

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aktueller Stand der Forschung	1
1.2	Kontext der Arbeit	6
1.3	Ziele	8
1.4	Hypothesen	9
1.5	Untersuchungsansatz	10
2	Material und Methoden	11
2.1	Beschreibung des Untersuchungsstandortes	11
2.1.1	Lage der Untersuchungsfläche	11
2.1.2	Klima	11
2.1.3	Immissionssituation	12
2.1.4	Boden	12
2.1.4.1	Bodenprofil	12
2.1.4.2	Bodenorganismen / Mykorrhizatypen	14
2.1.5	Bestandesbeschreibung	14
2.2	Feinwurzeluntersuchung	16
2.2.1	Sequenzielle Bohrzylinder-Methode	17
2.2.1.1	Probenauswahl	17
2.2.1.2	Probenahme	17
2.2.1.3	Charakterisierung der Probestelle	18
2.2.1.3.1	Ermittlung der Strukturindices der Arten	18
2.2.1.4	Probenaufarbeitung	19
2.2.1.5	Wurzelaufarbeitung	19
2.2.1.5.1	Feinwurzelklassifikation	19
2.2.1.5.2	Untersuchungsparameter	20
2.2.1.5.3	Abgeleitete Größen	21
2.2.1.5.4	Analyse der Wurzelinhaltsstoffe	22
2.2.2	Einwachszyylinder-Methode (<i>ingrowth core</i>)	22
2.2.2.1	Probenahme	23
2.2.2.2	Charakterisierung der Probestelle	23
2.2.2.3	Probenaufarbeitung	24
2.2.3	Experimenteller Ansatz	24
2.2.3.1	Konstellation der Probebäume	24
2.2.3.2	Bodenmanipulation	25
2.2.3.3	Lysimeternaufbau	26
2.2.3.3.1	Gewinnung der Bodenlösung	27
2.2.3.3.2	Aufarbeitung der Bodenlösung	27
2.2.3.4	Aufarbeitung der Wurzelproben	27
2.2.4	Zeitraster der Beprobung	27
2.3	Boden	28
2.3.1	pH-Wert des Bodens	28
2.3.2	Bodentemperatur	28
2.3.3	Wasserhaushaltsparameter	29
2.3.4	Bodenlösungskonzentrationen	29
2.4	Umrechnungsfaktoren	29
2.4.1	Umrechnung auf volumen- bzw. flächenbezogene Einheiten	29
2.4.2	Umrechnung auf eine Normprobensäule	29
2.5	Statistik	29
3	Ergebnisse	30
3.1	Bohrstock-Methode (<i>sequential coring</i>)	30

3.1.1	Horizontale Verteilung der Feinwurzeln	30
3.1.1.1	Statistische Transformationen	32
3.1.1.2	Vorrat feinster lebender Wurzeln und oberirdische Bestandes struktur	34
3.1.1.3	Zusammenhang von Mikrorelief und der Verteilung an feinsten Wurzeln	37
3.1.2	Vertikale Verteilung der Feinwurzelparameter	38
3.1.2.1	Biomassendichte	38
3.1.2.2	Wurzellängendichte	41
3.1.2.3	Spezifische Feinwurzellänge (SRL) und mittlerer Durchmesser	43
3.1.2.4	Feinwurzeloberfläche	45
3.1.2.5	Spezifische Wurzelstölpunkthäufigkeit	45
3.1.2.6	Wurzelspitzendichte	46
3.1.2.7	Spezifische Wurzelspitzenhäufigkeit	47
3.1.2.8	Verzweigungsindex	48
3.1.2.9	Prozentuale Anteile einzelner Feinwurzelfraktionen	50
3.1.2.9.1	Biomasse	50
3.1.2.9.2	Feinwurzellänge	51
3.1.2.10	Flächenbezogene Feinwurzelparameter	53
3.1.2.10.1	Feinwurzelmasseverräte	53
3.1.2.10.2	Wurzelmorphologische Größen	54
3.1.3	Wurzelinhaltstoffe	58
3.1.3.1	Nährelementkonzentrationen	58
3.1.3.2	Stickstoffkonzentration	60
3.1.3.3	Aluminium	62
3.1.3.4	Ca/Al-Verhältnisse	63
3.1.3.5	Schwermetalle	63
3.1.4	Zeitliche Variation von Feinwurzelparametern und abiotischen Faktoren	65
3.1.4.1	Variabilität der Strukturindices und deren Korrektur	65
3.1.4.1.1	Zeitliche Variation der strukturbereinigten Feinwurzelmasse	67
3.1.4.2	Feinwurzelmassen in den verschiedenen Horizonten	69
3.1.4.2.1	<i>Pinus sylvestris</i>	70
3.1.4.2.2	<i>Quercus spec.</i>	71
3.1.4.2.3	<i>Prunus serotina</i>	73
3.1.4.3	Wurzelspitzendichten in den verschiedenen Horizonten	74
3.1.4.4	Spezifische Wurzelspitzenhäufigkeit	76
3.1.4.5	Feinwurzelparameter und abiotische Faktoren	77
3.1.4.5.1	Jahresgänge der Bodentemperatur	77
3.1.4.5.2	Bestandesniederschlag und Bodenwasserspannung	78
3.1.4.5.3	Wurzelparameter und abiotische Faktoren im Tiefenprofil	80
3.1.4.5.4	Feinwurzelparameter und Bodenwasserspannung im Mikrorelief	84
3.2	Einwachszyylinder-Methode	87
3.2.1	Entwicklung der Gesamtfeinwurzelbiomasse im Tiefenprofil	87
3.2.2	Entwicklung der Feinwurzelfraktionen in den Tiefenstufen	89
3.2.3	Entwicklung spez. Wurzellänge und spez. Wurzelspitzenzahl	92
3.2.4	Gesamtfeinwurzelbiomasse auf der Fläche	93
3.2.5	Produktionsabschätzung	95
3.3	Methoden-Vergleich: <i>Sequential-/ingrowth cores</i>	96
3.3.1	Feinwurzelbiomasse	96

