

Entstehung: Kippenboden ca. 1969, Bestand 1975

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Ton (kohleführend)

Bodentyp: Lockersyrosem

Humusform: Feuchtmoder in Senken

Staub-Depositionsstufe: 2

Nährstufe Substrat: Gering (2)

Nährstufe gesamt: Gering (2)

Feuchtestufe: Reliefabhängig (2–7)

Geototyp: Ga 2–7

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 0,3 m

nFKWe: 47 mm, nFK-90 cm: 140 mm

Bemerkung: Kleinräumiger Wechsel zwischen trockenen Rippen und aquatischen Rinnen

Horizontierung:

L-iOf +1,5 cm

iAi+Cv -1 cm, Tt, C<sub>Org</sub> 0,5 M. %,

Cv -30 cm, Tt, C<sub>Org</sub> 0,5 M. %,

C -60 cm, Tt, C<sub>Org</sub> 0,5 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Omnisukzession Birke

Alter [a]: ca. 22

Oberhöhe [m]: –

Mittlerer Durchmesser [cm]: –

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 100

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: –

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: –

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: –

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: –

Ertragsklasse: –

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: –

Totholzanteil [%]: –

## Referenzfläche 052, Flurkippe Espenhain

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 331, Winter 227

Entstehung: Kippenboden ca. 1960, Bestand 1960

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Kohlesand (kohlebrockig)

Bodentyp: Regosol

Humusform: Hagerhumus

Staub-Depositionsstufe: 3

Nährstufe Substrat: Gering (2)

Nährstufe gesamt: Mittel (3)

Feuchtestufe-90 cm: mäßig frisch (3)

Geototyp: Gb3

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 0,3 m

nFKWe: 35 mm, nFK-90 cm: 157 mm

Bemerkung: 20–30 cm aschemelioriert

Horizontierung:

L+tiOf +1 cm

iAh -4 cm, Su2–Si2, C<sub>Org</sub> 6,0 M. %

iAh-Cv -25 cm, Su2–Si2, C<sub>Org</sub> 4,5 M. %

Cv1 -60 cm, Su2, C<sub>Org</sub> 3,5 M. %

Cv2 -140 cm, fSms, C<sub>Org</sub> 1,0 M. %

(Cv1–2 wechseln unsystematisch kleinräumig)

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Semisukzession GBI

Alter [a]: 37

Oberhöhe [m]: GBI 11,8, PA 8,0–8,4

Mittlerer Durchmesser [cm]: GBI 10,0, SPA 7,6,

BPA 9,8

Baumanzahl [St.·ha<sup>-1</sup>]: 1 140 (davon GBI 60 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>]: 8,0 (davon GBI 67 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>]: 34,5 (davon GBI 78 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>]: 0,99

dGZ Trockensubstanz [t·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>]: 0,48

Ertragsklasse: GBI 3,3, PA außerhalb der

Ertragstafel

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>]: 2,1 (PA 100 %)

Totholzanteil [%]: 5,6



Abb. 8a, b:  
Referenzfläche 052,  
Flurkippe Espenhain  
(Kipp-Kohlesand  
Gb3)

Abb. 9a, b:  
Referenzfläche 040,  
Überflurkippe Phönix  
(Kipp-Gemenge Gb3)



**Referenzfläche 040, Überflurkippe Phönix**

Relief: Tal

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 364, Winter 228

Entstehung: Kippenboden ca. 1975, Bestand 1976

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Gemenge aus Ton (kohle-  
führend) + Reinsand (kohleführend) + Reinsand

Bodentyp: Lockersyrosem

Humusform: Hagerhumus

Staub-Depositionsstufe: 3

Nährstufe Substrat: Gering (2)

Nährstufe gesamt: Mittel (3)

Feuchtestufe-90 cm: Mäßig frisch (3)

Geototyp: Gb3

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 0,3 m

nFKWe: 50 mm, nFK-90 cm: 148 mm

Bemerkung: aschemeliert bis 30 cm

Horizontierung:

L+Of +0,5 cm

iAi -2 cm, Tt+S12+Ss, C<sub>Org</sub> 2 M. %

Cv -30 cm, Tt+S12+Ss, C<sub>Org</sub> 1,5 M. %

Cv1 -140 cm, Tt, C<sub>Org</sub> 1,8 M. %

Cv2 -140 cm, Ss+S12, C<sub>Org</sub> 1,5 M. %

Cv3 -140 cm, fS, C<sub>Org</sub> 0,1 M. %

(„Schichtung“ auf dem Bild tritt nicht in der Fläche  
auf)

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Semisukzession GBI, GKI

Alter [a]: 21

Oberhöhe [m]: GBI 11,3, GKI 7,4

Mittlerer Durchmesser [cm]: GBI 7,0, GKI 8,4

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 1 224 (davon GBI 82 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 5,0 (davon GBI 77 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 22,3 (davon  
GBI 80 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 1,36

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 0,68

Ertragsklasse: GBI 1,0, GKI 1,4

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 0,1

Totholzanteil [%]: 0,5

## Referenzfläche 031, Flurkippe Marie II

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 364, Winter 228

Entstehung: Kippenboden ca. 1950, Bestand 1952

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Gemenge aus Reinsand (kohleführend) + Schlufflehmsand + Ton (kohleführend)

Bodentyp: Regosol

Humusform: Moder

Staub-Depositionsstufe: 3

Nährstufe Substrat: Mittel (3)

Nährstufe gesamt: Kräftig (4)

Feuchtestufe-90 cm: Mäßig frisch (3)

Geotoptyp: Mb3

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,4 m

nFKWe: 122 mm, nFK-90 cm: 91 mm

Bemerkung: Geringer Grundwassereinfluß > 1,5 m

Horizontierung:

L +3,5 cm

I-Of +2 cm

I-Ah -8 cm, Su2+SI3+Tt, C<sub>Org</sub> 5,5 M. %

Ah-Cv -25 cm, Su2+SI3+Tt, C<sub>Org</sub> 1,0 M. %

Cv1 -140 cm, Ss-Su2, C<sub>Org</sub> 1 M. %

Cv2 -140 cm, SI3+SI2, kein C<sub>Org</sub>

Cv3 -140 cm, Tt, C<sub>Org</sub> 1 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand TEI, WLI

Alter [a]: 45

Oberhöhe [m]: TEI 16,4, WLI 14,2

Mittlerer Durchmesser [cm]: TEI 14,9, WLI 12,0

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 1 656 (davon WLI 68 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 21,9 (davon WLI 58 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 134 (davon

WLI 50 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 2,77

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 1,36

Ertragsklasse: TEI 1,2, WLI 2,9

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 10,0

Totholzanteil [%]: 6,9



Abb. 10a, b:  
Referenzfläche 031,  
Flurkippe Marie II,  
(Kipp-Gemenge Mb3)



Abb. 11a, b:  
Referenzfläche 032,  
Flurkippe Marie II  
(Kipp-  
Schlufflehmsand  
Mb4)



### Referenzfläche 032, Flurkippe Marie II

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 364, Winter 228

Entstehung: Kippenboden ca 1950, Bestand 1972

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Schlufflehmsand über  
Reinsand

Bodentyp: Regosol

Humusform: Moder

Staub-Depositionsstufe: 3

Nährstufe Substrat: Mittel (3)

Nährstufe gesamt: Kräftig (4)

Feuchtestufe-90 cm: Frisch (4)

Geototyp: Mb4

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,0 m

nFKWe: 156 mm, nFK-90 cm: 141 mm

Bemerkung: Geringer Grundwassereinfluß > 1,5 m

Horizontierung:

L +4 cm

I-Ohf +2,5 cm

iAh -5 cm, S13, C<sub>org</sub> 1,7 M. %

Cv -30 cm, S13, C<sub>org</sub> 2,7 M. % (fossil)

Cv -140 cm, mSfs+S12, kein C<sub>org</sub>

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand ELÄ, WLI

Alter [a]: 25

Oberhöhe [m]: ELÄ 18,9, WLI 11,5

Mittlerer Durchmesser [cm]: ELÄ 16,9, WLI 6,2

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 2 890 (davon WLI 64 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 28,6 (davon WLI 20 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 218,5 (davon  
WLI 11 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 9,82

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 4,62

Ertragsklasse: ELÄ-1,0

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 1,2

Totholzanteil [%]: 0,5

### Referenzfläche 081, Flurkippe Theodor

Relief: Ebene mit Mulden

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 317, Winter 178

Entstehung: Kippenboden min. 1945, Bestand 1945

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Reinsand (kiesführend),  
kohlelenbrockig

Bodentyp: Regosol

Humusform: Mullartiger Moder

Staub-Depositionsstufe: 4

Nährstufe Substrat: Mittel (3)

Nährstufe gesamt: Reich (5)

Feuchtestufe-90 cm: Mäßig trocken (2)

Geototyp: Mc2

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,7 m

nFKWe: 90 mm, nFK-90 cm: 61 mm

Bemerkung: Grundwassereinfluß > 1,5 m unge-  
klärt

Horizontierung:

L +7 cm

I-Of +5,5 cm

Oh-I +4 cm

I-Ah -10 cm, mSgs, C<sub>org</sub> 3,4 M. %

Cv -60 cm, mSgs, C<sub>org</sub> 0,2 M. %

Cv -140 cm, mSgs, C<sub>org</sub> 0,1 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand SPA, ROB, AH

Alter [a]: 52

Oberhöhe [m]: SPA 31,5, ROB 26,5, BAH 23,9,  
SAH 22,7

Mittlerer Durchmesser [cm]: SPA 52,0, ROB 26,7,  
BAH 18,2, SAH 20,0

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 620 (davon SPA 10 %,  
ROB 25 %, BAH 17 %, SAH 43 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 34,8 (davon SPA 39 %,  
ROB 25 %, BAH 8 %, SAH 24 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 361,7 (davon 39 %,  
ROB 25 %, BAH 7 %, SAH 22 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 7,83

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 3,82

Ertragsklasse: SPA 2,7, ROB -0,5, BAH 1,5,  
SAH 1,8

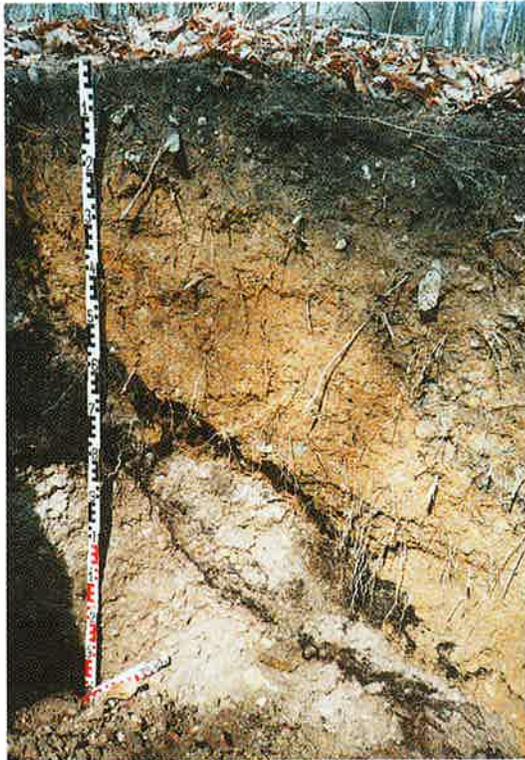
Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 14,8

Totholzanteil [%]: 3,9



Abb. 12a, b:  
Referenzfläche 081,  
Flurkippe Theodor  
(Kipp-Reinsand Mc2)

Abb. 13a, b:  
Referenzfläche 027,  
Haselbach-Plateau  
(Kipp-  
Schlufflehmsand Kc3)



### Referenzfläche 027, Halde Haselbach

Relief: Plateau

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 369, Winter 223

Entstehung: Kippenboden ca. 1925, Bestand 1927

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Schlufflehmsand (kiesführend)

Bodentyp: Regosol

Humusform: Mullartiger Moder

Staub-Depositionsstufe: 4

Nährstufe Substrat: Kräftig (4)

Nährstufe gesamt: Reich (5)

Feuchtestufe-90 cm: Mäßig frisch (3)

Geototyp: Kc3

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,8 m

nFKWe: 244 mm, nFK-90 cm: 135 mm

Horizontierung:

L +7,5 cm

iOf +3,5 cm

Oh-I +2 cm

I-Ah -20 cm, SI3+SI2+Slu, C<sub>org</sub> 5,7 M. %

Cv1 -140 cm, SI3+Slu, C<sub>org</sub> 0,8 M. %

Cv2 -140 cm, SI4+Slu, C<sub>org</sub> 0,5 M. %

Cv3 -140 cm, mSgs, C<sub>org</sub> 0,2 M. %, kohlebrockig

(Cv1–3 kleinräumiges unsystematisches Nebeneinander)

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand (GBI), RBU, SAH

Alter [a]: 70

Oberhöhe [m]: RBU 26,8, SAH 25,6

Mittlerer Durchmesser [cm]: RBU 20,4, SAH 26,6

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 664 (davon RBU 63 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 27,9 (davon RBU 49 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 314 (davon 48 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 4,13

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 2,18

Ertragsklasse: RBU 0,7, SAH 1,9

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 18,1

Totholzanteil [%]: 5,4

## Referenzfläche 043, Flurkippe Witznitz

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 348, Winter 218

Entstehung: Kippenboden ca. 1940, Bestand 1960

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Schluff über Sandkohle über Gemenge aus Kohlschlufflehm + Lehm (kiesführend)

Bodentyp: Regosol

Humusform: Mullartiger Moder

Staub-Depositionsstufe: 4

Nährstufe Substrat: Kräftig (4)

Nährstufe gesamt: Reich (5)

Feuchtestufe-90 cm: Frisch (4)

Geototyp: Kc4

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We):

0,85 m

nFKWe: 283 mm, nFK-90 cm: 290 mm

Bemerkung: Grundwassereinfluß > 1,5 m



Abb. 14a, b:  
Referenzfläche 043,  
Flurkippe Witznitz  
(Kipp-Schluff Kc4)

Horizontierung:

L +15 cm

I-Of +12 cm

Oh-I +10 cm

I-Ah -8 cm, Ut3, C<sub>org</sub> 4,2 M. %

IAh $\leftrightarrow$ rAp-27 cm, Ut3, C<sub>org</sub> 1,8 M. %

Cv -47 cm, Ut3, C<sub>org</sub> 0,5 M. %

IICv -85 cm, sandige Kohle, C<sub>org</sub> 27,6 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand SEI, WLI

Alter [a]: 37

Oberhöhe [m]: SEI 17,6, WLI 16,6

Mittlerer Durchmesser [cm]: SEI 15,6, WLI 11,8

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 2 150 (davon SEI 41 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 30,2 (davon SEI 55 %)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 211,9 (davon SEI 62 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 6,2

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 3,33

Ertragsklasse: SEI ca. 0,3, WLI 1,6

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 15,8 (davon SEI 97 %)

Totholzanteil [%]: 6,9



Abb. 15a, b:  
Referenzfläche 055,  
Flurkippe Espenhain  
(Kipp-Kallehm Ra2)



### Referenzfläche 055, Flurkippe Espenhain

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 331, Winter 227

Entstehung: Kippenboden 1977, Bestand 1980

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Kipp-Kallehm

Bodentyp: Pararendzina

Humusform: L-Mull

Staub-Depositionsstufe: 2

Nährstufe Substrat: Reich (5)

Nährstufe gesamt: Reich (5)

Feuchtestufe-90 cm: Mäßig trocken (2)

Geotoptyp: Ra2

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,0 m

nFKWe: 116 mm, nFK-90 cm: 106 mm

Horizontierung:

L +2 cm

iAh -5 cm, Ls4, S14+Ls3, C<sub>Org</sub> 2,1 M. %

Ah-Cv -10 cm, Ls4+S14+Ls3, C<sub>Org</sub> 0,5 M. %

Cv -40 cm, Ls4+S14+Ls3, C<sub>Org</sub> 0,2 M. %

Cv -100 cm, Ls4+S14+Ls3, C<sub>Org</sub> 0,3 M. %

Cv -140 cm, S13+S12, C<sub>Org</sub> 0,2 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Reinbestand SPA

Alter [a]: 17

Oberhöhe [m]: 18,5

Mittlerer Durchmesser [cm]: 18,4

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 745

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 19,7

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 145,6

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 8,9

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 3,35

Ertragsklasse: 2,5

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 5,5

Totholzanteil [%]: 3,6

## Referenzfläche 060, Flurkippe Rositz

Relief: Ebene

Niederschlagsmittel (mm): Sommer 371, Winter 231

Entstehung: Kippenboden min. 1956, Bestand 1956

Bodenkennwerte:

Ausgangssubstrat: Flaches Kipp-Gemenge aus

Schluff + Kohlensandlehm über Kipp-Schluff

Bodentyp: (Initial)-Haftnässepseudogley-Regosol

Humusform: F-Mull

Staub-Depositionsstufe: 5

Nährstufe Substrat: Reich (5)

Nährstufe gesamt: Reich (5)

Feuchtestufe-90 cm: Frisch (4)

Geotoptyp: Rc4

Aktuelle effektive Durchwurzelungstiefe (We): 1,0 m

nFKWe: 183 mm, nFK-90 cm: 170 mm

Bemerkung: Luftkapazität und kf-Wert sehr gering

Horizontierung:

L +13,5 cm

I-Of +11 cm

I +10 cm

iAh -6 cm, Ut4, S14+S12, C<sub>Org</sub> 5,0 M. %

Cv1 -30 cm, Ut4, C<sub>Org</sub> 1,0 M. %

Cv2 -30 cm, S14+S12, C<sub>Org</sub> 2,5 M. %

IISg-Cv -140 cm, Ut4, C<sub>Org</sub> 0,3 M. %

Charakteristik des Baumbestandes:

Bestandestyp: Mischbestand SPA, ROB u. a.

