

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	Ziele	1
1.2	Durchführung und Repräsentanz.....	3
1.3	Methodische Schwerpunkte der BZE2.....	3
1.4	BZE im Vergleich zu Bodenmessnetzen anderer Ressorts	7
2	METHODEN.....	9
2.1	Aufnahmeverfahren im Gelände	9
2.1.1	Bodenkundliche Geländeaufnahme	9
2.1.2	Probenahme	9
2.2	Laboranalyseverfahren	10
2.3	Sonderuntersuchungen	10
2.3.1	Zusatzerhebung Befahrungsschäden	10
2.3.2	Zusatzerhebung Feinwurzeln.....	14
2.3.3	Zusatzerhebung Multi-Step-Outflow-Versuche (MSO) zur Bestimmung der hydraulischen Bodeneigenschaften.....	14
2.4	Statistische Auswertung und Ergebnisdarstellung	17
3	ZUSTAND DER WALDBÖDEN.....	19
3.1	Allgemeine Standortbeschreibung.....	20
3.1.1	Klima	20
3.1.2	Bestockung.....	22
3.1.3	Feinwurzelverteilungen.....	22
3.1.4	Ausgangssubstrate	24
3.1.5	Bodenklassen.....	26
3.1.6	Humusformen.....	27
3.1.7	Kalkungsmaßnahmen	27
3.2	Bodenphysikalische Charakterisierung.....	29
3.2.1	Textur	29
3.2.2	Steingehalt	29
3.2.3	Trockenrohdichten	29
3.2.4	Schätzwerte der physikalischen Eigenschaften aus der Profilansprache	30
3.2.5	Feinbodenvorräte	33
3.2.6	Physikalische Eigenschaften der Humusauflagen.....	33
3.2.7	Kennwerte der Wasserbindung und gesättigte Wasserleitfähigkeit	35
3.2.8	Schätzung bodenhydraulischer Funktionen mittels Pedotransferfunktionen PTF	36
3.2.9	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum nFKWe (=nWSK WReff)	40
3.3	Status der Versauerung und der Nährstoffversorgung	44
3.3.1	Bodenreaktion	44
3.3.2	Austauscherbelegung	46

Inhalt

3.3.3 Tiefenprofile der Basensättigung	57
3.3.4 1:2 - Extrakte und Grundwasserbelastungspotenziale	60
3.3.5 Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte	63
3.3.6 Phosphor- und Schwefelgehalte	63
3.3.7 C/N- und C/P- Verhältnisse	65
3.4 Elementvorräte in Humus, Feinboden und Skelett	68
3.4.1 Vorräte an organischem Kohlenstoff	68
3.4.2 Stickstoffvorräte	70
3.4.3 Schwefelvorräte	71
3.4.4 Phosphorvorräte	71
3.4.5 Kurz- und mittelfristige Nährstoffversorgung	74
3.4.6 Mittel- bis langfristige Nährstoffversorgung (königswasserextrahierbare Elementvorräte)	77
3.5 Belastung mit Schwermetallen	80
4 TRENDANALYSEN ZWISCHEN BZE1 UND BZE2	87
4.1 Veränderungen der Humusauflege	89
4.2 Trend der Bodenreaktion	91
4.3 Trend der austauschbaren Kationen	91
4.3.1 Austauschkapazität	91
4.3.2 Kationenbelegung	92
4.3.3 Basensättigung	92
4.4 Trend der Stoffkonzentrationen im wässrigen 1:2-Extrakt	96
4.5 Trend der Stoffvorräte	97
4.5.1 Kurz- bis mittelfristige Nährstoffvorräte	97
4.5.2 Kohlenstoffvorräte	97
4.5.3 Stickstoffvorräte	100
4.5.4 C/N-Verhältnisse	101
4.5.5 Schwefelvorräte	103
4.5.6 Phosphorvorräte	104
4.5.7 Schwermetalle	104
5 BESTANDESERNÄHRUNG	107
5.1 Messnetz der Ernährungsinventur	107
5.2 NährELEMENTgehalte in Nadeln und Blättern	108
5.2.1 Fichte	108
5.2.2 Tanne	121
5.2.3 Buche	125
5.3 Zusammenfassende Übersichten zu NährELEMENTmängeln bei Fichte, Tanne und Buche	129
5.4 Zusammenhangsanalysen zwischen NährELEMENTwerten und Standortseigenschaften	130
5.4.1 Modellgüte	131