3.3.2	Wurzelspitzendichte	97
3.3.3	Spezifische Wurzellänge (SRL)	98
3.4	Experimenteller Ansatz	99
3.4.4	Bodenparameter	99
3.4.4.1	Bodenlösungsmenge	99
3.4.4.2	pH-Wert	99
3.4.4.3	Pb-Konzentration	100
3.4.4.4	Al-Konzentration	101
3.4.4.5	Ca/Al Verhältnis	101
3.4.4.6	NO ₃ -Konzentration	102
3.4.5	Feinwurzelparameter	102
3.4.5.1	Einfluß der Lysimeter auf die Wurzelentwicklung	102
3.4.5.2	Feinwurzelbio- und Feinwurzelnekromasse	102
3.4.5.3	Anteil lebender Wurzeln	103
3.4.5.4	Wurzelspitzenzahl	104
3.4.5.5	Spez. Wurzelspitzenzahl	105
3.5	Feinwurzelverteilung in Bestandesbereichen unterschiedlicher Eichen- etablierung	106
4	Diskussion	111
4.1	Bestandesvorräte an Feinwurzeln	111
4.1.1	Vergleich mit anderen Waldökosystemen	111
4.1.2	Einflußfaktoren	116
4.2	Struktur und Verteilung des Feinwurzelsystems	120
4.2.1	Struktur und Verteilung der Feinwurzelssysteme der Arten	124
4.2.1.1	Merkmale der Feinwurzelssysteme	124
4.2.1.2	Vertikale Verteilung	125
4.2.1.3	Horizontale Verteilung	129
4.3	Dynamik der Feinwurzeln und ihre Ursachen	131
4.3.1	Dynamik von Feinwurzelparametern und abiotischen Faktoren	131
4.3.2	Feinwurzellevensdauer als Schlüsselgröße der Dynamik	135
4.3.3	Dekompositionsraten und Feinwurzelndynamik	138
4.3.4	Unterschiede in der Dynamik der Untersuchungsjahre	139
4.4	Methodische Ansätze zur Produktionsberechnung	140
4.4.1	Produktionsberechnung	142
4.4.2	Produktion der Feinwurzelfractionen im Tiefengradienten	145
4.4.3	Produktion der Feinwurzelfractionen im Gesamtprofil	147
4.4.4	Bewertung der Berechnungsverfahren	148
4.4.4.1	Umsatzraten	149
4.4.4.2	C-Budget	151
4.4.5	Vergleich der Untersuchungsjahre	154
4.4.6	Methodenvergleich (<i>Sequential coring, ingrowth cores</i>)	154
4.4.7	Vergleich mit anderen Waldökosystemen	155
4.5	Anteil der Feinwurzeln an der Biomasseallokation	156
4.6	Methodenvergleich: <i>sequential coring/ingrowth cores</i>	160
4.7	Rolle der Feinwurzeln bei der Etablierung der Eichen	163
4.8	Einordnung der Traubenkirsche	168
5	Schlußfolgerungen	171
6	Zusammenfassung	175
7	Summary	177
	Literaturverzeichnis	179