

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Vorwort (Johannes Eichhorn) | IX |
| Zusammenfassung | 1 |
| Abstract | 7 |
| 1 Überblick: Bewertung und Diskussion der bodenkundlichen Ergebnisse (Jan Evers, Uwe Paar) | 13 |
| 1.1 Vorbemerkungen und Rahmenbedingungen | 13 |
| 1.1.1 Ländlicher Versorgungswald und Waldboden | 14 |
| 1.1.2 Säureeintrag und Waldboden | 15 |
| 1.1.3 Veränderungen des Stickstoffhaushaltes und Waldboden | 16 |
| 1.1.4 Klimaveränderungen und Waldboden | 16 |
| 1.2 Repräsentativität der Bodenzustandserhebungen | 17 |
| 1.3 Geologie, Boden und Bodenentwicklung | 18 |
| 1.4 Substratgruppen | 21 |
| 1.5 Bodentypen | 21 |
| 1.6 Trockenrohdichten und Grobbodenanteile | 22 |
| 1.7 Austauschkapazität | 23 |
| 1.8 Status und Veränderung der Bodenversauerung | 23 |
| 1.8.1 Kationen-Anteile an der Austauschkapazität | 25 |
| 1.8.2 Basensättigung | 25 |
| 1.8.3 Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorrat | 27 |
| 1.8.4 Pufferbereiche | 28 |
| 1.8.5 Bewertung | 30 |
| 1.9 Haupteergebnisse für die Substratgruppen | 31 |
| 1.9.1 Unverlehmter Sand (51 % der Waldböden nach BZE II in Sachsen-Anhalt) | 31 |
| 1.9.2 Schwach verlehnte Sande (7 % der Waldböden nach BZE II in Sachsen-Anhalt) | 33 |
| 1.9.3 Verlehnte Sande (5 % der Waldböden nach BZE II in Sachsen-Anhalt) | 34 |
| 1.9.4 Lösslehm (11 % der Waldböden nach BZE II in Sachsen-Anhalt) | 34 |
| 1.9.5 Tonschiefer (9 % der Waldböden nach BZE II in Sachsen-Anhalt) | 35 |
| 1.9.6 Substratgruppen mit geringen Anteilen an der BZE II | 36 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.10 | Humusformen | 37 |
| 1.11 | Kohlenstoff - Status und Veränderung in den Waldböden | 38 |
| 1.12 | Stickstoff – Status und Veränderung in den Waldböden | 42 |
| 2 | Kurzportraits der BZE-Punkte („Steckbriefe“) | 47 |
| | (Jan Evers, Andreas Hafner, Uwe Paar) | |
| 3 | Einleitung | 71 |
| 3.1 | Allgemeine Einführung zum Thema Boden (Uwe Paar, Jan Evers) | 71 |
| 3.1.1 | Bodenbildung | 71 |
| 3.1.2 | Funktionen der Böden | 72 |
| 3.1.3 | Gefährdungen | 73 |
| 3.2 | Geologische und bodenkundliche Verhältnisse in sachsen-anhaltischen Wäldern (Wolfgang Schmidt, Jan Evers, Uwe Paar) | 76 |
| 3.2.1 | Geologie Sachsen-Anhalts | 76 |
| 3.2.2 | Bodenbildung der geologischen Formationen | 79 |
| | 3.2.2.1 <i>Holozäne Bodenbildung</i> | 79 |
| | 3.2.2.2 <i>Pleistozäne Sedimente</i> | 80 |
| | 3.2.2.3 <i>Tertiär</i> | 81 |
| | 3.2.2.4 <i>Kreide und Jura</i> | 81 |
| | 3.2.2.5 <i>Trias</i> | 81 |
| | 3.2.2.6 <i>Perm</i> | 82 |
| | 3.2.2.7 <i>Karbon</i> | 82 |
| | 3.2.2.8 <i>Devon und Silur</i> | 83 |
| 3.2.3 | Prozesse der Bodenbildung | 84 |
| 3.2.4 | Zusammenfassung | 86 |
| 3.3 | Forstliches Umweltmonitoring an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) (Johannes Eichhorn, Uwe Paar, Henning Meesenburg, Jan Evers, Birte Scheler, Nils König) | 88 |
| 3.3.1 | Aufgaben | 88 |
| 3.3.2 | Konzept | 89 |
| 3.4 | Befunde des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings zur Bewertung und Einordnung der Ergebnisse der BZE (Birte Scheler, Henning Meesenburg) | 95 |