Alter [a]: 41

Oberhöhe [m]: SPA 29,0, ROB 24,6

Mittlerer Durchmesser [cm]: SPA 29,1, ROB 20,3

Baumanzahl [St.\*ha<sup>-1</sup>]: 920 (davon SPA 30 %,  
ROB 28 %)

Grundfläche [m<sup>2</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 920 (davon SPA 30 %,  
ROB 28)

Volumen Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 31,9 (davon  
SPA 58 %, ROB 26 %)

dGZ Schaftholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 8,63

dGZ Trockensubstanz [t\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>]: 3,87

Ertragsklasse: SPA 2,3, ROB -0,3

Volumen Totholz [m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup>]: 13,8 (davon SPA 74 %)

Totholzanteil [%]: 3,9



Abb. 16a, b:  
Referenzfläche 060,  
Kipp-Gemenge Rc4



## 4.2.2 Forstwirtschaftliche Nutzung und Bewirtschaftung von Kippen

### 4.2.2.1 Rekultivierung oder Renaturierung

Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus können der Natur überlassen oder mit mehr oder weniger großem Aufwand einer bestimmten Bodennutzungsart, z. B. der Forstwirtschaft, zugeführt werden. Im ersten Fall kommt es zur Sukzession, die unter den in Mitteleuropa gegebenen Klimaverhältnissen überwiegend zur Bewaldung führt. Im zweiten wird versucht, nach verschiedenen Vorbereitungsmaßnahmen (Reliefgestaltung, Bodenbearbeitung, Düngung), künstlich (Saat oder Pflanzung) einen als Forst bezeichneten Baumbestand zu begründen.

Da beide Wege prinzipiell gangbar sind, ist zu klären, welcher von ihnen beschritten werden soll<sup>1)</sup>.

Die Frage, wo sukzessive Bewaldung der künstlichen vorzuziehen ist, kann nur bei hinreichender Kenntnis der gegebenen Umweltsituation sowie der vorrangigen Zielstellung objektiv beantwortet werden. Voraussetzung dafür sind

- die Kenntnis des Geotops und des Attraktors der Sukzession,
- die Dominanzfunktion des künftigen Waldes (Wirtschaftswald, Schutzwald, Erholungswald).

Die Entscheidungsfindung selbst beruht auf dem Vergleich

- des bei sukzessiven und artifiziellen Maßnahmen bis zur Funktionsfähigkeit des künftigen Ökosystems erforderlichen Arbeits-, Kosten- und Zeitaufwandes,
- der funktionellen Wirksamkeit der natürlich oder

künstlich entstandenen Ökosysteme.

Die zur Beantwortung dieser Fragen erzielten Untersuchungsergebnisse werden in *Tab. 16* zusammengefaßt.

Für das Untersuchungsgebiet folgt daraus, daß sukzessive Bewaldung auf folgenden Geotopen, besonders bei größerer Relevanz der Schutz- und Erholungsfunktionen, empfohlen werden kann:

- Semiterrestrische Geotope
  - Naßgeotope aller Nährkraftstufen
  - Feuchtgeotope der Nährkraftstufe A
- Terrestrische Geotope
  - Arme Geotope, trocken bis sehr trocken
  - Geringe Geotope, trocken bis sehr trocken
  - Mittlere bis Reiche Geotope, sehr trocken

Für künftige Wirtschaftswälder wird auf Geotopen der Nährkraftstufen M bis R in frischen und mittleren Feuchtebereichen (Vergrasungsgefahr durch *Calamagrostis epigejos*) die Aufforstung empfohlen.

### 4.2.2.2 Kippenrekultivierung – Baumartenwahl und -mischung

Bei den nachfolgend unterbreiteten Vorschlägen wird davon ausgegangen, daß Baumarten, welche die künftige Waldbestockung bestimmen, unter Berücksichtigung der jeweiligen gesellschaftlichen Zielstellung, mit denen des Attraktors der Sukzession möglichst gut übereinstimmen sollen (Minimalhemerobie).

Damit im Zusammenhang sind folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Baumarten sind bei den gegebenen Umweltkonstellationen lebens-, konkurrenz- und funktionsfähig (Aspekte der Autökologie)?

Dabei ist zu unterscheiden zwischen **Geotopen**, die

<sup>1)</sup> Von Forstleuten, die durch die „Schule des Schlagweisen Hochwaldes“ gegangen sind, wird nicht selten die Auffassung vertreten, Sukzession sei nur ein Anliegen des Naturschutzes und wenig geeignet, leistungsfähige Waldbestände zu begründen; von einigen Naturschützern hingegen wird jede Aufforstung als naturwidrig und unvereinbar mit ihrer Philosophie betrachtet. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß es möglich ist, die Sukzession sowohl in den Dienst des Naturschutzes als auch der Forstwirtschaft zu stellen.

<sup>2)</sup> Die bisweilen vertretene Auffassung, man könne Bestände von Sukzessivbaumarten erst nach einer Vorwaldbestockung auf Kippen begründen, ist in dieser Absolutheit nicht haltbar. Das Stadium „Vorwald“ ist bei den genannten Intermediärbaumarten, wie die Natur und zahllose Aufforstungen belegen (richtige Baumartenwahl vorausgesetzt), nicht erforderlich. Nur bei ausgeprägten Klimaxbaumarten, z. B. Rotbuche, Berg- und Feldulme, Sommerlinde, ist Vorsicht am Platze. Andererseits ist anzumerken, daß es durchaus zweckmäßig sein kann, die ökologischen Vorteile von Vorwäldern (Milderung klimatischer Extreme, rasche Durchwurzelung des Bodens, reiche Produktion zersetzungsfreundlicher Streu, bei Erlen auch Bindung von Luftstickstoff) mit technologischen und ökonomischen Gesichtspunkten (rasche Holzproduktion) in Einklang zu bringen.

Kriterien	Präferenz der Sukzession	Präferenz der Aufforstung
<i>Naturngesetzliche Kriterien</i>		
Charakter des Geo- oder Biotops	<p>Trophisch oder hydrisch extreme Geotope</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die längere Zeit für Gehölzansamungen empfängnisbereit sind, weil sie nur eine lockere Bodenpflanzendecke tragen</li> <li>• mit rauher und lockerer Oberfläche, auf der die Diasporen nicht verweht werden</li> <li>• mit günstigen Keim- und Anwuchsbedingungen für attraktor- und funktionsgemäße Baumarten</li> </ul>	<p>Trophisch oder hydrisch günstige Geotope</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die in kurzer Zeit flächendeckend von Gräsern und Kräutern besiedelt werden und bald Gehölzansamungen nur begrenzt zulassen</li> <li>• mit glatter Oberfläche, auf der die Diasporen leicht verweht werden</li> <li>• mit ungünstigen Keim- und Anwuchsbedingungen (frühjahrsfeucht u. -kalt) für attraktor- und funktionsgemäße Baumarten</li> </ul>
Attraktor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminalstadium wird von Pionierbaumarten gebildet</li> <li>• die mit etwa <b>30–50 Jahren</b> erreichte Reifephase des Pionierwaldes unterscheidet sich strukturell und funktionell nur unerheblich vom Schlußwald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminalstadium wird von Intermediär- oder Klimaxbaumarten gebildet</li> <li>• die über ein 50–70jähriges Pionierwaldstadium führende Sukzession erfordert bis zum Erreichen der charakteristischen Struktur und vollen Funktionsfähigkeit des Ökosystems <b>über 100 Jahre</b></li> </ul>
Angebot von Diasporen der attraktor- und funktionsgemäßen Baumarten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hinreichend großes Diasporenangebot für eine attraktor- und funktionsgemäße Bewaldung. Günstig zu beurteilen sind dabei:</li> <li>• früh, häufig und reichlich fruktifizierende anemochore Spezies (Pionierbaumarten),</li> <li>• geringe Entfernung zu den Diasporenspendern und gutes Ausbreitungsvermögen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unzureichendes Diasporenangebot für eine attraktor- und funktionsgemäße Bewaldung. Das ist häufig der Fall bei:</li> <li>• spät und nur in größeren Zeitintervallen fruktifizierenden Spezies (Intermediär- und Klimaxbaumarten),</li> <li>• großer Entfernung zu den Diasporenspendern</li> </ul>
<i>Gesellschaftliche Kriterien</i>		
Kongruenz von Attraktor und Bestandeszieltyp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weitgehende Übereinstimmung oder Ähnlichkeit zwischen Bestandeszieltyp und Attraktor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erhebliche Divergenz zwischen Bestandeszieltyp und Attraktor</li> </ul>
Zeitliche Erfordernisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewaldung drängt nicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kurzfristige Bewaldung erforderlich</li> </ul>
Dominierende Waldfunktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• multifunktionaler Wirtschaftswald bei relativ zeit- und kostengünstiger Realisierbarkeit des Bewirtschaftungszieles durch Aufforstung</li> <li>• extensive Erholungsnutzung</li> <li>• Naturschutz (spezielle Zielstellung Prozeßschutz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baumplantagen, die der Produktion spezieller Sortimente dienen</li> <li>• multifunktionaler Wirtschaftswald bei kürzerer und kostengünstiger Realisierbarkeit des Bewirtschaftungszieles durch Aufforstung</li> <li>• intensive Erholungsnutzung (Förderung einer raschen ästhetischen Wirksamkeit)</li> <li>• Boden- und Wasserschutz (z. B. bei Erosionsdisposition)</li> </ul>
Ertragsfähig. d. Geotops	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gering (niedrige Bewirtschaftungsintensität)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mittel bis hoch</li> </ul>
Bewaldungstechnologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufforstung wäre mit größeren technischen Problemen und Aufwendungen verbunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufforstung ist technisch unproblematisch und kostengünstig</li> </ul>

Tab. 16:

Präferenzkriterien bei der Wahl des Bewaldungsverfahrens (Entscheidung über Sukzession oder Aufforstung)

Tab. 17:  
Baumartenwahl in  
Abhängigkeit von  
Trophie, Staubde-  
position und Feuchte

durch das Auftreten von Rohböden und extremen Klimabedingungen auf offenen Kippenflächen gekennzeichnet sind und **Biotopen**, die sich im Laufe der Waldentwicklung ausgebildet und bereits Böden mit einem Humushorizont sowie ausgeglichenerem Mikroklima hervorgebracht haben<sup>2)</sup>.

2. Welche Baumarten sind unter den gegebenen und sich im Verlaufe der Zeit verändernden Umweltbedingungen assoziationsfähig; mit anderen Worten, welche Baumartenmischungen ergeben ökologisch günstige Bestandeszieltypen (Aspekte der Synökologie)?

Baumart	Substrat- Nährkraftstufe	Staub- depositionsstufe	Feuchtestufen	Bemerkungen
<i>Laubbaumarten</i>				
<b>Birken</b>				
• Moor-Birke	alle Stufen möglich	-	III	Pionier-Baumart
• Sand-Birke	alle Stufen möglich	-	I-III	Pionier-Baumart
<b>Erlen</b>				
• Rot-Erle	K, R	-	II-III	Pionier-Baumart
• Weiß-Erle	M, K, R	-	II-III	Pionier-Baumart
<b>Pappeln</b>				
• Balsam-Pappel	M, K, R	-	II-III	Pionier-Baumart
• Schwarz-Pappel	K, R	-	II-III	Pionier-Baumart
• Zitter-Pappel	K, R	-	II-III	Pionier-Baumart
Weiden	nach Arten sehr differenziert			Pionier-Arten
Robinie	G, M, K, R	-	I-II	Pionier-Baumart
<b>Eichen</b>				
• Rot-Eiche	G, M, K, R	-	I-III	Intermed.-Baumart
• Stiel-Eiche	G, M, K, R	-	I-III	Intermed.-Baumart
• Trauben-Eiche	G, M, K, R	-	I-II	Intermed.-Baumart
<b>Eschen</b>				
• Gemeine Esche	K, R	bei b und c auch M	II-III	Intermed.-Baumart
<b>Linden</b>				
• Winter-Linde	M, K, R	bei b und c auch G	II-III	Intermed.-Baumart
• Sommer-Linde	M, K, R	-	II-III	Klimax-Baumart
Hainbuche	K, R	bei b und c auch M	II-III	Intermed.-Baumart
Buche	M, K, R	-	II	Klimax-Baumart in Klimastufen Um, UD
<b>Ahorne</b>				
• Feld-Ahorn	K, R	bei b und c auch M	I-II	Intermed.-Baumart
• Spitz-Ahorn	K, R	bei b und c auch M	II-III	Intermed.-Baumart
• Berg-Ahorn	K, R	bei b und c auch M	II-III	Klimax-Baumart
<b>Ulmen</b>				
• Flatter-Ulme	K, R	bei b und c auch M	II-III	Intermed.-Baumart
• Berg-Ulme	K, R	bei b und c auch M	II-III	Klimax-Baumart
• Feld-Ulme	K, R	bei b und c auch M	II-III	Klimax-Baumart
<b>Koniferen</b>				
<b>Kiefern</b>				
• Gemeine Kiefer	alle Stufen möglich	nicht bei b u. c	I-III	Pionier-Baumart
• Schwarz-Kiefer	M, K, R	-	I-II	Pionier-Baumart
<b>Lärchen</b>				
• Europ. Lärche	G, M, K, R	-	II	Pionier-Baumart

3. Welche Bestandeszieltypen sind auf den einzelnen Geotopen besonders geeignet, speziellen Zielstellungen (Wirtschaftswald, Schutzwald, Erholungswald) Rechnung zu tragen (Aspekte der Funktionalität und Ökonomie)?

4. Wie und mit welchem Aufwand sind die einzelnen Bestandeszieltypen zu begründen und zu behandeln (Aspekte der Technologie)?

Eine kurze Übersicht zur Baumartenwahl in ihrer Abhängigkeit von der Trophie, Staubdeposition und Feuchtigkeit der Kippengeotope wird mit *Tab. 17* gegeben.

Nach Klärung der die Baumartenwahl betreffenden autökologischen Probleme ist die Frage nach der Baumartenmischung zu beantworten. Wir stützen uns dabei auf

- in geotopisch vergleichbaren natürlichen Waldgesellschaften verbreitete Baumassoziationen,
- Ergebnisse umfangreicher Mischbestandsuntersuchungen,
- langjährige Erfahrungen ansässiger Praktiker.

Über die Baumartenzusammensetzung der mit verschiedenen Kippengeotopen ökologisch vergleichbaren natürlichen Biotope und die ihnen entsprechenden Bestandeszieltypen informiert *Tab. 18* (S. 44–46).

Neben den genannten Aspekten müssen schon bei der Baumartenwahl spezielle Forderungen der Wirtschaft, des Natur- und Landschaftsschutzes und Erholungswesens beachtet werden. Das wird mit den in *Tab. 19* (S. 47–50). aufgeführten Spalten zur funktionalen Wirksamkeit (produktive, protektive und rekreative Effekte) der verschiedenen Bestandestypen deutlich gemacht.

Die erste Spalte zeigt die Produktivitätsunterschiede verschiedener Baumarten bzw. Baumartenmischungen bei einem Bezugsalter von 40 Jahren. Die Bedeutung der Baumarten bzw. -mischungen für die Biotopbildung (Bodenaufschluß durch Wurzeln, Humusbildung durch Streufall und Bestandesklimaentwicklung durch räumliche Strukturierung) wird in der folgenden Spalte skizziert. Die letzte enthält einige Angaben zur Waldästhetik, wobei sich die Autoren in erster Linie von den Kriterien Mannigfaltigkeit sowie Übereinstimmung von Form und Inhalt leiten lassen (THOMASIUS 1978).

### Aufforstungstechnologie

Reliefausformung:

Auf freien Kippenflächen ist immer wieder zu beobachten, daß sich der Wind mechanisch und physiologisch negativ auswirken kann. Meist beginnt die spontane Pflanzenansiedlung im Windschatten von Geländeunebenheiten, wo sich Feuchtigkeit, Feinboden und Humus anreichern. Einebnungen und Planierungen von Kippenflächen sind darum nur gerechtfertigt, soweit es die Begeh- bzw. Befahrbarkeit erfordert.

Ein Kleinrelief mit mikromorphologischen Differenzierungen hinsichtlich Einstrahlung, Oberflächenerwärmung und Evaporation, Wasserabzug von Erhöhungen und Feuchtigkeitsanreicherung in den Senken, Feinbodenabtrag von exponierten Stellen und Ansammlung organischer Stoffe in den Mulden fördert die Biotopbildung und Sukzession.

Für extreme Windlagen sind spezielle Maßnahmen der Oberflächengestaltung im Interesse der Verbesserung des Mikroklimas zu empfehlen:

- Anlage von Erddämmen und Gräben quer zur Hauptwindrichtung. Der Abstand von Dammitte zu Dammitte sollte etwa 2,5 m und die Dammhöhe 0,2–0,5 m betragen.
- Aufstellung etwa 1,5 m hoher Windschutzzäune quer zur Hauptwindrichtung im Abstand von etwa 40 m. Auch Benjeshecken wirken sich günstig auf das Geländeklima aus.