5.4.2 Modellergebnisse Fichte	132
5.4.3 Modellergebnisse Buche.....	134
6 STRATEGIEANSÄTZE UND ENTWICKLUNG VON PRAXISKONZEPTEN.....	137
6.1 Regionalisierung von Waldbodendaten.....	137
6.1.1 Regionalisierungsmodelle.....	137
6.1.2 Regionalisierungsverfahren	137
6.1.3 Stratifizierung.....	139
6.1.4 Hilfsvariablen.....	140
6.1.5 Regionalisierung von Bodeneigenschaften	140
6.1.6 Zusammenfassende Bewertung der Regionalisierungsmodelle	154
6.2 Abschätzung der durchschnittlichen Bodenlösungszusammensetzung.....	155
6.2.1 Zielseitung und Methodenansatz	155
6.2.2 Verwendung von Selektivitätskoeffizienten zwischen Austauscherbelegung und Bodenlösung	156
6.2.3 Direkte Korrektur der 1:2-Extrakte mit Sickerwasserkonzentrationen.....	158
6.2.4 Schlussfolgerungen	160
6.3 Wälder als Kohlenstoffspeicher	162
6.3.1 Ziele und Methodik der Aufnahme der oberirdischen Holzbiomassen.....	162
6.3.2 Kohlenstoffvorräte im gesamten Ökosystem Wald.....	164
6.3.3 Regionalisierung der Veränderung des Kohlenstoffvorrats zwischen BZE1 und BZE2	167
6.3.4 Zusammenfassung und Fazit.....	170
6.4 Bodenschutzkalkung schützt den Wald und regeneriert Bodenfunktionen.....	174
6.4.1 Warum sind Waldböden so sauer?	174
6.4.2 Kalkung bringt den Stoffkreislauf ins Gleichgewicht.....	175
6.4.3 Kalkung belebt Waldböden wieder.....	176
6.4.4 Kalkung stabilisiert Waldernährung.....	177
6.4.5 Trinkwasservorsorge durch Kalkung	178
6.4.6 Nutzen und Risiken der regenerationsorientierten Bodenschutzkalkung.....	179
6.4.7 Herleitung des Kalkungsbedarfs zur Regeneration des natürlichen Bodenzustandes	180
6.4.8 Fazit	181
6.5 Waldböden als ökologisch diverse Pflanzenstandorte.....	182
6.5.1 Reaktionszahl.....	182
6.5.2 Stickstoffzahl	184
6.5.3 Feuchtezahl.....	184
6.5.4 Lichtzahl	186
6.6 Bodenverformung durch Befahrung	187
6.6.1 Ergebnisse der feldbodenkundlichen Verformungsschadensansprache	187
6.6.2 Räumliche Verteilung der Verformungsschäden	188
6.6.3 Statistische Bewertung der Verformungsschäden.....	190
6.6.4 Relevanz von Verformungsschäden	190
6.6.5 Schlussfolgerung	192

Inhalt

6.7 Zusammenhangsanalyse zwischen Feinwurzel-Tiefenverteilung und Standortseigenschaften	192
6.7.1 Messung und statistische Auswertung	192
6.7.2 Ergebnisse der Zusammenhangsanalysen	195
6.7.3 Regressionsanalysen für das β -Modell	200
6.7.4 Diskussion der Zusammenhänge zwischen Feinwurzel-Tiefenverteilung und Standortsparameter	202
6.7.5 Fazit	203
6.8 Abschätzung und Bewertung von Trockenstress-Szenarien	203
6.8.1 Parametrisierung der Wasserhaushaltsmodelle	204
6.8.2 Ergebnisse der Modellierungen	205
7 ZUSAMMENFASSUNG WICHTIGER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	209
7.1 Zustand und Entwicklung der Waldböden im Mittelpunkt des Monitorings	209
7.2 Bestandesernährung	213
7.3 Waldumbau und Bodenschutzkalkulation zeigen Wirkung	214
7.4 Schwermetallvorräte nehmen in der Humusaufklage ab - Verlagerung in den Oberboden?	215
7.5 Kohlenstoffspeicher Wald	215
7.6 Stickstoffsättigung ist landesweit hoch, nimmt jedoch ab	216
7.7 Befahrungsschäden auf nahezu einem Drittel der Waldfläche	217
7.8 Feinwurzelverteilungen als Abbild der Anpassungsstrategie der Bäume	218
7.9 Plausible Simulation von Trockenstress und Stauwasser	218
7.10 Entwicklung von Umweltvorsorgestrategien auf der Basis von BZE und anderen Monitoringsystemen	219
8 REGIONALE DARSTELLUNG DER BZE2-ERGEBNISSE	223
8.1 Waldbodenregionen Baden-Württembergs	223
8.1.1 Oberrheinisches Tiefland	223
8.1.2 Schwarzwald	226
8.1.3 Odenwald	231
8.1.4 Neckarland	233
8.1.5 Schwäbische Alb	237
8.1.6 Südwestdeutsches Alpenvorland	240
8.2 Beschreibung der Leitprofile	244
8.2.1 Allgemeine Informationen zum Standort	244
8.2.2 Profilansprache	245
8.2.3 Chemische und physikalische Parameter	247
8.2.4 Leitprofile	250
9 LITERATURVERZEICHNIS	321
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	327