| 3.4.1 | Stoffeintrag – Belastungssituation der Wälder | 95 |
| 3.4.2 | Chemische Zusammensetzung des Wasserflusses durch die Waldökosysteme | 99 |
| 3.4.3 | Ernährungssituation | 101 |
| 3.4.4 | Schlussfolgerung und Ausblick | 103 |

| | |
|---|------------|
| 4 Aufgaben und Ziele der Bodenzustandserhebungen (Uwe Paar, Jan Evers) | 105 |
| 5 Methoden (Jan Evers, Uwe Paar, Inge Dammann, Marcus Schmidt) | 107 |
| 5.1 Allgemeine Einführung | 107 |
| 5.2 Merkmalsgruppen | 108 |
| 5.3 Untersuchungsdesign und -module am BZE II-Punkt | 108 |
| 5.3.1 Beprobung und Analyse des Auflagehumus und des Mineralbodens | 109 |
| 5.3.2 Blatt- und Nadelernährung | 110 |
| 5.3.3 Vegetationsaufnahmen | 112 |
| 5.3.4 Waldwachstumskundliche Aufnahmen | 113 |
| 6 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen | 115 |
| 6.1 Repräsentativität des Erhebungsnetzes (Jan Evers, Martin Buresch, Swen Hentschel) | 115 |
| 6.1.1 Vergleich BZE II und BÜK 1000 | 115 |
| 6.1.2 Vergleich BZE II und Standortskartierung | 117 |
| 6.2 Bodenmorphologische Kenngrößen (Jan Evers, Uwe Paar, Jörg Weymar) | 120 |
| 6.2.1 Substratgruppen | 120 |
| 6.2.2 Bodentypen | 123 |
| 6.2.2.1 <i>Bodentypen nach Substratgruppen</i> | 127 |
| 6.2.3 Humusformen | 127 |
| 6.2.3.1 <i>Verteilungen der Humusformen</i> | 127 |
| 6.2.3.2 <i>Trockenmasse im Auflagehumus</i> | 132 |
| 6.3 Bodenphysikalische Kenngrößen (Jan Evers, Uwe Paar) | 135 |
| 6.3.1 Trockenrohdichten des Feinbodens | 135 |
| 6.3.2 Grobbodenanteile | 136 |
| 6.3.3 Feinbodenvorrat | 137 |
| 6.3.4 Nutzbare Feldkapazität | 138 |
| 6.4 Bodenmorphologische und bodenphysikalische Kenngrößen im Ländervergleich Nordwestdeutschlands (Jan Evers, Uwe Paar) | 140 |
| 6.5 Bodenchemische Kenngrößen im Waldboden Sachsen-Anhalts (Jan Evers, Uwe Paar, Egbert Schönfelder) | 148 |
| 6.5.1 Austauschkapazität | 149 |
| 6.5.1.1 <i>Austauschkapazität in den Substratgruppen</i> | 152 |
| 6.5.1.2 <i>Verteilung der Kationen an der Austauschkapazität</i> | 159 |
| 6.5.2 Basensättigung | 160 |
| 6.5.2.1 <i>Basensättigung nach Substratgruppen</i> | 162 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.5.3 | Vorräte austauschbarer Calcium-, Magnesium- und Kaliumkationen | 170 |
| 6.5.3.1 | <i>Calcium</i> | 170 |
| 6.5.3.2 | <i>Magnesium</i> | 175 |
| 6.5.3.3 | <i>Kalium</i> | 182 |
| 6.5.4 | Vorräte austauschbarer Protonen, Eisen, Mangan und Aluminium | 190 |
| 6.5.5 | pH-Werte und Pufferbereiche | 193 |
| 6.5.5.1 | <i>pH(H₂O)</i> | 195 |
| 6.5.5.2 | <i>pH(KCl)</i> | 201 |
| 6.5.6 | Kohlenstoff | 203 |
| 6.5.6.1 | <i>Kohlenstoffvorräte nach Substratgruppen</i> | 207 |
| 6.5.6.2 | <i>Kohlenstoffvorräte und Bestand</i> | 209 |
| 6.5.7 | Stickstoff | 211 |
| 6.5.7.1 | <i>Stickstoffvorräte nach Substratgruppen</i> | 214 |
| 6.5.7.2 | <i>Stickstoffvorräte und Bestand</i> | 218 |
| 6.5.8 | C/N-Verhältnisse | 219 |
| 6.5.8.1 | <i>C/N-Verhältnisse nach Substratgruppen</i> | 221 |
| 6.5.8.2 | <i>C/N-Verhältnisse nach Bestandestypen</i> | 222 |
| 7 | Flugasche, Düngung, Waldkalkung und Bodenbearbeitung (Jan Evers, Bernd Ahrends) | 223 |