Bodenbearbeitung:

Bei erkennbarer Verdichtung des Kippsubstrates kann Tiefenlockerung erforderlich sein. Das ist der Fall, wenn das Kippsubstrat einen hohen Schluff- und/oder Tonanteil aufweist und bei feuchter Witterung aus größerer Höhe verkippt worden ist; schließlich auch dort, wo Kippen durch Befahren mit schweren Maschinen verdichtet worden sind.

Düngung und Melioration:

Die Notwendigkeit einer Düngung ergibt sich aus dem Nährstoffangebot des Kippsubstrates und dem Nährstoffbedarf der künftigen Bestockung. Auf frisch geschütteten Kippen können Aufforstungen durch Startdüngung im Wachstum unterstützt werden. Vielerorts ist die Aussaat luftstickstoffbindender Hilfspflanzen zu empfehlen.

Auf den Kippen des Mitteldeutschen Braunkohlereviers kann weitgehend, bis auf einige unten

Bezeichnung	Hauptbaumart		Nebenbaumarten		Begründung auf der Kippe	spätere Verjüngungs- u. Pflegemaßnahmen	Raumstruktur		Geotoptyp
	Name	Anteil	Name	Anteil			vertikal	horizontal	
<i>Roterlen-Typen</i>									
RER-Rein	Rot-Erle	10			Pflanzung o. Sukzession		einschichtig		K-R, II-III
RER-Bi	Rot-Erle	8	Sand- o. Moor-Birke	2	Pflanzung o. Sukzession	Mischungsregulierung	unregelmäßig einschichtig	einzelbaumweise	M, III
RER-ELH	Rot-Erle	7	Ahorn (bes. Berg-A.), Stiel-Eiche, Feld- o. Berg-Ulme	3	Pflanzung o. Sukzession	Mischungsregulierung	penetriert	trupp- u. gruppenweise	K-R, II-III
RER-ES	Rot-Erle	7	Esche	3	Pflanzung o. Sukzession	Mischungsregulierung	penetriert	trupp- u. gruppenweise	K-R, III
<i>Pappel-Typen</i>									
SPA o. BPA	Schwarz- o. Balsampappel-Hybr.	10			Pflanzung als Vorwald	Umbau n. 30-40 Jahren erforderl.	einschichtig		K-R, II-III BPA auch M, II-III
SPA/BPA-ELH	Schwarz- o. Balsam-Pappel-Hybriden	6-7	Ahorn (bes. Berg-A.), ES, Feld- o. Berg-Ulme, Stiel-Eiche	3-4	SPA/BPA Pflanzung als Vorwald	ELH später durch Pflanzung o. Sukz. unter Schirm	penetriert	trupp- u. gruppenweise	K-R, II-III
ZPA	Zitter-Pappel	10			Pflanzung als Vorwald	Umbau n. 30-40 Jahren erforderl.	einschichtig		M-R, II-III
<i>Birken-Typen</i>									
GBI-Rein	Sand-Birke	10			Sukzession		einschichtig		A-G, I-III
GBI-GKI/SEI	Sand- o. Moor-Birke	7	Stiel-Eiche, Kiefer	3	Sukzession, Ergänzungspflanzung	Mischungsregulierung	weitgehend einschichtig	horstweise	A-G, I-III
GBI-GKI/TEI	Sand-Birke	7	Trauben-Eiche, Kiefer	3	Sukzession, Ergänzungspflanzung	Mischungsregulierung	weitgehend einschichtig	horstweise	A-G, I-II

Bezeichnung	Hauptbaumart		Nebenbaumarten		Begründung auf der Kippe	spätere Verjüngungs- u. Pflegemaßnahmen	Raumstruktur		Geotoptyp
	Name	Anteil	Name	Anteil			vertikal	horizontal	
<i>Stiel-Eichen-Typen</i>									
SEI-ELH	Stiel-Eiche	6–7	Ahorn (bes. Berg-A.), Feld- o. Berg-Ulme	3–4	SEI d. Saat o. Pflanzung	ELH später durch Pflanzung o. Sukz. unter Schirm	penetriert	trupp- u. gruppenweise	K-R, II-III
SEI-RBU	Stiel-Eiche	6–7	Rot-Buche	3–4		BU später durch Pflanzung o. Sukz. unter Schirm	zweischichtig	gruppenweise o. flächig	M-R, II
SEI-GBI/GKI	Stiel-Eiche	7	Sand- u. Moor-Birke Kiefer	3	Sukzession, Ergänzungs- pflanzung	v. GBI-Pionierwald zu SEI d. Sukz. o. Pflg	weitgehend einschichtig	horstweise	G, I-III
<i>Traubeneichen-Typen</i>									
TEI-ELH	Traubeneiche	6–7	Ahorn (bes. Berg-A.), Esche, Feld- o. Berg-Ulme	3–4	TEI d. Saat o. Pflanzung unter Schirm	ELH später durch Pflanzung o. Sukz.	penetriert	trupp- und gruppenweise	K-R, (bei c auch M), II-III
TEI-RBU	Traubeneiche	6–7	Rot-Buche	3–4		BU später durch Pflanzung unter Schirm	zweischichtig	gruppenweise o. flächig	M-R, II
TEI-WLI/HBU	Traubeneiche	7	Winter-Linde, Hainbuche	3	TEI d. Saat o. Pflanzung	WLI u. HBU spä. Pflanzung o. Sukz. unter Schirm	zweischichtig oder penetriert	gruppenweise o. flächig	M-R (HBU ab K), II-III
TEI-GKI	Traubeneiche	7	Kiefer	3	Pflanzung oder Saat	d. Mischungsregulierung zu Mischbeständen	weitgehend einschichtig oder penetriert	horstweise	M, I-II
TEI-GBI	Traubeneiche	7	Sand-Birke	3	Sukzession, Ergänzungs- pflanzung	v. GBI-Pionierwald zu TEI d. Sukz. o. Pflanzung	weitgehend einschichtig oder penetriert	horstweise	G-M, I-II

Fortsetzung zu Tab. 18 (S. 44–46):

Bestandeszieltypen, charakterisiert nach Baumartenzusammensetzung, Begründung und Behandlung, Raumstruktur sowie geotopischer Eignung

Bezeichnung	Hauptbaumart		Nebenbaumarten		Begründung auf der Kippe	spätere Verjüngungs- u. Pflegemaßnahmen	Raumstruktur		Geotoptyp
	Name	Anteil	Name	Anteil			vertikal	horizontal	
<i>Roteichen-Typen</i>									
REI-Rein	Rot-Eiche	10			Pflanzung		einschichtig		G-K, I-II
REI-WLI	Rot-Eiche	7	Winter-Linde	3	Pflanzung	WLI später oder semisukzessiv	zweischichtig	flächig	M-R, II
<i>Edellaubholz-Typ</i>									
ELH	Esche	6–7	Ahorn (bes. Berg-A.), Stiel- o. Trauben-Eiche, Feld- o. Berg-Ulme	3–4	Pflanzung und/oder Sukzession	bei Sukzession z. T. Ergänzungspflanzung	penetriert	trupp- und gruppenweise	K-R, II-III
<i>Lärchen-Typen</i>									
ELÄ-BU	Europ. Lärche	7	Rot-Buche	3	Pflanzung von ELÄ	RBÜ zugleich (a. später d. Pflanz. unter Schirm)	zweischichtig	flächig, auch gruppenweise	M-R, II
ELÄ-WLI/HBU	Europ. Lärche	7	Winter-Linde, Hainbuche	3	Pflanzung von ELÄ	WLI u. HBU zugleich, WLI auch semisukzessiv	zweischichtig	flächig, auch gruppenweise	M-R, II (HBU ab K)
ELÄ-REI	Europ. Lärche	7	Rot-Eiche	3	Pflanzung von ELÄ	REI zugleich einbringen	zweischichtig	flächig	M-K, II
<i>Kiefern-Typen</i>									
GKI-Rein	Kiefer	10		0	Pflanzung	GKI semisukzessiv	unregelmäßig einschichtig	trupp- u. gruppenweise	A-G, I-II

Bezeichnung	Relevante Geotope	Produktive Wirkungen		Ökologische Wirkungen			Bodengnese	Rekreative, bes. ästhetische Wirkungen	Bemerkungen
		bei $t = 40 \text{ a}$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	wahrsch. $\text{dGZ-Kul-}$ $\text{min. [a]}$	Relation $\text{dGZ}_{40}$ zu $\text{dGZ}_{\text{max}}$	Bodendurchwurzelung	Humusbildung (Depositionsstufe a)			
<i>Roterlen-Typen</i>									
RER-Rein	R II	6-8	30-50	$\text{dGZ}_{40} \approx \text{dGZ}_{\text{max}}$	intensive Durchwurzelung	große Streuproduktion, sehr gut zersetzb., L-Mull	Pararendzina	gering	nur als Vorwald und Zeitmischung
	K-R, III	8-10					Regosol-Pararendzina, Pseudogley-Gley		Dauerbestockung
RER-GBi	M III	5-7	30-50	$\text{dGZ}_{40} \approx \text{dGZ}_{\text{max}}$	RER intensive, BI gute Durchwurzelung	RER große, BI mittl. Streuproduktion, Streu gut bis sehr gut zersetzb., L-Mull	Regosol	mäßig	nur als Vorwald und Zeitmischung
RER-ELH	K-R, II-III	6-9	RER 30-50 ELH 60-80	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$	intensive Durchwurzelung	große Streuproduktion, Streu sehr gut zersetzb., L-Mull	Pararendzina	mäßig	als Dauermischung möglich
	K-R, III	6-9	RER 30-50 ELH 60-70	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$			Regosol, Pararendzina, Pseudogley-Gley	mäßig	als Dauermischung möglich
<i>Pappel-Typen</i>									
SPA o. BPA	K-R, II-III	bei richtiger Sortenwahl $\geq 10$	25-30	$\text{dGZ}_{40} \approx \text{dGZ}_{\text{max}}$	Durchwurzelung bes. im Stockbereich, bis >1 m	mittlere Produktion gut zersetzbarer PA-Streu, große Produktion von Gräserstreu, Grasfilz-Moder bis L-Mull	Regosol, Pararendzina	gering	Vorwald
SPA/ BPA-ELH	K-R, II-III	6-9	PA 25-30 ELH 60-80	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$	intensive Durchwurzelung im Stock- u. Zwischenflächenbereich	große Streuproduktion, Streu sehr gut zersetzbar, L-Mull		mäßig	von Vorwald zu Dauerbestockung

Tab. 19 (S. 47-50):

Bestandeszieltypen und ihre funktionalen Wirkungen

Bezeichnung	Relevante Geotope	Produktive Wirkungen		Ökologische Wirkungen			Rekreative, bes. ästhetische Wirkungen	Bemerkungen
		bei $t = 40 \text{ a}$ [m <sup>2</sup> ·a <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]	wahrsch. dGZ-Kulmin. [a]	Relation dGZ <sub>40</sub> zu dGZ <sub>max</sub>	Bodendurchwurzelung	Humusbildung (Depositionsstufe a)		
<i>Fortsetzung: Pappel-Typen</i>								
ZPA	K–R, II–III	6–10	25–35	dGZ <sub>40</sub> ≈ dGZ <sub>max</sub>	Durchwurzelung bes. im Stockbereich, bis >1 m	mittlere Produktion gut zersetzbarer PA-Streu, große Produktion von Gräserstreu, Grasfilz-Moder bis F-Mull	Regosol, Pararendzina	gering  Vorwald
<i>Birken-Typen</i>								
GBI-Rein	A–G, I–III	2–4	30–40	dGZ <sub>40</sub> ≈ dGZ <sub>max</sub>	relativ flache Be- und Durchwurzelung	geringe Produktion gut zersetzbarer Streu, Hagerhumus bis Moder	Lockersyrosem-Regosol,	ästhetisch wirkungsvoll  von Pionier- oder Vorwald zu Dauerbestockung
GBI-GKI/SEI	A–G, I–III	2–4	GBI 30–40 GKI 60–80 TEI 100–140	dGZ <sub>40</sub> << dGZ <sub>max</sub>	Ergänzung von GBI, TEI u. GKI im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	mittlere Produktion gut zersetzbarer Streu, Moder	Lockersyrosem-Regosol,	ästhetisch sehr wirkungsvoll
GBI-GKI/TEI	A–G, I–III							
<i>Stieleichen-Typen</i>								
SEI-ELH	K–R, II–III	4–7	SEI 100–140 GES 60–80	dGZ <sub>40</sub> << dGZ <sub>max</sub>	intensive Be- und Durchwurzelung im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	große Streuproduktion, Streu sehr gut zersetzbar, F- u. L-Mull	Regosol, Pararendzina, Pseudogley-Gley	ästhetisch wirkungsvoll  stabile Dauerbestockungen
SEI-RBU	M–R, II		SEI 100–140 RBU 140–160	großer Wertzuwachs mit d. Dimension		große Streuproduktion, Streu gut zersetzbar, Moder bis mullartiger Moder	Regosol	

Bezeichnung	Relevante Geotope	Produktive Wirkungen		Ökologische Wirkungen			Rekreative, bes. ästhetische Wirkungen	Bemerkungen
		bei $t = 40 \text{ a}$ [ $\text{m}^3\text{a}^{-1}\text{ha}^{-1}$ ]	wahrsch. $dGZ$ -Kulmin. [a]	Relation $dGZ_{40}$ zu $dGZ_{\text{max}}$	Bodendurchwurzelung	Humusbildung (Depositionsstufe a)		
<i>Fortsetzung: Stieleichen-Typen</i>								
SEI-WLI/ HBU	M-R, II-III	4-7	SEI 100-140 WLI 50-60 HBU 40-60		große Streuproduktion, Streu gut zersetzbar, mullartiger Moder	Regosol	ästhetisch wirkungsvoll	stabile Dauerbestockung
SEI-GBI/ GKI	G, I-III	3-5	SEI 100-140 GBI 30-40 GKI 60-80	$dGZ_{40} \ll dGZ_{\text{max}}$	gute Be- und Durchwurzelung im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	Regosol		
<i>Traubeneichen-Typen</i>								
TEI-ELH	K-R (bei c auch M), II-III	4-7	TEI 100-140 ELH 60-80	$dGZ_{40} \ll dGZ_{\text{max}}$	intensive Be- und Durchwurzelung im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	Regosol, Pararendzina	ästhetisch wirkungsvoll	stabile Dauerbestockung
TEI-RBU	M-R, II		TEI 100-140 RBU 140-180	großer Wert- zuwachs mit der Dimen- sion				
TEI-LJ/ HBU	M-R (HBU ab K), II-III		TEI 100-140 WLI 50-60 HBU 40-60					
TEI-GKI	M, I-II	3-5	TEI 100-140 GKI 60-80	$dGZ_{40} \ll dGZ_{\text{max}}$	gute Be- und Durchwurzelung im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	Regosol		
TEI-GBI	G-M, I-II		TEI 100-140 GBI 30-40					
<i>Roteichen-Typen</i>								
REI-Rein	G-K, I-II	5-8	60-70	$dGZ_{40} < dGZ_{\text{max}}$	gute Stockbe- wurzelung	Regosol	ästhetisch wirkungsvoll	

Fortsetzung zu Tab. 19 (S. 47-50):  
Bestandeszieltypen und ihre funktionalen Wirkungen

Bezeichnung	Relevante Geotope	Produktive Wirkungen		Ökologische Wirkungen			Bodengeneese	Rekreative, bes. ästhetische Wirkungen	Bemerkungen
		bei $t = 40 \text{ a}$ [ $\text{m}^3 \text{a}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ]	wahrsch. $\text{dGZ}$ -Kulmin. [a]	Relation $\text{dGZ}_{40}$ zu $\text{dGZ}_{\text{max}}$	Bodendurchwurzelung	Humusbildung (Depositionsstufe a)			
<i>Fortsetzung: Roteichen-Typen</i>									
REL-WLI	M-R, II	5–8	REI 60–70 WLI 50–60	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$	Ergänzung d. Bodendurchwurzelung durch REI im Stock- u. WLI im Zwischenflächenbereich	wegen WLI-Anteil Streu besser zer-setzbar als bei REI-Rein, Moder bis mullartiger Moder	Regosol, Pararendzina	ästhetisch wirkungsvoll	
<i>Edellaubholz-Typ</i>									
Edellaubholz-Typ	K-R, II–III	6–8	80–100	$\text{dGZ}_{40} \ll \text{dGZ}_{\text{max}}$ großer Wert- zuwachs mit d. Dimension	intensive Be- und Durchwurzelung im Stockbereich u. i. d. Zwischenfläche	große Streupro- duktion, Streu sehr gut zersetzbar, F- u. L-Mull	Regosol, Pararendzina	ästhetisch sehr wirkungsvoll	stabile Dauer- bestockung
<i>Lärchen-Typen</i>									
ELÄ-BU	M-R, II	8–10	ELÄ 40–50 RBU 140–160	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$	gute und tiefgehende Durch- und Bewurzelung d. Lärche im Stockbereich, Laubbaumarten zur Ergänzung in der Zwischenfläche	große Streupro- duktion, wegen schlechter Zer- setzbarkeit d. LÄ- Streu Laubbaum- Beimischung, Moder bis mull- artiger Moder	Regosol, Pararendzina	im Wechsel der Jahreszeiten und wegen Mannig- faltigkeit ästhetisch wirkungsvoll	
<i>Kiefern-Typ</i>									
Kiefern-Typ	A-G, I–II	4–6	60–80	$\text{dGZ}_{40} < \text{dGZ}_{\text{max}}$	tiefgehende Be- u. Durchwurzelung nur im Stockbereich	große Streupro- duktion, schwere Zer- setzbarkeit d. Streu, Hagerhumus bis Moder	Lockersyrosem- Regosol, Regosol	erst im Alter ästhetisch wirkungsvoll	großfläch. Anbau wegen Feuer und Insekten bedenklich

genannte Ausnahmen, auf Düngung verzichtet werden, weil

- die Baumartenvorschläge mit der Nährstoffausstattung der Kippsubstrate abgestimmt sind,
- der Flächenanteil düng- und meliorationsbedürftiger Geotope gering ist und die heute seltenen „Magerstandorte“ meist für den Naturschutz und das Erholungswesen von Interesse sind,
- in den zurückliegenden Jahrzehnten große Mengen basische Stoffe eingetragen worden sind,
- auf großen Arealen nicht die Dendromasseproduktion im Vordergrund steht.

Zu den Ausnahmen zählen:

- Geotope der Trophiestufen A und G, auf denen eine Erweiterung des Baumartenspektrums und Verbesserung der Dendromasseproduktion angestrebt wird,
- schwefelhaltige Kohlesande, bei deren Verwitterung (Pyrit) eine extreme Bodenversauerung eintritt, die durch Kalkung neutralisiert werden muß,
- Waldbestände, in denen wegen eines zu hohen Stickstoffangebotes ein P- und/oder Mg-Mangel induziert worden ist.

Pflanzung und Saat:

Es ist zweckmäßig, Aufforstungen unverzüglich nach der Verkippung durchzuführen, damit einer Verdichtung der frisch geschütteten und unstrukturierten Schüttsubstrate zuvorgekommen wird.

Außerdem soll vermieden werden, daß sich Wildpflanzen schon vor der Kultur ansiedeln und einen Vorsprung vor den Bäumen erlangen.

Mit Ausnahme von Eichensaat und Birken-Schneesaaten (Vorwald) werden Kippenkulturen durch Pflanzung begründet. Die Wahl der Pflanzensorte wird vor allem von der Anwuchsfreudigkeit und Konkurrenzfähigkeit der Gehölzpflanzen bestimmt. Dabei ist zu beachten, daß kleine und jüngere Pflanzen nicht nur billiger sind, sondern meist auch besser als große und ältere anwachsen. Dem stehen ihre geringere Konkurrenzfähigkeit gegenüber hohem Begleitwuchs entgegen. Der Wahl des Pflanzensortimentes muß darum eine Prognose der Art und Wirkung des zu erwartenden Begleitwuchses vorausgehen. Die dazu erforderlichen Informationen kann man sich durch Beobachtung der Initialstadien von Sukzessionen (Artenzusammensetzung, Artendominanz, Dynamik und geotopische Bindung) beschaffen.

Schutzpflanzenanbau:

Für die Abschwächung klimatischer Extreme auf Freiflächen, die Beschleunigung der Bodenbildung und den Schutz vor Erosion ist eine rasche Begrünung der Kippen mit wurzelintensiven und gut bodendeckenden Pflanzen nützlich. Diese stellt sich, je nach Gunst oder Ungunst der ökologischen Bedingungen, früher oder später und mit größerer oder geringerer Dichte von selbst ein und bildet das Initialstadium der Sukzession.

Aus Sicht der Rekultivierung handelt es sich dabei um einen ambivalenten Vorgang:

- Rasche und dichte Begrünung der Kippenflächen beschleunigt den Bodenaufschluß und die Bodenbindung durch Pflanzenwurzeln. Sie gleicht Bodenfeuchtigkeitsschwankungen aus, fördert die Humusbildung und schwächt die auf Freiflächen herrschenden Klimaextreme ab. Diese positiven Wirkungen treten vor allem bei Dominanz annueller und biennier Krautarten auf.
- Durch den gleichen Prozeß wird aber auch das Ankommen bestimmter Holzgewächse behindert und ihr weiteres Fortkommen durch vielfältige Konkurrenzwirkungen beeinträchtigt. Das gilt besonders, wenn unter den Erstbesiedlern stolonienbildende Gräser, z. B. *Calamagrostis epigejos*, dominieren.

Daraus folgt, daß bei Kippenrekultivierungen oft nur ein schmaler Pfad zwischen dem Nutzeffekt und der Konkurrenzwirkung spontan ankommender Wildpflanzen vorhanden ist. Die allgemeine Forstpraxis (REINECKE 1997) und die von uns zur Kippenrekultivierung durchgeführten Recherchen haben gezeigt, daß dieser durch Anbau krautiger Pflanzen verbreitert und verlängert werden kann, wenn

- diese vor dem Ankommen konkurrenzstarker Wildpflanzen schon da sind und ihre Ausbreitung verhindern,
- sie die Forstpflanzen dank ihrer spezifischen Wuchseigenschaften und Schutzwirkungen nicht beeinträchtigen.

Dazu werden zahlreiche Fabaceen, z. B. Perennierende Lupine (*Lupinus polyphyllus*), verschiedene Kleearten (*Trifolium pratense*, *T. repens* u. a.), die Rainfarnblättrige Phacelie (*Phacelia tanacetifolia*) und seit alters der Waldstauden-Roggen, häufig auch in Mischung, genutzt.

Bei Auswahl der im konkreten Fall zu verwendenen Schutzpflanzen ist zuerst ihre geotopische Eignung zu klären. Nötigenfalls müssen die Reaktion und der Stickstoffgehalt des Bodens durch Düngung verbessert werden. Bedeutungsvoll sind die Wurzeltiefe, Sproßhöhe und Bestandesdichte der Schutzpflanzen, weil davon ihre bodenaufschließende sowie kommensale und mutuale Wirkung abhängig ist. Hinzu kommt ihre Biomasseproduktion und die sich daraus ergebende Humusbildung. Sehr hohe und dichte Schutzpflanzenbestände können aber auch infolge Licht-, Nährstoff- und Wasserentzug zu Konkurrenten der Forstpflanzen werden, so der bis zu 2 m hohe Steinklee (*Melilotus alba*). Wird nur eine kurzfristige Schutzwirkung angestrebt, können einjährige Pflanzen (*Therophyten*) vorteilhaft sein, andernfalls wird man stärker auf bienne oder polyenne Pflanzen (*Hemikryptophyten* und *Chamaephyten*) zurückgreifen. Häufig werden, wie in der Landwirtschaft, Gemische benutzt.

Aufgrund langjähriger praktischer Erfahrungen kann für mittlere bis reiche Geotope der mittleren Feuchtestufe besonders die Perennierende Lupine empfohlen werden.

#### Pflege und Schutz von Forstkulturen:

Jegliche Begrünung von Kippenböden ist zunächst positiv zu beurteilen. Sie trägt zur Bedeckung und Beschattung der Bodenoberfläche sowie Befestigung, Erschließung und Entwicklung des Bodens bei. Auf diese Weise wird die Insolation, Reflektion und Windeinwirkung vermindert und eine Schutzwirkung gegenüber starker Erhitzung und Abkühlung, Evaporation sowie Erosion und Deflation hervorgebracht. Die Wurzeln der Pflanzen tragen einerseits zur Lockerung des Bodens sowie Verwitterung von Mineralien und Freisetzung von Mineralstoffen bei, andererseits befestigen die Wurzeln den Boden und bewahren ihn vor Abtragung. Auf Rohböden ist die Produktion von Biomasse, die dann als Nekromasse die Ausgangssubstanz für die Humusbildung und -akkumulation darstellt, besonders bedeutungsvoll. Diesen ökologisch günstigen Wirkungen können forstwirtschaftlich ungünstige Effekte als Folge der Konkurrenz zwischen Wildkräutern und -gräsern sowie Forstpflanzen entgegenstehen. Sie sind qualitativ und quantitativ nach Kippen-Geotopen und Phytozönosen zu differenzieren.

Aus dieser Ambivalenz zwischen der Schutz- und Konkurrenzwirkung der spontan ankommenden Wildpflanzen gegenüber Forstpflanzen folgt, daß die gebräuchlichen Kulturpflegeverfahren (Aus-schneiden, Behäckeln etc.) kritisch geprüft werden müssen. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, daß auf viele „Pflegemaßnahmen“ verzichtet werden kann.

Die früher meist undifferenziert als Unkraut bezeichneten Pflanzenarten sind forstökologisch unterschiedlich zu bewerten. Dabei reicht das Wertungsspektrum von ausgeprägten Nützlingen (meist kurzlebige Krautarten, welche die Biotopbildung fördern) bis zu lebensbedrohenden Konkurrenten der Aufforstungspflanzen (überwiegend langlebige Langgräser, Rubus-Arten und nitrophytische Ruderalpflanzen). Neben dem Konkurrenzdruck des Begleitwuchses ist auch die Empfindlichkeit der verschiedenen Baumarten in den ersten Jahren nach der Pflanzung zu berücksichtigen. Hinzu kommt die Größe dieser Pflanzen im Vergleich zur Begleitwuchshöhe und ihre Stellung im Verhältnis zum Normalniveau der Bodenoberfläche.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte kann hinsichtlich der Empfindlichkeit bzw. Schutzbedürftigkeit der einheimischen Baumarten gegenüber Begleitwuchskonkurrenz festgestellt werden (THOMASIVS 1976):

- Permanent polyphote Baumarten (z. B. Kiefer) sind empfindlicher als juvenil-schattentolerante (z. B. Esche, Ahorn, Eiche),
- größere Pflanzen (Heister) setzen sich besser als kleine Pflanzen (Lohden) gegenüber Begleitwuchskonkurrenz durch,
- höherstehende Pflanzen (Damm- und Hügel-pflanzung) unterliegen der Begleitwuchskonkurrenz weniger als tiefstehende (Lochpflanzung),
- regenerationsstarke Baumarten (Eichen) vermögen Begleitwuchskonkurrenz besser als regenerationschwache (Kiefer) zu ertragen und zu überwinden.

#### Wildschadenverhütung und Jagd:

Das Mißlingen zahlreicher Kippenaufforstungen ist dem Verbiß durch Wild zuzuschreiben, da sich im Mitteldeutschen Braunkohlerevier meist schon kurz nach der Aufforstung Schwarzwild, Rehwild,

Kaninchen und Hasen einstellen.

Bei der Beurteilung dieses Faktors sind die Wilddichte und das Äsungsangebot bedeutungsvoll. Da es schwierig und mit vielen methodischen Problemen verbunden ist, die Wilddichte zahlenmäßig mit der erforderlichen Genauigkeit zu ermitteln, sollte man sich indikativer Methoden bedienen. Dazu eignen sich z. B. Beliebtheitsgruppen von Äsungspflanzen, wie sie von KLÖTZLI (1965) aufgestellt worden sind. Nach der Regel, daß der Verbißdruck durch Schalenwild um so stärker ist, je weiter der Wildverbiß von den Pflanzen mit hohem Beliebtheitsgrad zu solchen mit geringem herunterreicht, läßt sich die Belastungssituation beurteilen. Solche Untersuchungen werden auch für Kippen empfohlen.

Vom forstwirtschaftlichen Standpunkt wird die Tragfähigkeit des Wildverbisses überschritten, wenn sich die zur Realisierung des Bewirtschaftungsziels erforderlichen Baumarten, trotz hinreichenden Diasporenangebotes und Irrelevanz anderer Behinderungen (z. B. Langgrasdecken), nicht ohne Schutz vor Wild in der erforderlichen Anzahl verjüngen können.

Am besten hat sich ein flächenweiser Schutz durch Zäunung bewährt. Die eingezäunten Flächen sollen aus bekannten Gründen eine Mindestgröße von 1 ha nicht unter- und eine Maximalgröße von 5 ha nicht überschreiten.

Parallel zu diesen Schutzmaßnahmen muß auf den aufgeforsteten Kippen eine ordnungsgemäße Bejagung erfolgen. Es ist zu sichern, daß

- die vertretbaren Wildbestände nicht überschritten,
- Grünäsungsflächen und Wildäcker ausreichender Größe und Produktivität angelegt werden.

#### 4.2.2.3 Kippenrenaturierung

Nachdem in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiet der Waldökologie erhebliche Fortschritte erzielt worden sind, ist die bisherige Bewaldungsstrategie grundsätzlich zu überdenken.

#### Sukzessionsverläufe und -typen

Bei Kenntnis des Geotops und Berücksichtigung einiger biologischer Komponenten (Diasporenangebot, Initialstadium, Phytophage) ist es möglich, den Sukzessionsverlauf und Attraktor der Sukzession in grober Näherung vorauszusagen.

So fällt es z. B. nicht schwer, die nichtbewaldungsfähigen Extrem-Geotope mit G-G-G-Sukzession<sup>1)</sup> von den bewaldungsfähigen mit G-P-P- und G-P-I-Sukzession zu unterscheiden.

Meist ist schon im Initialstadium erkennbar, ob sich neben und mit den für den betreffenden Geotop charakteristischen Kräutern zugleich Gehölze ansiedeln und behaupten können (z. B. Birkenanflug zwischen Kräutern und Gräsern) oder ob sich Langgräser ausbreiten werden (z. B. Calamagrostis-Arten), die die Sukzession zum Wald über Jahrzehnte behindern.

Im weiteren Verlauf der Sukzession läßt sich feststellen,

- welche Baumarten sich einfinden,
- wie sie sich entwickeln,
- ob sich die Pionierbaumarten
  - in der Seneszenzphase des Pionierwaldes weiterhin als dominierende Arten zu behaupten vermögen (G-P-P-Sukzession) oder
  - ob sie von Sukzessorbaumarten (Intermediär- und Klimaxbaumarten) abgelöst werden (G-P-S-Sukzession).

In Verbindung damit interessieren:

- das Vorkommen bestimmter Arten und Artengruppen,
- das Vorkommen und die Dominanz bestimmter Wuchsformen (Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumarten), differenziert nach Pionieren und Sukzessoren,
- das Vorkommen und die Dominanz bestimmter Entwicklungsstadien der nach Pionieren und Sukzessoren zu differenzierenden Baumarten (juvenile, auxile, mature und senile Phase),
- der zeitliche und räumliche Wechsel ökologischer Artengruppen, Wuchsformen und ontogenetischer Stadien,

<sup>1)</sup> Die Buchstaben bezeichnen die die einzelnen Stadien der Sukzession charakterisierenden Wuchsformen, und zwar K: Kräuter, G: Gräser, P: Pionierbaumarten, J: Intermediärbaumarten, K: Klimaxbaumarten. Somit bedeuten G-G-G eine Sukzessionsfolge, in der alle Stadien von Gräsern bestimmt werden (z. B. Trockenrasen), G-P-P Sukzessionsfolge, die vom Gras- über ein Pionierbaumstadium zu der ebenfalls von Pionierbaumarten bestimmten „Klimax“ führt und G-P-K eine vom Grasstadium über ein Pionierbaum- zum klimaxbaumbeherrschten Terminalstadium führende Sequenz.

- die Arten-, Alters- und Raumstruktur in ihrem zeitlichen und räumlichen Wechsel.

Bei G-P-I- und G-P-K-Sukzessionen ist dieser Weg länger, weil die angestrebte Terminalstruktur mit den sich daraus ergebenden produktiven, protektiven und rekreativen Wirkungen erst nach Passage eines Pionierwaldstadiums erreicht wird.

#### **Initiierung und Stimulierung der Waldsukzession**

Bei Berücksichtigung der prognostizierten Sukzessionsverläufe ist es bis zu einem bestimmten Grad möglich, die Wirkung der ihnen zugrundeliegenden Naturkräfte für die Kippenbewaldung zu nutzen.

Das kann durch folgende Maßnahmen geschehen:

- Oberflächengestaltung zur Erhöhung der „Fängigkeit“ für Gehölzsaamen,
- Verbesserung der Germinations- und Anwuchsbedingungen für Gehölz-Pflanzen durch Bodenlockerung und Aufreißen geschlossener Grasdecken,
- Düngung oder Melioration zwecks Begünstigung trophisch anspruchsvollerer sowie waldbaulich vorteilhafter Pionier- (Aspe, Eberesche) und Intermediärbaumarten (Eiche, Ahorn, Esche),
- Vermeidung der Grasausbreitung durch Einsaat bodendeckender, bodenverbessernder und klimausgleichender Hilfspflanzen,
- Erhöhung des Diasporen-Angebotes durch Erhaltung fruktifizierender Altbäume, Bereitstellung von Samen bzw. Früchten interessierender Baumarten sowie Begünstigung ihrer Samenausbreitung und Keimung (z. B. Schneesaat bei Birke),
- Regulierung der die Gehölzausbreitung und -entwicklung beeinflussenden Phytophagen.

Darüber hinaus sind Ergänzungspflanzungen durchzuführen, wenn unvertretbar große Lücken auftreten und erwünschte Mischbaumarten eingebracht werden sollen. Diese Maßnahme leitet zu den semisukzessiven Verfahren über.

#### **4.2.2.4 Waldbauliche Behandlung von Kippenforsten und -wäldern**

Wie die meisten Wälder und Forsten bedürfen auch die auf Kippen stockenden Baumbestände der Erziehung und Pflege. Dabei sollte besonders im Mitteldeutschen Revier eine sich aus der Aufgabenvielfalt ergebende funktionelle Differenzierung beachtet werden. Diese funktionsspezifische

Gestaltung von Kippenforsten erfolgt, wie auch sonst, durch Mischungs-, Dichte-, Standraum- und Phänotypenregulierung, wobei die Auswahlkriterien variiert werden (Tab. 20).