| 8 | Waldernährung (Inge Dammann, Egbert Schönfelder, Ulrike Talkner, Jan Evers, Uwe Paar) | 243 |
| 8.1 | Einleitung | 243 |
| 8.2 | Material und Methoden | 244 |
| 8.3 | Ergebnisse | 250 |
| 8.3.1 | Kiefer | 250 |
| 8.3.1.1 | <i>Ernährungsstatus 2007</i> | 250 |
| 8.3.1.2 | <i>Flugascheeinfluss</i> | 253 |
| 8.3.1.3 | <i>Ernährungssituation in den Waldregionen</i> | 254 |
| 8.3.1.4 | <i>Zeitliche Veränderungen</i> | 256 |
| 8.3.2 | Eiche | 260 |
| 8.3.2.1 | <i>Ernährungsstatus 2007</i> | 260 |
| 8.3.2.2 | <i>Ernährungssituation in den Waldregionen</i> | 262 |
| 8.3.3 | Fichte | 264 |
| 8.3.3.1 | <i>Ernährungsstatus 2007</i> | 264 |
| 8.3.3.2 | <i>Ernährungssituation in den Waldregionen</i> | 266 |
| 8.3.3.3 | <i>Vergleich 1. und 3. Nadeljahrgang 2007</i> | 267 |
| 8.3.3.4 | <i>Zeitliche Veränderungen</i> | 268 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.3.4 | Buche | 271 |
| 8.3.4.1 | <i>Ernährungsstatus 2007</i> | 271 |
| 8.3.4.2 | <i>Ernährungssituation in den Waldregionen</i> | 274 |
| 8.4 | Einflussfaktoren auf die Ernährungssituation | 274 |
| 8.5 | Diskussion und Bewertung der Ernährungssituation | 279 |
| 8.5.1 | Stickstoffeutrophierung und Bodenversauerung | 279 |
| 8.5.1.1 | <i>Stickstoffeutrophierung</i> | 279 |
| 8.5.1.2 | <i>Bodenversauerung</i> | 280 |
| 8.5.2 | Phosphorernährung | 284 |
| 8.5.3 | Bodenschutzkalkung | 286 |
| 8.5.4 | Vollbaumnutzung | 289 |
| 8.6 | Zusammenfassung | 291 |
| 9 | Vegetation (Marcus Schmidt, Egbert Schönfelder, Uwe Paar, Jan Evers) | 293 |
| 9.1 | Einführung | 293 |
| 9.2 | Methodik | 293 |
| 9.2.1 | Datenerhebung | 293 |
| 9.2.2 | Datenauswertung | 294 |
| 9.2.3 | Darstellung und Anwendung der Ergebnisse | 294 |
| 9.3 | Ergebnisse und Diskussion | 297 |
| 9.3.1 | pH(H ₂ O) | 297 |
| 9.3.2 | Basensättigung | 301 |
| 9.3.3 | C/N-Verhältnis | 305 |
| 9.3.4 | Basische Kationen (Ca, Mg, K) | 307 |
| 9.3.4.1 | <i>Calcium</i> | 307 |
| 9.3.4.2 | <i>Magnesium</i> | 311 |
| 9.3.4.3 | <i>Kalium</i> | 313 |
| 9.3.5 | Ansprache der Nährstoffversorgung mithilfe von Indikatorarten | 316 |
| 10 | Hauptergebnisse und Folgerungen für die forstliche Praxis | 319 |
| | (Jan Evers, Inge Dammann, Bernd Ahrends, Uwe Paar) | |
| 10.1 | Wie repräsentativ sind die Bodenzustandserhebungen? Sind die Ergebnisse für die wichtigsten Bodensubstrate in den Wäldern aussagekräftig? | 319 |
| 10.2 | Welche Waldböden können unterschieden werden? | 320 |
| 10.2.1 | Geologie, Boden und Bodenentwicklung | 320 |
| 10.2.2 | Substratgruppen | 321 |
| 10.2.3 | Bodentypen | 322 |
| 10.2.4 | Auflagehumus | 322 |
| 10.2.5 | Trockenrohdichten und Skelettanteile | 323 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 10.3 | Wie sauer sind die Waldböden? Versauern sie trotz geringerer luftbürtiger Säurebelastungen weiter? | 324 |
| 10.3.1 | Bewertung | 327 |
| 10.4 | Wie entwickeln sich die Stickstoffvorräte in Waldböden? | 327 |
| 10.5 | Tragen Waldböden als Kohlenstoffsенke zum Klimaschutz bei? | 329 |
| 10.6 | Auf welchen Standorten ist Trockenstress bei Waldbäumen zu erwarten? | 329 |