Durch Mischungsregulierung wird vor allem auf die Baumartenzusammensetzung der heranwachsenden Kippenforsten und Wälder Einfluß genommen. Allgemein werden Mischbestände angestrebt, wobei nach Geotop und Zielfunktion zu differenzieren ist. Die Voraussetzungen für geotop- und funktionsgemäße Mischungen müssen im Prinzip schon bei der Bestandesbegründung geschaffen werden.

Mit Hilfe von Dichte- und Standraumregulierungen wird vor allem die räumliche und zeitliche Strukturierung der Kippenbestockungen beeinflusst (z. B. Verteilung kurzlebiger Pionierbaumarten und langlebiger Intermediärbaumarten).

Mehr als bisher sollen Verfahren angewandt werden, die die Strukturierung der Kippenbestände fördern (Strukturdurchforstung, Gruppendurchforstung).

Durch Phänotypenauslese wird Einfluß auf die Bestandeszusammensetzung hinsichtlich Morphologie und Genetik des Baumkollektivs genommen. Die dabei maßgeblichen Kriterien können sich, je nach Dominanzfunktion, erheblich unterscheiden.

Generelles Anliegen der weiteren Behandlung von Kippenbestockungen ist es, die Pionierbaumarten dort, wo hinreichend geotopgemäße Sukzessorbaumarten vorhanden sind, zugunsten letzterer zu reduzieren. Auf diese Weise können die sich im Waldökosystem vollziehenden Naturprozesse beschleunigt werden. Diese Vorgehensweise deckt sich mit der generellen Forderung, in möglichst kurzer Zeit stabile, multifunktional effektive und große Kohlenstoffmengen akkumulierende Wälder aufzubauen.

Von strategischer Bedeutung ist schließlich, ob die vorhandenen Kippenforsten und Wälder auch in Zukunft nach Prinzipien des Schlagweisen Hochwaldsystems bewirtschaftet werden sollen, oder ob ein Wechsel zu schlagfreien Systemen angestrebt wird.

Anliegen	Dominierende Waldfunktion			
	Wirtschaftswald	Erholungswald	Artenschutzwald	Prozessschutzwald
Mischungsregulierung	Steuerung der Baumartenstruktur im Sinne des Bestandeszieltyps durch Reduzierung überrepräsentierter Baumarten	Förderung ästhetisch oder aus anderen Gründen (z. B. Früchte) besonders attraktiver Baumarten	Förderung geschützter Pflanzenarten durch (rigorose) Entnahme der Bedränger	sämtliche Regulierungsmaßnahmen entfallen
Dichteregulierung	Steuerung nach Regeln des ertragsorientierten Waldbaus; das bedeutet gesamtwirtschaftlich optimale Dichte (Stabilitätsrelevanz)	häufig drastische Schlußdurchbrechungen im Interesse der Mannigfaltigkeit, des Ausblickes und einer größeren Erholungswirksamkeit	häufig drastische Schlußdurchbrechungen im Interesse zu schützender (oft polyphoter) Arten	
Standraumregulierung	Steuerung nach Regeln des ökologisch orientierten Waldbaus, das muß keine gleichmäßige Baumverteilung sein (z. B. Gruppendurchforstung)	von ästhetischen Gesichtspunkten bestimmte, meist unregelmäßige Distributionsmuster	meist unregelmäßige Distributionsmuster (Cluster-Verteilungen)	
Phänotypenauslese	Steuerung nach Regeln des qualitätsorientierten Waldbaus (Favorisierung positiver Ausleseverfahren)	Erhaltung und Förderung ästhetisch besonders wirkungsvoller Bäume (häufig breitkronig, auch krumm und abnorm)	keine besonderen Anforderungen	

### 4.3 Veränderung von Kippenforsten der Lausitz infolge Grundwasseranstieg

#### 4.3.1 Reaktion von Kippenforsten auf Grundwasseranstieg

Waldökologisch und waldbaulich können relevante Bodenfeuchtigkeitsunterschiede auftreten zwischen

- Unterflurkippen und Flurkippen sowie sonn- und schattseitigen Böschungen von Überflurkippen und Halden,
- durchlässigen und wasserstauenden Kippsubstraten sowie
- konvexen und konkaven Teilbereichen sonst ebener Flurkippen.

Weitaus bedeutungsvoller sind Feuchtigkeitsveränderungen in Kippenböden nach Einstellung des Abbaubetriebes, Flutung der Restlöcher und Grundwasseranstieg.

Die waldökologischen und waldbaulichen Auswirkungen dessen wurden 1997 im Bereich der Alttagebaue Meuro sowie der jüngeren Tagebaue Schlabendorf-Nord und Seese-West (Land Brandenburg) im Auftrag der LMBV untersucht (THOMASIVUS et al. 1998). Dabei wurden, gestützt auf methodische und praktische Aspekte, die in Tab. 6 aufgeführten Grundwasser-Tiefenstufen unterschieden.

Durch den Anstieg des Grundwassers werden der Bodenluft- und Wasserhaushalt, das Bodenklima und die Bodengenese erheblich beeinflusst. In Verbindung damit kommt es zu allogenen Suk-

Tab. 20: Hinweise für die funktionsdifferenzierte Bestandesbehandlung

Tab. 21 (Seite 56–57): Wahrscheinliche Attraktoren der sich bei Grundwasseranstieg in Kippen des Niederlausitzer Braunkohlerevierts durch allogene Sukzession ergebenden Waldentwicklung (THOMASTUS et al. 1998) als Richtgröße der Sukzession, zur Orientierung bei Mischungsregulierungen in Jungbeständen und als Weiser für die Baumartenwahl

Trophische Variante	Ausgangssituation	Grundwassertiefe unter Flur [m] bei Erreichen des Endzustandes					
		5,0–2,0 grundwasserfern	2,0–1,0 grundwasserbeeinflusst	1,0–0,5 grundwassernahe	0,0–0,2 grundwasserbestimmt	0,2–0,0 grundwasserbeherrscht	–0,0 offene Wasserfläche
Arm - Gering	Birken-Kiefernwald ↑						
			Kiefer-Trauben-eichenwald ↑				
				Kiefer-Stieleichen-wald ↑			
					Birken-Stieleichen-wald ↑		
						Moorbirken-Bruch-wald ↑	
					Wollgras-Sumpfmoo-s-Gesellschaften ↑	Aquatische Pflan-zengesellschaften	
Mittel	Kiefern-Trauben-eichenwald ↑						
			Winterlinden-(HBU) Traubeneichenwald ↑				
				Hainbuchen-Stiel-eichenwald ↑			
					Eschen-Stieleichen-wald ↑		
						Birken-Erlenbruch-wald ↑	
					Kleinsseggen-Gesellschaften ↑	Aquatische Pflan-zengesellschaften	

zessionen und Wandlung der Attraktoren (Tab. 21). Diese Vorgänge werden von der Bodenvegetation angezeigt, sobald das Grundwasser in die Rhizosphäre eindringt. Meist handelt es sich dabei um Verschiebungen der Artengarnitur zu Gunsten hydrophytischer Pflanzenarten und zu einer Erhöhung der Artendiversität.

Die in Kippenböden unter ursprünglich grundwasserfreien Bedingungen ausgebildeten Wurzelsysteme der Bäume werden durch das in die Rhizosphäre eindringende Grundwasser modifiziert. Dabei kann man generell feststellen:

- Die Relationen zwischen der Wurzelmenge des Haupt- und Tiefenwurzelraumes verschieben sich zugunsten ersterer,
- über dem geschlossenen Grundwasser bilden sich besenförmige Wurzelverzweigungen,
- im Bereich des geschlossenen Grundwassers sterben die Feinwurzeln kurzfristig ab, während die stärkeren Wurzeln noch mehrere Jahre lebensfähig bleiben können.

Über morphologische Differenzierungen und Wurzelreaktionen verschiedener Baumarten bei Grundwasseranstieg informieren die Tab. 12 und 22.

Es wurde festgestellt, daß eine baumartenspezifisch optimale Grundwassertiefe existiert. Sie ergibt sich aus der Gegenläufigkeit von Wasserversorgung und verfügbarem Wurzelraum. Je nachdem, ob die mit dem Grundwasseranstieg verbundene Verbesserung der Feuchtigkeitsversorgung oder Beeinträchtigung des Wurzelraumes stärker ins Gewicht fällt, kommt es zu Wachstumsförderungen oder -depressionen. Die etwa 30 Jahre nach dem Grundwasseranstieg in Kiefernbeständen durchgeführten Zuwachsuntersuchungen ergeben tiefenstufenabhängige Durchmesserzuwachsreaktionen mit Optima bei einem Grundwasserflurabstand von 1,5–2,0 m.

Bei Untersuchung des Höhenwachstums von

Fortsetzung zu Tab. 21 (S. 56–57):

Wahrscheinliche Attraktoren der sich bei Grundwasseranstieg in Kippen des Niederlausitzer Braunkohlereviere durch allogene Sukzession ergebenden Waldentwicklung (THOMASIUŠ et al. 1998) als Richtgröße der Sukzession, zur Orientierung bei Mischungsregulierungen in Jungbeständen und als Weiser für die Baumartenwahl

Trophische Variante	Ausgangssituation	Grundwassertiefe unter Flur [m] bei Erreichen des Endzustandes					
		5,0–2,0 grundwasserfern	2,0–1,0 grundwasserbeeinflusst	1,0–0,5 grundwasserernahe	0,0–0,2 grundwasserbestimmt	0,2–0,0 grundwasserbeherrscht	–0,0 offene Wasseroberfläche
Kräftig - Reich	Hainbuchen-Eichenwald						
	↑	Edellaubbaumreicher Eichenwald					
	↑	Eschen-Stieleichenwald					
	↑	Erlen-Eschenwald					
	↑	Erlenbruchwald					
	↑	Röhricht u. Großseggenried					
							Aquatische Pflanzengesellschaften

Reaktionsstufe	Reaktion allgemein	Pflanzenteile		Einfluß auf Lebensdauer
		epigäisch	hypogäisch	
letal	Akute Absterbeerscheinungen	Absterben aller Sproßteile	Absterben aller Wurzeln	Tod tritt kurzfristig (< 3 Jahre) ein
kritisch	erhebliche Vitalitätsbeeinträchtigungen, die nachhaltigen Kümmerwuchs und/oder mittel- bis langfristig Absterbeerscheinungen zur Folge haben	Verfärbung und/ oder Verlust der Assimilationsorgane, Zuwachsdepression, Zopftrocknis etc.	Tiefenwurzeln sind abgestorben, Hauptwurzelraum taucht in das Grundwasser ein und wird eingeengt	Absterben des ganzen Baumes erst in einigen (> 3) Jahren, u. U. Beschleunigung durch Sekundärschädlinge
schädigungsprädisponiert	normale bis hohe Vitalität	Assimilationsorgane gesund und leistungsfähig, Zuwachs normal bis überdurchschnittlich	die für die Standfestigkeit wesentlichen Tiefenwurzeln sterben ab, der Hauptwurzelraum ist noch nicht beeinträchtigt	wegen verminderter Standfestigkeit verstärkt Einzelbaum- und Bestandeswürfe durch Stürme
indifferent	visuell sind keine Vitalitäts- und Wachstumsveränderungen erkennbar	Assimilationsorgane gesund, Zuwachs normal bis überdurchschnittlich	die für die Standfestigkeit wesentlichen Tiefenwurzeln sind lebens- und funktionsfähig	normale Lebenserwartung
gefördert	Vitalitäts- und Wachstumsveränderungen sind erkenn- und nachweisbar	Assimilationsorgane gesund und vollzählig, Zuwachs überdurchschnittlich	die für die Standfestigkeit wesentlichen Tiefenwurzeln und die für die Stoffproduktion ausschlaggebenden Feinwurzeln sind zahlreich vorhanden und voll funktionsfähig, Anschluß und Anpassung der Tiefenwurzeln ans Grundwasser	normale Lebenserwartung

Tab. 22:  
Klassifikation der Reaktionsart und -intensität von Bäumen auf Grundwasseranstieg (THOMASIUS et al. 1998)

Balsampappeln ergab sich eine von der Grundwassertiefe abhängige Optimumkurve mit einem Maximum bei 2–3 m (vgl. Abb. 17).

Trotz des unterschiedlichen Verhaltens verschiedener Baumarten ist es möglich, eine allgemeine Klassifikation der betroffenen Bestände nach der Reaktionsart und -intensität bei differenziertem Grundwasseranstieg durchzuführen (Tab. 22). Darauf aufbauend wurden letale, kritische, schädigungsdisponierte, begünstigte und indifferente

Bereiche ausgeschieden (Abb. 18). Sie bilden die Grundlage waldbaulicher Planungen.

#### 4.3.2 Konsequenzen für die Waldbehandlung

Bei der waldbaulichen Behandlung von Kippenwäldern ist es notwendig, sich auf die finale Grundwassertiefe und den ihr adäquaten Attraktor zu orientieren. Im Hinblick auf die Adaptations-

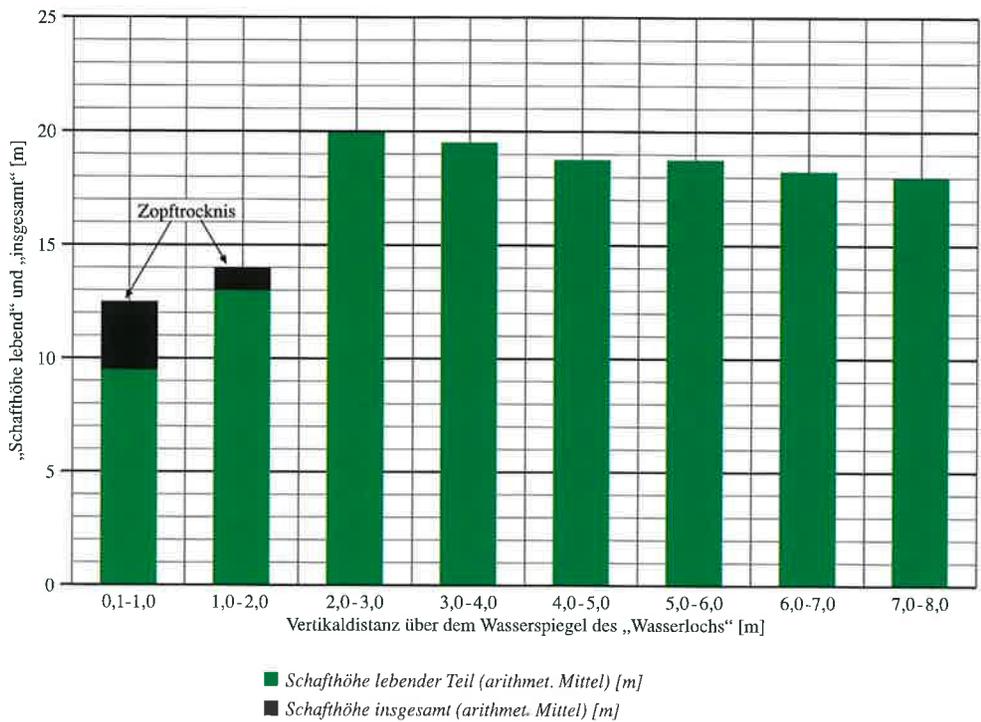


Abb. 17:  
Schafthöhe von Balsam-Pappeln in Abhängigkeit von der Vertikaldistanz über dem Wasserspiegel des „Wasserlochs“ in Abt. 317b1 auf der Kippe Schlabendorf-Nord

fähigkeit der vom Grundwasseranstieg betroffenen Waldbestände sind weiterhin der bis zum Erreichen des Endzustandes verstreichende Zeitraum und das Alter der betroffenen Baumarten zu berücksichtigen. Hinzu kommen Aspekte des Waldschutzes, vor allem Sturmgefährdung infolge Wurzelabsterben bei starker Einengung des Wurzelraumes sowie die Disposition zur Ausbreitung von Schädlingen in geschwächten Beständen. Es wurde versucht, diese Faktoren und weitere, sich aus vorliegenden Unter-

suchungsergebnissen ergebende Schlußfolgerungen in Tab. 23 zusammenzufassen.

Einzelheiten dazu enthält ein für die LMBV in Brieske angefertigtes Gutachten über Auswirkungen des Grundwasseranstiegs in bergbaulich genutzten Gebieten auf Wälder und Forsten (THOMASIIUS et al. 1998).

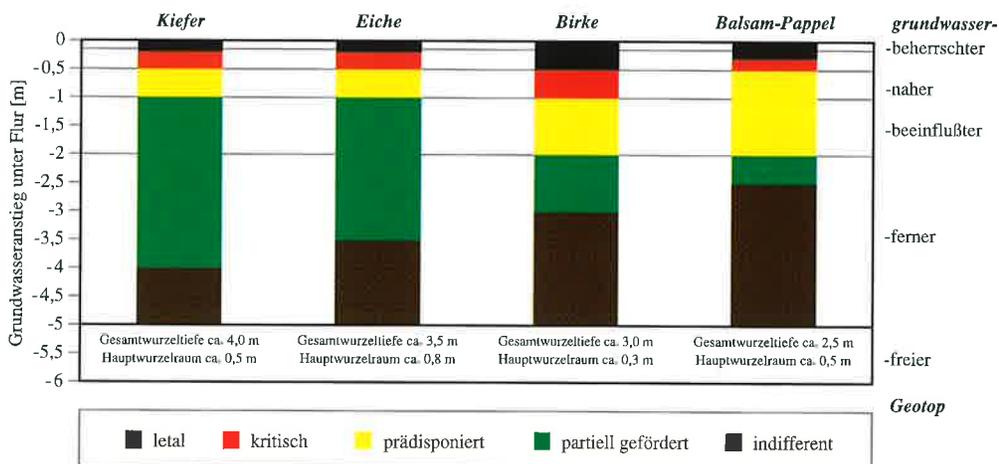


Abb. 18:  
Baumartenspezifische Reaktion der auf grundwasserfreien Kipp-Sanden erwachsenen Bäume während der Maturität auf Grundwasseranstieg (THOMASIIUS et al. 1998)

Voraussichtliche Auswirkungen eines nach Höhe und Geschwindigkeit differenzierten Grundwasseranstiegs auf Kippsanden mit forstwirtschaftlichen Konsequenzen (THOMASUS et. al. 1998)  
 Teil: künftig offene Wasserflächen

Grundwasser-Endstand in Bezug auf Geländeoberfläche [m]	Zeitraum bis zum Erreichen des Endstandes [a]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen			Forstwirtschaftliche Aspekte	
		Bodenluft und -wasser	Bodenklima	Bodengnese	Bodenpflanzendecke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände in der Maturität	Bestandeszieltyp	Waldbauliche Schlußfolgerungen und Maßnahmen	
< 0,0	< 5	kurzfristige Verdrängung der Luft aus allen Poren	bis zur Überflutung langsame Bodenwärmung im Frühjahr	abrupter Wandel nach Überflutung subhydrischer Böden	kurz-, mittel- bis langfristig Ablösung terrestrischer und semiterrestrischer Pflanzengesellschaften durch aquatische;	kurzfristiges Absterben aller vorhandenen Bäume und Baumbestände	entfällt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kurzfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände,</li> <li>• Wechsel der Nutzungsart</li> </ul>	
	5–10	kurz- bis mittelfristige Verdrängung der Luft aus allen Poren		kurz- bis mittelfristiger Wandel nach Überflutung subhydrischer Böden	häufige Pflanzenarten n. PIETZSCH (1998): <i>Juncus bulbosus</i> , <i>Potamogeton nat.</i> , <i>Nymphaea alba</i> , <i>Utricularia minor</i> , <i>U. ochroleuca</i> , <i>U. australis</i> u. <i>U. intermedia</i> , <i>Ptilularia globulif.</i> , <i>Spartanium min.</i> , <i>Eleocharis acicul.</i> , <i>Lemma minor</i>	mittelfristiges Absterben aller vorhandenen Bäume und Baumbestände	entfällt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mittelfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände,</li> <li>• Wechsel der Nutzungsart</li> </ul>	
	10–20	mittel- bis langfristige Verdrängung der Luft aus allen Poren		mittel- bis langfristiger Wandel nach Überflutung subhydrischer Böden		langfristiges Absterben aller vorhandenen Bäume und Baumbestände, wobei eine sich aus der unterschiedlichen Empfindlichkeit der Baumarten gegenüber Nässe ergebende zeitliche Abfolge zu erwarten ist	entfällt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• langfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände,</li> <li>• Wechsel der Nutzungsart</li> </ul>	

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Grundwasser-Endstand in Bezug auf Geländeoberfläche [m]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen		Forstwirtschaftliche Aspekte	
	Bodenluft und -wasser	Bodenklima	Bodengene- se	Bodenpflanzen- decke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände in der Maturität	Bestandes- zieltyp	Waldbauliche Schlußfolgerungen und Maßnahmen
0,0–0,2	kurzfristige Verdrängung der Luft bis in Oberflächennähe	mit zunehmendem Wasseranstieg langsame, aber Bodenwärmung im Frühjahr	kurzfristiger Richtungswandel zum Anmoorgley	kurz-, mittel- bis langfristig Verdrängung der Pflanzengesellschaften terrestrischer Geotope u. Anstiedlung von Nässeindikatoren, z. B. <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Frangula alnus</i>	Epigäischer Bereich (Schaft, Krone, Blätter)	Nichtwald-Ökosysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>dem Absterbeprozess angemessener kurzfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände, nachfolgend Sukzession</li> <li>Wechsel d. Nutzungsart</li> </ul>
5–10	mittelfristige Verdrängung der Luft bis in Oberflächennähe	Frühjahr	mittelfristiger Richtungswandel zum Anmoorgley	<i>Salix repens</i> , <i>Agrostis canina</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>Eriophorum angustif.</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Juncus acutiflorus</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Juncus conglom.</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Phalaris arundin.</i>	je nach Restwurzelraum kurz- bis mittelfristiger Vitalitätsverlust sowie Absterben aller Bäume und Baumbestände nach Erreichen des finalen Grundwasserstandes	Nichtwald-Ökosysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>dem Absterbeprozess angemessener kurz- bis mittelfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände, nachfolgend Sukzession</li> <li>Wechsel d. Nutzungsart</li> </ul>
10–20	langfristige Verdrängung der Luft bis in Oberflächennähe		langfristiger Richtungswandel zum Anmoorgley	<i>Phragmites austr.</i> , <i>Viola palustris</i> , <i>Polytrichum strictum</i> , <i>Sphagnum div. spec.</i>	je nach Restwurzelraum mittel- bis langfristiger Vitalitätsverlust sowie Absterben aller Bäume und Baumbestände nach Erreichen des finalen Grundwasserstandes	Nichtwald-Ökosysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>dem Absterbeprozess angemessener mittel- bis langfristiger Abtrieb der noch vorhandenen Bäume und Baumbestände, nachfolgend Sukzession</li> <li>Wechsel d. Nutzungsart</li> </ul>

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Fortsetzung zu Tab. 23 (Seite 60–65):  
 Voraussichtliche Auswirkungen eines nach Höhe und Geschwindigkeit differenzierten Grundwasseranstiegs auf Kippsanden mit forstwirtschaftlichen Konsequenzen  
 (THOMAS et al. 1998), Teil: künftig grundwasserbeherrschte Geotope

Grundwasser-Endstand in Bezug auf Geländeoberfläche [m]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen			Forstwirtschaftliche Aspekte	
	Bodenluft und -wasser	Bodenklima	Bodengeneese	Bodenpflanzendecke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände in der Maturität	Bestandeszieltyp	Waldbauliche Schlußfolgerungen und Maßnahmen	
0,2–0,5	kurzfristige Verdrängung der Luft bis in den Oberbodenbereich	mit zunehmendem Wasseranstieg langsamere Bodenerwärmung im Frühjahr	kurzfristiger Richtungs-wandel zum Humusgley	kurz-, mittel- bis langfristig Verdrängung der Pflanzengesellschaften terrestrischer Geotope u. Ansiedlung von Feuchte-, Wechsel-feuchte- und Nässe-indikatoren, z. B. <i>Fragula alnus</i> <i>Ledum palustre</i> <i>Salix aurita</i> <i>Calamagrostis canescens</i> <i>Cirsium palustre</i> <i>Deschampsia caesp.</i>	kurzfristiges Absterben großer Bereiche des Wurzelsystems, Regeneration ist zeitlich nicht möglich	je nach Trophie Birke-Rein Birke-Rotelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>je nach Situation u. funktionaler Zielstellung vollständiger o. partieller Abtrieb (Belassung v. Totholz?)</li> <li>je nach Dominanzfunktion               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sukzession bzw. Semisukzession</li> <li>– Aufforstung mit nässe-toleranten Baumarten</li> </ul> </li> </ul>	
5–10	mittelfristige Verdrängung der Luft bis in den Oberbodenbereich		mittelfristiger Richtungs-wandel zum Humusgley	mittelfristiges Absterben großer Bereiche des Wurzelsystems, individuell u. artenspezifisch differenziert ist Regeneration durch Wurzelneubildung möglich	mittelfristig ein-tretender und anhaltender Vitalitätsverlust, partielles Absterben empfindlicher Baumarten (Birke)	Rotelle-Rein	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuwachsverluste, erhöhte Mortalität und Sturmwurfisiko,</li> <li>intensive forstsanitäre Überwachung,</li> <li>Sukzessiver bzw. semisukzessiver Waldumbau</li> <li>vor Erreichen des finalen Grundwasserstandes Aufforstung mit nässe-toleranten Baumarten</li> </ul>	
10–20	langfristige Verdrängung der Luft bis in den Oberbodenbereich		langfristiger Richtungs-wandel zum Humusgley	langfristiges Absterben größerer Bereiche des Wurzelsystems, individuell u. artenspezifisch differenziert ist Regeneration durch Wurzelneubildung möglich	langfristig eintretender und mehrere Jahre anhaltender Vitalitätsverlust, partielles Absterben empfindlicher Baumarten (Birke)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuwachsverluste, erhöhte Mortalität und Sturmwurfisiko,</li> <li>intensive forstsanitäre Überwachung,</li> <li>sukzessiver bzw. semisukzessiver Waldumbau</li> <li>vor Erreichen des finalen Grundwasserstandes Aufforstung mit nässe-toleranten Baumarten</li> </ul>	

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Grundwasser-Endstand in Bezug auf Geländeoberfläche [m]	Zeitraum bis zum Erreichen des Endstandes [a]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen			Forstwirtschaftliche Aspekte	
		Bodenluft und -wasser	Bodenklima	Boden- genese	Bodenpflanzendecke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände in der Maturität	Bestandesziel- typ	Waldbauliche Schlußfolgerungen und Maßnahmen	
0,5–1,0	< 5	kurzfristige Verdrängung der Luft aus dem Unterbodenbereich und Anstieg des Kapillarsaumes in den Hauptwurzelraum	mit zunehmendem Wasseranstieg langsamere Bodenerwärmung im Frühjahr	kurzfristiger Richtungs- wandel zum Gley	kurz-, mittel- bis langfristig Verdrängung der Pflanzengesellschaften terrestrischer Geotope u. Ansiedlung von Feuchte- u. Wechsel- feuchteindikatoren, z. B. <i>Frangula alnus</i> , <i>Deschampsia caesp.</i> , <i>Holcus lanatus</i> , <i>Juncus con-</i> <i>glom.</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Phalaris arundin</i>	Hypogäischer Bereich (Schaft, Krone, Blätter)	je nach Trophie Birke Stieleiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuwachsverluste u. erhöhtes Sturmwurfisiko</li> <li>intensive forstsanitäre Überwachung</li> <li>sofortige Einleitung von Umbaumaßnahmen, z. B. Voranbau</li> </ul>	
	5–10	mittelfristige Verdrängung der Luft aus dem Unterbodenbereich und Anstieg des Kapillarsaumes in den Hauptwurzelraum	jahr	mittelfristiger Richtungs- wandel zum Gley	mittelfristiges Absterben unterer Bereiche des Wurzelsystems, individuell u. artspezifisch differenz. Regeneration durch Wurzelneubildung im grundwasserfreien Oberbodenbereich	mittelfristig ein-tretender, individuell u. artspezifisch differenzierter Vitalitätsverlust	Stieleiche- Birke- Kiefer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuwachsverluste u. erhöhtes Sturmwurfisiko</li> <li>intensive forstsanitäre Überwachung</li> <li>Erhaltung u. Förderung spontan ankommender Laubbaumarten</li> <li>Einleitung von Umbaumaßnahmen, z. B. Voranbau</li> </ul>	
	10–20	langfristige Verdrängung der Luft aus dem Unterbodenbereich und Anstieg des Kapillarsaumes in den Hauptwurzelraum		langfristiger Richtungs- wandel zum Gley	langfristiges Absterben größerer Bereiche des tieferen Wurzelsystems, individuell u. artspezifisch differenzierte Regeneration durch Wurzelneubildung im grundwasserfreien Oberbodenbereich	langfristig ein-tretender und mehrere Jahre anhaltender, individuell u. artspezifisch differenzierter Vitalitätsverlust	Stieleiche- Edel- laub- baum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuwachsverluste u. erhöhtes Sturmwurfisiko</li> <li>intensive forstsanitäre Überwachung</li> <li>Erhaltung u. Förderung spontan ankommender Laubbaumarten</li> <li>mittelfristig Einleitung von Umbaumaßnahmen, z. B. Voranbau</li> </ul>	

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Fortsetzung zu Tab. 23 (Seite 60–65):  
 Voraussichtliche Auswirkungen eines nach Höhe und Geschwindigkeit differenzierten Grundwasseranstiegs auf Kippsanden mit forstwirtschaftlichen Konsequenzen  
 (THOMASUS et. al. 1998), Teil: künftig grundwasser-nahe Geotope

Grundwasser-Endstand in Bezug auf Geländeoberfläche [m]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen		Forstwirtschaftliche Aspekte	
	Bodenluft und -wasser	Bodenklima	Boden-gene-se	Bodenpflanzendecke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände in der Maturität	Bestandesziel-typ	Waldbauliche Schlußfolgerungen und Maßnahmen
1,0–2,0	kurzfristige Verdrängung der Luft aus den tieferen Bodenbereichen und Anstieg des Kapillarsaumes in den Tiefenwurzelbereich	mit zunehmendem Wasseranstieg langsame Bodenerwärmung im Frühjahr	kurzfristiger Richtungs-wandel zum Regosol-gley	kurz-, mittel- bis langfristig Verdrängung der Pflanzengesellschaften terrestrischer Geotope u. Ansiedlung von Frische- bis Feuchte-indikatoren, z. B. <i>Frangula alnus</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Deschampsia caesp.</i> , <i>Holcus lanatus</i> , <i>Holcus mollis</i> , <i>Luzula luzuloides</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Rubus caesius</i>	Epigäischer Bereich (Schaft, Krone, Blätter) dank Wurzelre-generation und -adaptation etwa gleichbleibende Vitalität	je nach Trophie Stieleiche Stieleiche- Birke- Kiefer Stieleiche- Edel- laub- baum	<ul style="list-style-type: none"> <li>aus produktionsbiologischer Sicht ist Geotopveränderung häufig positiv</li> <li>Erhöhtes Sturmwurfisiko wegen Tiefenwurzelverlust</li> <li>Baumartendiversität und Möglichkeiten der Baumarten-mischung vergrößern sich</li> <li>Erhaltung und Förderung spontan ankommender Laubbaumarten</li> <li>Auspflanzung von Bestandes-lücken mit Laubbaumarten (bes. Stiel-Eiche)</li> <li>gegebenenfalls Waldbau durch Voranbau</li> </ul>
5–10	mittelfristige Verdrängung der Luft aus den tieferen Bodenbereichen und Anstieg des Kapillarsaumes in den Tiefenwurzelbereich		mittel- fristiger Richtungs-wandel zum Regosol-gley				
10–20	langfristige Verdrängung der Luft aus den tieferen Bodenbereichen und Anstieg des Kapillarsaumes in den Tiefenwurzelbereich		lang- fristiger Richtungs-wandel zum Regosol-gley				

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Grundwas- ser-End- stand in Bezug auf Gelände- oberfläche [m]	Geotopische Wirkungen			Phytozönotische Wirkungen			Forstwirtschaftliche Aspekte		
	Zeitraum bis zum Errei- chen des End- standes [a]	Bodenluft und -wasser	Boden- klima	Boden- genese	Bodenpflanzen- decke <sup>1)</sup>	Bäume / Baumbestände i. d. Maturität Hypogäischer Bereich (Baum- wurzeln)	Epigäischer Bereich (Schaft, Krone, Blätter)	Bestandes- zieltyp	Waldbauliche Schlußfolge- rungen und Maßnahmen
2,0–5,0	< 5	kurzfristiger Anstieg des Kapillarsaumes in eine für Tiefwurzler erreichbare Tiefe,	keine rele- vanten Verän- derungen	Regosol mit Vergleyung im Unter- grund bzw. Unter- boden	keine erheb- lichen Veränd. d. Bodenvegetation zu erwarten, vermutl. größere Deckungsgrade u. Arten- diversität, <i>Agrostis capil- laris</i> , <i>Agrostis stolonif., Avenella flexuosa, Calamagrostis epig., Calluna vulgaris, Convallaria maj., Danthonia decumbens, Festuca ovina, Hiera- cium div. spec., Hypericum perfor., Luzula pilosa, Rubus caesia, Rubus idaeus, Vaccinium myrtill,</i>	Förderung des vertikalen Wurzel- wachstums (Hyd- rotropie) und damit der Boden- durchwurzelung	allmähliche Förderung von Vitalität und Wachstum	Traubeneiche  Traubeneiche- Kiefer  Traubeneiche- Winterlinde- Hainbuche	<ul style="list-style-type: none"> <li>aus produktionsbiologi- scher Sicht kann Geotop- veränderung positiv sein</li> <li>Baumartendiversität und Möglichkeiten der Baum- artenmischung können sich vergrößern</li> <li>Erhaltung und Förderung spontan ankommender Laubbaumarten</li> </ul>
	5–10	mittelfristiger Anstieg des Kapillarsaumes in eine für Tiefwurzler erreichbare Tiefe							
	10–20	langfristiger Anstieg des Kapillarsaumes in eine für Tiefwurzler erreichbare Tiefe							
	< 5	Kapillarsaum wird von Baumwurzeln, wenn überhaupt, erst nach Jahrzehnten erreicht	keine rele- vanten Verän- derungen	keine rele- vanten Verän- derungen	keine allogen bedingten Veränderungen zu erwarten	bei Tiefwurzlern ist Förderung des vertikalen Wurzel- wachstums mög- lich	Förderung der Vitalität sowie des Wachstums ist nach Jahren möglich	Kiefer Traubeneiche- Kiefer Traubeneiche- Winterlinde- Hainbuche	Geotopveränderung ist für das Baumwachstum und die Bestandesbehandlung uner- heblich
	5–10								
	10–20								

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Arten sind das Resultat von Beobachtungen, die über relativ wenige Referenzflächen hinaus auf vergleichbaren Hydrotopen erfolgten. Eine Vertiefung und Fundierung ist noch erforderlich.