| 10.7 | Welche Folgerungen ergeben sich für die Energieholznutzung in Wäldern? | 330 |
| 10.8 | Welche Folgerungen ergeben sich aus den Ergebnissen der Bodenzustandserhebung II für die Standortskartierung? | 331 |
| 10.9 | Wer nutzt die Informationen der Bodenzustandserhebung (BZE als Informationsplattform)? Braucht die forstliche Umweltbeobachtung (Monitoring) eine Bodenzustandserhebung? | 332 |
| 10.9.1 | Informationen aus der Bodenzustandserhebung als Teil des Forstlichen Umweltmonitorings | 332 |
| 10.9.2 | Nationale/Internationale Partner | 332 |
| 10.9.3 | Gesellschaft, Politik und Verwaltung | 333 |
| 10.9.4 | Forstliche Betriebe verschiedener Waldbesitzarten | 333 |
| 10.9.5 | Wissenschaft | 334 |
| 11 | Qualitätssicherung (Nils König) | 335 |
| 11.1 | Probenvorbereitung und -analyse | 335 |
| 11.2 | Methodendokumentation und Qualitätssicherung in den beteiligten Laboren | 373 |
| 11.2.1 | Umweltlabor der Nordwestdeutschen (früher: Niedersächsischen) Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen | 373 |
| 11.2.2 | Landesanstalt für Forstplanung Brandenburg, Labor Eberswalde | 374 |
| 11.2.3 | Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL), Standort Kassel (und Vorläufer-Einrichtungen) | 374 |
| 11.2.4 | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover | 376 |
| 11.3 | Bundesweites BZE II-Qualitätssicherungsprogramm | 377 |
| 11.4 | Bedeutung methodisch bedingter Streuungen und Fehlerquellen | 384 |
| 11.4.1 | Probleme der Probennahme | 384 |
| 11.4.1.1 | <i>Vergleichbarkeit von Beprobungen der Profilgrube und Satelliten-Bohrungen</i> | 384 |
| 11.4.1.2 | <i>Räumliche Variabilität chemischer und physikalischer Kenngrößen</i> | 384 |
| 11.4.1.3 | <i>Nullpunktdefinition</i> | 395 |
| 11.4.1.4 | <i>Verschleppung</i> | 397 |
| 11.4.1.5 | <i>Veränderung der Trockenrohdichte in oberen Bodenschichten („Soufflé-Effekt“)</i> | 397 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 11.4.2 | Probleme der Probenanalyse | 397 |
| 11.4.2.1 | <i>Abschätzung der Streuung chemischer Parameter durch kontinuierliches Mitmessen von Kontrollstandards</i> | 397 |
| 11.4.2.2 | <i>Eingeschränkte Repräsentativität von Teilproben</i> | 399 |
| 12 | Aspekte des BZE-Datenmanagements (Andreas Hafner, Jan Evers) | 401 |
| 12.1 | Anforderungen | 401 |
| 12.1.1 | Integration der Merkmalsgruppen | 401 |
| 12.1.2 | Integration der Datenbestände der Bundesländer | 402 |
| 12.1.3 | Integration von BZE I und II | 403 |
| 12.1.4 | Integration von Methodeninformation | 403 |
| 12.1.5 | Externe Fachinhalte | 404 |
| 12.2 | Umsetzung | 405 |
| 12.2.1 | Identifizierung von Informations-Kategorien | 406 |
| 12.2.2 | Integration der Fach-Arbeitsanleitung | 406 |
| 12.2.3 | Projektübergreifende Listen mit projektspezifischen Kodierungen | 407 |
| 12.2.4 | Differenzierung von Fehlwerten | 408 |
| 12.2.5 | Methodendokumentation der Laboranalytik | 408 |
| 12.2.6 | Anwendungsprogrammierung | 409 |
| 12.3 | Praktische Erfahrungen | 412 |
| 12.4 | Fazit | 414 |
| | Literatur | 417 |
| | Glossar und Abkürzungen | 433 |
| | Danksagung | 437 |
| | Autor*innen | 439 |