Fortsetzung zu Tab. 23 (Seite 60–65):  
Voraussichtliche Auswirkungen eines nach Höhe und Geschwindigkeit differenzierten Grundwasseranstiegs auf Kippsanden mit forstwirtschaftlichen Konsequenzen  
(THOMASUS et al. 1998), Teil: künftig grundwasserferne und grundwasserfreie Geotope

# 5 Umbau von Kippenforsten

## 5.1 Grundanliegen

In den zurückliegenden Jahrzehnten wurden vielerorts bei Kippenrekultivierungen großflächige Reinbestände, vor allem von Pappeln, aber auch einigen anderen Baumarten (Gemeine Kiefer, Schwarzkiefer, Lärche, Birke) angelegt, die den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen. Es ist darum notwendig, ihren Umbau zu planen bzw. in Angriff zu nehmen. Die Entscheidung für einen Waldumbau beruht auf ökologischen und funktionalen Vergleichen zwischen Soll und Ist und führt zur Feststellung von Art und Ausmaß der bestehenden ökologischen sowie funktionalen Diskrepanzen (THOMASIVS 1995, 1996a). In ökologischer Hinsicht geht es um folgende Fragen:

- Besteht eine relevante Divergenz zwischen dem vorhandenen Bestand sowie dem Attraktor und welche ökologischen sowie waldbaulichen Konsequenzen folgen daraus? So ergibt z. B. der Vergleich zwischen Reinbeständen hochgezüchteter Pappelsorten und Linden-Hainbuchen-Eichenwäldern als Attraktoren für KIII-Geotope, daß eine erhebliche Hemerobie existiert, die sich auf die Biotopbildung, die weitere Waldentwicklung und die vom Waldökosystem ausgehenden Wirkungen nachteilig auswirkt.
- Welchen Verlauf nehmen die in vorhandenen Beständen ablaufenden ökologischen Prozesse und welches Entwicklungsstadium wurde bereits erreicht? So ist z. B. in reinen Pappelbeständen, die mit 25–40 Jahren bereits in die Seneszenz eintreten (SELENT 1993) und auf mittleren sowie besseren Geotopen, die eine dichte Calamagrostisdecke aufweisen, eine waldökologische Stagnation zu verzeichnen, während sich auf gleichen Geotopen in Eichenbestockungen mit einer günstigeren Bodenpflanzendecke zahlreiche Baum- und Straucharten ansiedeln, die zu größerer Diversität und Stabilität des Waldökosystems führen und die Waldentwicklung zum Attraktor anzeigen. Die ökologische Dringlichkeit eines Waldumbaus korrespondiert weitgehend mit dem Hemerobiegrad.

In funktionaler Hinsicht ist zu klären, ob und mit welcher Qualität die vorhandene Bestockung geeignet ist, die erwarteten gesellschaftlichen Wirkungen, wie Stoffproduktion, Schutz oder Erholung, zu

erfüllen. So sind z. B. Pappel- oder auch Schwarzkiefern-Reinbestände kaum geeignet, die in vielen Bereichen des mitteldeutschen Raumes dominierenden Schutz- und Erholungsfunktionen zu erfüllen, während das bei Laubmischbeständen meist der Fall ist.

Nach diesen jeweils für sich erfolgenden ökologischen und funktionalen Vergleichen muß über die Notwendigkeit und Dringlichkeit des Waldumbaus aus Gesamtsicht befunden werden. Dies wird durch Bildung von Dringlichkeitsstufen erleichtert (THOMASIVS et al. 1997).

## 5.2 Umbauverfahren

Der Umbau von Kippenforsten kann durch gezielte Verjüngungs- oder spezielle Erziehungs- und Pflegemaßnahmen vollzogen werden. Auch Veränderungen der Waldbaustrategie, besonders bei Abkehr vom System des Schlagweisen Hochwaldes und Hinwendung zum System des Dauerwaldes (THOMASIVS 1995, 1996d), werden Umbaumaßnahmen erforderlich.

Bei Waldumwandlungen durch Verjüngung muß zwischen natürlich und künstlich orientierten Verfahren unterschieden werden. Bei ersteren handelt es sich um semisukzessive Methoden, bei letzteren um Vor- und Unterbaumaßnahmen.

### 5.2.1 Semisukzessive Verfahren

In einigen Abschnitten wurde bereits zwischen omni- und semisukzessiven Waldverjüngungsmethoden unterschieden. Bei den hier behandelten Umbauverfahren spielen letztere eine größere Rolle. Diese lassen sich wie folgt gliedern (THOMASIVS 1996c):

**1. Verfahren mit zeitlichem Nacheinander sukzessiver Prozesse und anthropogener Maßnahmen oder umgekehrt**

#### 1.1. Postsukzessive Pflanzungen

Sukzessiv entstandenen Waldbestände (Pionierwald) werden durch Saaten oder Pflanzungen abgelöst oder ergänzt. Dazu zählt der Anbau freiflächen-

empfindlicher Klimaxbaumarten (z. B. Buche, Edellaubbaumarten) unter Vorwaldschirm.

### 1.2 Postkulturelle Sukzession

Künstlich entstandene Forsten werden durch Bestandessukzession, d. h. Erhaltung und Förderung spontan ankommender und attraktorgemäßer Baumarten verändert. Ein Beispiel dafür ist die vielerorts zu beobachtende Einwanderung von Eiche und Ahorn in Kippenforsten. Bei etwa 3 000 Exemplaren pro Hektar kann mit einer befriedigenden Qualität des auf diese Weise umgebauten Folgebestandes gerechnet werden.

### 2. Verfahren mit räumlichem Nebeneinander sukzessiver und anthropogener Waldbildung

Im Interesse einer stärkeren Strukturierung wird die Sukzession durch Einsaat oder Pflanzung der gewünschten Baumarten ergänzt. Dabei handelt es sich überwiegend um die Ausspflanzung von Lücken mit Intermediärbaumarten. Diese Lücken können später erweitert werden, so daß sich im Laufe der Jahre eine günstige räumliche und zeitliche Strukturierung ergibt.

## 5.2.2 Vor- und Unterbau

Bei diesen Verfahren kann es sich um rein artifizielle aber auch semisukzessive Methoden handeln. Im ersten Fall wird die Vor- oder Unterbau-Baumart durch Saat oder Pflanzung in einen durch Aufforstung entstandenen Forst, im zweiten in einen Pionierwald eingebracht. Das ist erforderlich, wo das Ziel des Bestandesumbaus wegen Vergrasung, Mangel an Diasporen, Wildverbiß etc. nicht in einem vertretbaren Zeitraum und/oder mit der erforderlichen Qualität durch Sukzession erreicht werden kann.

Diese flächig arbeitenden Verfahren sind vor allem in mehr oder weniger gleichmäßig verlichteten oder aufgelichteten Beständen und auf günstigeren Geotopen (M, K, R) zu empfehlen. Im Laufe der Zeit wird der einen lichten Schirm bildende Forst oder Pionierbaum-Bestand, so wie es seine Vitalität und die Verjüngung erfordern, reduziert. Dabei ist jeder Schematismus zu vermeiden.

In beiden Fällen wird die schon vorhandene Anflug- oder Aufschlagverjüngung, so weit sie dem vorgegebenen Bestandesziel entspricht, erhalten. Einzelne, noch vitale und hochwertige Bäume der Kunst- oder Pionierwaldbestockung werden erhal-

ten bzw. übergehalten, solange das ökologisch und ökonomisch vertretbar ist.

## 5.2.3 Bestandserziehung und -pflege

Dort, wo die Baumartenzusammensetzung, die Raumstruktur und der Gesundheitszustand es ermöglichen, können Waldumwandlungen auch mit Hilfe von Erziehungs- und Pflegeverfahren durchgeführt werden.

Im Waldbau des Schlagweisen Systems war die Mehrzahl der Erziehungs- und Pflegeeingriffe auf eine Homogenisierung der Struktur (Kulturen aus einem Guß, gleichmäßige Baumverteilung, Gruppenauflösung, Aushieb von Bedrängern, schematische Baumentnahmen) und Konzentration der Nutzung zu einem definierten Zeitpunkt (Umtriebszeit) ausgerichtet. Diese Verfahren wurden von dem Streben nach substantiell oder finanziell maximalen Erträgen während einer fixierten Umtriebszeit dominiert, wie sie bei störungsfreier Bestandesentwicklung in Ertragstabellen ausgewiesen werden. Im Gegensatz dazu erstrebt der ökologisch orientierte Waldbau eine die natürliche Dynamik der Waldökosysteme berücksichtigende und zu einem geotop- und funktionsgerechten Dauerwald hin-führende Strukturierung der Waldbestände. Diesem Ziel dienen unkonventionelle Durchforstungsverfahren (Gruppendurchforstung, Strukturdurchforstung), die auch für die Behandlung von Kippenforsten interessant sind.

## 5.3 Bestandesumbau bei Umweltveränderungen

Auch stärkere und nachhaltige Umweltveränderungen, z. B. durch Fremdstoffeinträge oder Grundwasseranstieg, erfordern häufig einen Umbau der betroffenen, oft geschädigten Waldbestände.

Auf vielen Kippengeotopen des Mitteldeutschen Braunkohlenreviers, die durch Staubdepositionen eutrophiert wurden, müssen Waldökosysteme aufgebaut werden, die sich durch große Aufnahme-, Speicher- und Umsatzfähigkeit der reichlich dargebotenen basischen Stoffe auszeichnen. Das sind in erster Linie Laubmischbestände, besonders solche mit einem größeren Anteil von Edellaubbaumarten.

Dieser Waldumbau drängt sich bei reinen Kiefernbeständen auf, die schon jetzt überversorgt sind und Ernährungsstörungen sowie Vitalitätsbeeinträchtigungen erkennen lassen. Meist zeigt die Natur selbst, wohin die Entwicklung führt. Die mit der spontanen Ansiedlung von Eichen, Ahornen, Linden, Hainbuchen, Eschen und zahlreichen Straucharten angezeigte Bestandessukzession sollte in das Programm des Waldumbaus einbezogen werden. Dort, wo das Ziel des Bestandesumbaus wegen Eutrophierung, Vergrasung, Mangel an Diasporen, Wildverbiß etc. in vertretbarer Zeit und hinreichen-

der Qualität nicht allein durch Bestandessukzession erreicht werden kann, werden die geotop- und funktionsgemäßen Baumarten künstlich mittels Unter- oder Voranbau eingebracht.

Auf waldbaulich relevante Umweltveränderungen durch Grundwasseranstieg nach der Stilllegung zahlreicher Braunkohlentagebaue und Flutung der Restlöcher wurde bereits eingegangen. Die sich daraus zwingend ergebenden Umbaumaßnahmen reichen vom kurzfristigen Kahlabtrieb bis zur langfristigen Überführung (THOMASIVS et al. 1998).

## 6 Zusammenfassung

Von den Braunkohlerevieren Mitteldeutschlands und der Lausitz liegen rund 52 000 ha (d. h. 38 %) in Sachsen. Davon entfallen etwa 20 000 ha auf forstwirtschaftliche Nutzungen. Zirka 15 000 ha sind bereits rekultiviert.

Die Naturbedingungen des mitteldeutschen Raumes und der Niederlausitz mit den in ihnen gelegenen Kippen unterscheiden sich erheblich voneinander. Die Bergbaufolgelandschaften der Niederlausitz werden großflächig von armen und geringen Sekundärgeotopen geprägt, im Nordwestsächsischen und Oberlausitzer Revier hingegen herrschen quartäre, bindigere Kippsubstrate vor. Diese Unterschiede sind von grundlegender Bedeutung für die forstwirtschaftliche Nutzung von Braunkohlekuppen. Darüber hinaus sind Fremdstoffeinträge aus der Atmosphäre und Grundwasseranstieg nach Einstellung des Bergbaus und Flutung der Restlöcher zu berücksichtigen.

Grundlage der forstwirtschaftlichen Wiedernutzbar-machung von Kippen sowie der Bewirtschaftung von Kippenforsten und -wäldern ist eine sachge-mäße Differenzierung und Klassifizierung der Kippengeotope. Es hat sich erwiesen, daß über die bereits vorhandene Kippenklassifikation hinaus Substrat-Nährkraftstufen und Depositionsstufen berücksichtigt werden müssen. Außerdem sind Geotopveränderungen durch Grundwasseranstieg mit Hilfe von Grundwassertiefenstufen zu erfassen und bei der Bewirtschaftung zu berücksichtigen. Grundlage der ökogerechten Rekultivierung bzw.

Renaturierung von Kippen sind Kenntnisse über deren natürliche Besiedelung durch Pflanzen sowie die in Kippenforsten und-wäldern ablaufenden Naturprozesse. Dazu werden Kurzfassungen aus einem umfangreichen Forschungsbericht (Boden-vegetation, Gehölzeta-blierung, Biotopbildung durch biozönotische Rückwirkungen, Produktivität von Baumbeständen, Sukzessionsattraktoren) mit- geteilt.

Unter Berücksichtigung dieser walddökologischen Erkenntnisse wird auf die Spezifik der Kippenre- kultivierung und -renaturierung eingegangen. Zur objektiven Entscheidung über Aufforstung oder Sukzession werden ökologische und technologische Kriterien genannt. Besondere Aufmerksamkeit wird der Baumartenwahl geschenkt. Für die weitere waldbauliche Behandlung von Kippenforsten wer- den Empfehlungen gegeben, die nach Dominanz- funktionen differenziert sind.

Ein spezieller Abschnitt ist der Problematik Grund- wasseranstieg auf Kippengeotopen der Niederlau- sitz gewidmet. Dazu werden Ursache-Wirkungs- Beziehungen mitgeteilt und Empfehlungen für die waldbauliche Behandlung der davon betroffenen Bestände gegeben.

Abschließend wird auf den Umbau von Kippen- forsten bei Seneszenz von Vorwäldern, falscher Baumartenwahl sowie Wandlung der Umweltbedin- gungen, besonders nach Fremdstoffeinträgen und Grundwasseranstieg, eingegangen.

# 7 Literatur

- BARTHEL, H., SCHUBERT, A. u. WÜNSCHE, M. 1965a: Zur Wiedernutzbarmachung der Halde Espenhain. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden*, 14, 505–520
- BARTHEL, H., SCHUBERT, A. u. WÜNSCHE, M. 1965b: Zur Begrünung der Halde Espenhain. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden*, 15, 833–842
- BERKNER, A. 1998: Naturraum und ausgewählte Geofaktoren im Mitteldeutschen Förderraum – Ausgangszustand, bergbaubedingte Veränderungen, Zielvorstellungen. In: Pflug, W. (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, ..., S. 767–779
- BERNHARDT, A.; HAASE, G., MANNSFELD, K., RICHTER, H. u. SCHMIDT, R.: *Naturräume der sächsischen Bezirke*. Sächs. Heimatblätter, Dresden, H. 4/5, 1986
- BÖCKER, L. u. KATZUR, H.-J. 1996: Die Entwicklung und Behandlung von Waldökosystemen auf Kippenstandorten im Lausitzer Braunkohlenrevier. In: LAUBAG (Hrsg.): *Forstliche Rekultivierung in der Bergbaufolgelandschaft, Jahrestagung der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald*, S. 12–18
- BRÄUNIG, A. 1997: Eigenschaften, Entwicklung und Bewertung von Kippenböden. In: Thomasius et al. 1997, 64–96
- BRÄUNIG, A., WÜNSCHE, M. u. SCHMIDT, J. 1997: Untersuchungen über Eigenschaften, Entwicklung und Funktionen von anthropogenen Böden unter Wald in den Mitteldeutschen Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaften am Beispiel anthropogener Staub-Depositionen. *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.*, 85, III.
- BRÜNING, E. 1962: Zur Frage der Rekultivierbarkeit tertiärer Rohbodenkippen des Braunkohlenbergbaus. *Wiss. Z. K.-M.-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R.*, 11, 325–351
- COPIEN, J. H. 1942: Über die Nutzbarmachung der Abraumkippen auf Braunkohlenwerken und die dabei gemachten Erfahrungen, insbesondere bei Forstkulturen in der Niederlausitz. *Z. Forst- u. Jagdwes.*, 74, 43–77, 81–126, 192, 409–410
- COPIEN, J. H. 1950: Weiß- und Roterle zur Bodenmelioration. *Allg. Forst- u. Jagdz.* 5, 56–57
- COPIEN, J. H. 1956: Rekultivierung von Abraumkippen. *Braunkohle, Wärme und Energie*, 8, 383–389
- DREBENSTÄDT, C. 1998: Planungsgrundlagen der Wiedernutzbarmachung. In: Pflug, W. (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, ..., S. 487–512
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. u. PAULIBEN D. 1991 Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18, 1–248
- FELDMANN, R.; K., HENLE, H., AUGÉ, J., FLACHOWSKI, S., KLOTZ, S. u. R. KRÖNERT 1997: *Regeneration und nachhaltige Landnutzung: Konzepte für belastete Regionen*. Berlin, Heidelberg, New York.
- GROSSER, K.-H. 1998: Der Naturraum und seine Umgestaltung. In: Pflug, W. 1998: *Braunkohlenbergbau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, ..., S. 461–474
- GÜNTHER, H. 1951: Bedeutung und Anzucht schnellwüchsiger Baumarten. *Forst- u. Holzwirtsch.*, 47
- GÜNTHER, H. 1952: Das Pappelholz und seine Verwertung. *Der Wald, Sonderheft „Die Pappel“*, 41–43
- HARTGEN, V. 1942: Untersuchungen über die Entwicklung der Aufforstung im nordwestsächsischen Braunkohlengebiet unter Berücksichtigung eines Waldgürtels für Leipzig. *Thar. Forstl. Jahrb.*, 93, 253–288
- HEUSON, R. (ab 1938 Heuson) 1928: Das Rekultivieren von Kippen und Halden. *Braunkohle*, 27, 985–992
- HEUSON, R. 1929: *Praktische Kulturvorschläge für Kippen, Bruchfelder, Dünen und Ödländereien*. Hrsgg. v. Lausitzer Braunkohle AG, Senftenberg
- HEUSON, R. 1947: *Die Kultivierung roher Mineralböden*. Berlin
- HILDMANN, E. 1998: Technische und historische Aspekte der Wiedernutzbarmachung. In: Pflug (Hrsg.): Springer, Berlin, Heidelberg, New York, ..., S. 797–808
- HILDMANN, E. u. M. WÜNSCHE 1996: Bergbau, Wiedernutzbarmachung und Landentwicklung im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. *Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung*, 37, 227–232
- ILLNER, K. u. KATZUR, H.-J. 1964: Betrachtungen zur Bemessung der Kalkgaben auf schwefelhaltigen Tertiärkippen. *Z. f. Landeskultur*, 5, 287–295
- ILLNER, K. u. KATZUR, H.-J. 1969: Untersuchungen zur optimalen Nährstoffversorgung während der Rekultivierung von Kippen. *Z. f. Landeskultur*, 10, 169–176
- ILLNER, K. u. LORENZ, W.-D. 1965: Das Domsdorfer Verfahren zur Wiederurbarmachung von Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus. *Veröffentl. Instit. Landschaftspflege, Humboldt-Univ. Berlin*
- KLÖTZLI, F. 1965: *Qualität und Quantität der Rehäsung*. Bern
- KNABE, W. 1961: Die Rekultivierung im Rheinischen und Lausitzer Braunkohlenrevier. In: *Köln und die Rheinlande. Festschr. z. XXXIII. Deutsch. Geographentag in Köln*, 353–374, Wiesbaden

- KRUMMSDORF, A., WAGNER, E. u. LORENZ, W.-D. 1969: Rahmenkonzeption zur Aufstellung von Dokumentationen für die Grundmelioration bei der Wiederurbarmachung bergbaulich genutzter Flächen. *Bergbautechnik*, 19, 591–598
- LAVES D., THUM, J., u. WÜNSCHE, M. 1998: Wirkung organischer Substanzen auf wesentliche Bodenfruchtbarkeitsmerkmale in Kippsubstraten. In: Pflug (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 809–822
- MEYNEN, E. u. SCHMITHÜSEN, J. u. a. 1961: *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung. Bad Godesberg
- PIETZSCH, W. 1998: Besiedlung und Vegetationsentwicklung in Tagebaugewässern in Abhängigkeit von der Gewässergenese. In: Pflug (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 663–676
- PREUSSNER; K. 1998: Wälder und Forste auf Kippenstandorten. In: Pflug (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 600–609
- REINICKE 1997: *Bestandesbegründung und Kulturpflege unter Schutzpflanzendecken*. Göttingen
- SÄCHSISCHE STAATSRREGIERUNG 1994: Verordnung der Sächs. Staatsregierung über den Landesentwicklungsplan Sachsen vom 16. 08. 1994. *SächsGVBl.* 51/1994, 1489–1523
- SCHMIDT, P. A. 1996: *Natürliche Waldvegetationslandschaften Sachsens auf standörtlich-vegetationskundlicher Grundlage*. Schriftenreihe der Sächs. Landesanst. f. Forsten in Graupa
- SCHULTZE, J.-H. 1955: *Die naturbedingten Landschaften der Deutschen Demokratischen Republik*. Geogr.-Kartogr. Anst., Gotha 1955
- SCHWABE, H. 1970: *Ergebnisse der forstlichen Rekultivierung auf vorwiegend kulturfreundlichem Abräummaterial des Braunkohlenbergbaues in der Niederlausitz. Dargestellt an älteren Kippenbestockungen*. Diss. A, Techn. Univ. Dresden, Fak. Bau-, Wasser- u. Forstwes.
- SCHWABE, H. 1977: Forstliche Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaus. *Technik und Umweltschutz*, 18, 149–155
- SCHWANECKE, W. u. D. KOPP 1996: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe der Sächs. Landesanst. f. Forsten in Graupa, H. 8
- SELENT, H. 1993: *Untersuchungen von verschiedenen Pappelbestockungen auf Kippenböden im Raum Bitterfeld und Vorschläge zu deren weiterer waldbaulicher Behandlung*. Dipl.Arbb., Techn. Univ. Dresden, Fak. Bau-, Wasser- u. Forstwes.
- SELENT, H. 1997: *Struktur, Wachstum und Dynamik der Vegetation*. In: Thomasius et al. 1997, 99–228
- SIEGL, T., VOLLMER, G. u. FRIETZSCH, G. 1995: *Eine Wald-Seen-Landschaft für Leipzig*. Landesamt für Umwelt u. Geologie, Ber., Radebeul, 31–35
- THOMASIUS, H. et al. 1976: *Technologie des Waldbaus – Walderneuerung*. Lehrbrief für das Hochschulfernstudium Forstingenieurwesen. Techn. Univ. Dresden
- THOMASIUS, H. (Hrsg.) 1978: *Wald, Landeskultur und Gesellschaft*. 2. Aufl. Jena
- THOMASIUS, H. 1988: *Sukzession, Produktivität und Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme*. *Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch.*, 28, 3–21
- THOMASIUS, H. 1990: *Sukzessionstypen von Waldökosystemen der gemäßigten und der borealen Zone*. XIX. Weltkongreß der JUFRO, 5.–11.8. 1990, Bd. 1, Vol. 1, 128–148
- THOMASIUS, H. 1993: *Gutachten zur Begrünung und Aufforstung der Aschehalde Espenhain*. Forschungsbüro für Umweltfragen (FUF) Wachau-Auenhain (Komputerausdruck)
- THOMASIUS, H. 1995: *Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen*. Sächs. Staatsminist. f. Landwirtsch., Ernährung u. Forsten, Ref. Landtag, Öffentlichkeitsarbeit, Dresden
- THOMASIUS, H. 1996a: *Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen*. In: *Beitr. z. Kolloqu. Waldumbau*, Schriftenreihe Sächs. Landesanst. f. Forsten, H. 6, 1996, 11–52
- THOMASIUS, H. 1996b: *Waldbau im Zeichen starker Umweltveränderungen*. *Jahresber. Dt. Forstver.* 1996, 207–228
- THOMASIUS, H. 1996c: *Walddynamik und Waldbau*. Vortrag am 14.11.1996 in der Verwaltungsstelle Thüringen des Biosphärenreservates Rhön, (vervielfältigtes Manuskript)
- THOMASIUS, H. 1996d: *Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes*. Landesforstverein Sachsen-Anhalt. ANW-Bücherdienst Ebrach
- THOMASIUS, H. u. HÄFKER, U. 1998: *Forstwirtschaftliche Rekultivierung*. In: Pflug (Hrsg.): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York ..., S. 839–872
- THOMASIUS, H., NOACK, S. u. SIEBENHÜNER, O. 1995: *Untersuchung von Schäden an Waldbeständen auf Grund langfristiger Veränderungen im Wasserhaushalt im Umkreis der Tagebaue Schlabendorf-Nord, Schlabendorf-Süd und Seese-West*. Gutachten der Steine- und Erden Planungsgesellschaft mbH Dresden im Auftrag der Gesellschaft für bergbauliche Rekultivierung, Umwelttechnik und Landschaftsgestaltung mbH in Brieske (n. publ.)
- THOMASIUS, H. u. SCHMIDT, P. A. 1996: *Wald, Forstwirtschaft und Umwelt*. Economica-Verl. Bonn
- THOMASIUS, H. u. SIEBENHÜNER, O. u. MÜCKE, M. 1998: *Auswirkungen des Grundwasseranstieges in bergbaulich beeinflussten Gebieten auf Wälder und Forsten und Folgerungen für Bergbau und Forstwirtschaft sowie Bergschadenersatzpflicht*. Gutachten

der Steine- und Erden Planungsgesellschaft mbH Dresden im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH in Brieske (n. publ.)

THOMASIUS, H., WÜNSCHE, M., BRÄUNIG, A. u. SELENT, H. 1996: Bewaldung von Kippen und Halden im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. In: LAUBAG (Hrsg.) Forstliche Rekultivierung in der Bergbaufolgelandschaft, Jahrestagung der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, S. 19–33

THOMASIUS, H.; WÜNSCHE, M., SELENT, H. u. BRÄUNIG, A. 1997: Zustand, Entwicklung und multifunktionale Wirkung von Wald- und Forstökosystemen auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus in Abhängigkeit vom Geotop, von der Rekultivierungsart und der waldbaulichen Behandlung. Abschlußbericht der STEINE UND ERDEN PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH DRESDEN, im Auftrag der DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG FÜR UMWELT OSNABRÜCK sowie der LAUSITZER UND MITTELDEUTSCHEN BERGBAU-VERWALTUNGS-GMBH (LMBV) BITTERFELD

THUM, J. 1975: Boden-Pflanze-Beziehungen auf forstlich genutzten Kippen des Braunkohlenreviers südlich von Leipzig. Diss. A, Akad. D. Landwirtschaftswiss. DDR, Berlin

THUM, J., WÜNSCHE, M. u. FIEDLER, H.-J. 1992: Rekultivierung im Braunkohlenbergbau der östlichen Bundesländer. In: Rosenkranz, D., Erasele, G. u. Harreß, H.-M. (Hrsg.): Handbuch „Bodenschutz“. 1–38. Umweltbundesamt Berlin

WÜNSCHE, M. 1980: Die bodenphysikalisch-chemischen Eigenschaften der Abraumsstrate im Leipzig-Bornaer Braunkohlenrevier. Techn. U. Umweltsch., „Luft- Wasser- Boden“, 24, 149–160

WÜNSCHE, M. 1991: Bodengeologische Arbeiten für die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft in Braunkohlenbergbaugebieten. Abh. Sächs. Akad. Wiss. Z. Leipzig, Math.-Nat. Kl., 57, 73–80

WÜNSCHE, M. 1995: Kippenböden, Rekultivierung und Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Braunkohlenrevier Westsachsens. Sonderheft HTWK Leipzig, Beitr. z. Lehre u. Forschung, 2, 21–27

WÜNSCHE, M.; ALTERMANN, M. 1990: Klassifikation der Kippenböden in den Braunkohlenrevieren des Mitteldeutschen Raumes. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 62, 163–166

WÜNSCHE, M., LORENZ, W. D., OEHME, W.-D., u. HAUBOLD, W. 1972: Die Bodenformen der Kippen und Halden im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. Mitt. Nr. 19, VEB Geolog. Forschung und Erkundung Halle u. Rat d. Bez. Cottbus, Sh., 1–45, Senftenberg

WÜNSCHE, M., LORENZ, W.-D. u. SCHUBERT, A. 1969: Die Bodenformen der Kippen und Halden im Braunkohlengebiet südlich von Leipzig. Veröffentl. z. Landschaftspflege u. Landschaftsplanung, Humboldt-Univ. Berlin, H. I., 1–58

WÜNSCHE, M., OEHME, W.-D. 1963: Die Eignung der Deckgebirgsschichten in den Vorfeldern der Braunkohlentagebaue Böhlen und Espenhain für die Wiederrurbarmachung. Z. Angew. Geol., 3, 125–131

WÜNSCHE, M., OEHME, W.-D., HAUBOLD, W., KNAUF, C., SCHMIDT, K. E., ALTERMANN, M. 1981: Die Klassifikation der Böden auf Kippen und Halden in den Braunkohlenrevieren der Deutschen Demokratischen Republik. Neue Bergbautechnik, 11, 42–48

WÜNSCHE, M., OEHME, W.-D. u. KNAUF, C. 1978: Bodengeologische Arbeiten für die Wiederrurbarmachung in den Braunkohlenrevieren der DDR. Beitr. z. Geographie, 29, 273–283

WÜNSCHE, M., RICHTER, H., OEHME, W.-D. 1983: Bodengeologische Arbeiten bei der Erkundung von Braunkohlenlagerstätten und ihre Bedeutung für die Wiederrurbarmachung. Neue Bergbautechnik, 13, 548–550

WÜNSCHE, M., SCHMIDT, K.-E., OEHME, W.-D. 1966: Aufgaben und Ergebnisse bodengeologischer Untersuchungen für die Wiederrurbarmachung der vom Braunkohlenbergbau beanspruchten Flächen. Bergbautechnik, 16, 405–410

WÜNSCHE, M., SCHUBERT, A., HAUBOLD, W. 1966a: Untersuchungen über das Leistungsvermögen pleistozäner sowie tertiärer Abraummassen und den Erfolg der Aufforstung auf der Kippe Plateka, Kr. Borna. Bergbautechnik, 16, 648–656

WÜNSCHE, M., SCHUBERT, A., HAUBOLD, W. 1966b: Das Leistungspotential pleistozäner und tertiärer Abraummassen auf älteren Kippflächen im Bereich des ehemaligen Braunkohlentagebaus Witznitz, Kreis Borna. Bergbautechnik, 17, 313–320

WÜNSCHE, M., VOGLER, E. u. KNAUF, C. 1998: Bodenkundliche Kennzeichnung der Abraumsstrate und Bewertung der Kippenböden für die Rekultivierung im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. In: Pflug (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Springer, Berlin, Heidelberg, New York ..., S. 780–796

WÜNSCHE, M., WEISE, A., SCHÜTZENMEISER, W., DIETEL, M. unter Mitarbeit von PÄLCHEN, W. u. HUNGER, W. 1993: Übersichtskarte der Böden des Freistaates Sachsen 1 : 400 000. Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg

# Impressum

## Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)  
Bonnewitzer Straße 34, 01827 Graupa,  
Tel.: (0 35 01) 54 20, Fax: (0 35 01) 54 22 13, e-Mail: laf.graupa@ibm.net

## Redaktion

Sächsische Landesanstalt für Forsten

## Autoren

PROF. DR. DR. H. THOMASIUŠ, PROF. DR. M. WÜNSCHE,  
DIPL.-ING. (FORSTWISS.) H. SELENT U. DIPL.-GEOGR. A. BRÄUNIG

## Fotografie

BRÄUNIG, A.: Abb. 7a–16a  
SELENT, H.: Abb. 7b–16b  
THOMASIUŠ, H.: Abb. 1–6

## Grafik

SIEBENHÜNER, O. und THOMASIUŠ, H.: Abb. 17, 18

## Gesamtherstellung

TEAM'90 GmbH Dresden/WDS Pertermann, Dresden

## Redaktionsschluß

12/1998

## Auflage 2 000 Stück

## Bezug

Sächsische Landesanstalt für Forsten

ISBN 3-932967-17-8

Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

## Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist.

Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

**In der Schriftenreihe der LAF sind bisher die folgenden Titel erschienen:**

Erstausgabe	Waldfunktionenkartierung
Heft 1/1994	Forstpflanzenzüchtung – Quo vadis?
Heft 2/1995	Wald und Klima
Heft 3/1995	Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen
Heft 4/1995	Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften
Heft 5/1995	Genetik und Waldbau der Weißtanne, Bd. I und II
Heft 6/1996	Waldumbau – Beiträge zum Kolloquium
Heft 7/1996	Wald und Boden
Heft 8/1996	Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen
Heft 9/1996	Waldbiotopkartierung in Sachsen
Heft 10/1996	Empfehlungen geeigneter Herkünfte forstlichen Saat- und Pflanzgutes für den Anbau im Freistaat Sachsen (Herkunftsempfehlungen)
Heft 11/1997	Waldklimastationen
Heft 12/1997	Möglichkeiten einer integrierten Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers
Heft 13/1998	Forstpflanzenzüchtung für Immissionsschadgebiete
Heft 14/1998	Der Waldzustand im Nationalpark Sächsische Schweiz nach den Ergebnissen der Permanenten Stichprobeninventur 1995/96
Heft 15/1998	Zuordnung der natürlichen Waldgesellschaften zu den Standortsformengruppen (Ökogramme)
Heft 16/1998	Sanierung von Waldschadensflächen im extremen Immissionsschadgebiet unter besonderer Berücksichtigung des Nichtstaatswaldes
<b>Heft 17/1999</b>	<b>Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlenbergbaus in Sachsen – ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung –</b>
in Vorbereitung	Bodenzustandserhebung