

Technische Universität München
Department für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung
Fachgebiet Technik im Pflanzenbau und Landschaftspflege

Bewertung von Scheitholzproduktionsverfahren unter arbeitswissenschaftlichen, energetischen und ökonomischen Aspekten

Alexander Höldrich

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Faulstich
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. agr., Dr. agr. habil. H. Auernhammer
2. Univ.-Prof. Dr. rer. silv., Dr. rer. silv. habil., Dr. h. c. G. Wegener

Die Dissertation wurde am 22.11.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 11.03.2007 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis		7
Abbildungsverzeichnis.....		11
Tabellenverzeichnis		17
Abkürzungen.....		20
1 Einleitung.....		23
2 Problemstellung.....		27
3 Zielsetzung		31
4 Methoden		35
4.1 Arbeitszeitbedarfsbestimmung.....		35
4.1.1 Die Methode nach REFA		35
4.1.2 Verwendete Hilfsmittel.....		36
4.1.3 Die Definitionen der einzelnen Arbeitsablaufabschnitte.....		38
4.1.3.1 Untersuchungen zur Brennholzernte (Selbstwerber).....		39
4.1.3.2 Untersuchung zur Scheitholzaufbereitung.....		41
4.2 Bestimmung der Arbeitsschwere		45
4.2.1 Befragung von Experten und Laien.....		45
4.2.2 Bestimmung der Arbeitsschwere nach OWAS.....		45
4.3 Bestimmung des Energieverbrauchs bei der Scheitholzproduktion.....		50
4.4 Bestimmung von Raummaßen für Scheitholz.....		52
4.4.1 Untersuchte Raummaße.....		52
4.4.2 Verwendete Messgeräte.....		54
4.4.3 Untersuchte Holzarten und Aufbereitungen.....		55
4.4.4 Versuchsplan und Messdurchführung		56
4.5 Bestimmung der Lagerungsverluste und der Wassergehaltsänderungen.....		61
4.5.1 Verwendete Holzarten und Sortimente.....		61
4.5.2 Lagergestaltung		61
4.5.3 Lagerstandorte und Versuchsdurchführung.....		63
4.5.4 Probenahme und Messmethodik.....		64
4.5.4.1 Erforderliche Trocknungsdauer (Vorversuch).....		65
4.5.4.2 Probenahme zur Wassergehaltsbestimmung (Vorversuch).....		65
4.5.4.3 Wassergehaltsbestimmung im einzelnen Scheit (Vorversuche).....		67
4.5.4.4 Die wiederkehrende Gewichtsbestimmung		70
4.5.4.5 Parallelmessung des Wassergehalts in einzelnen Scheiten		71
4.5.4.6 Schlussmessung nach zwei Jahren Lagerdauer		71
4.5.4.7 Visuelle Kontrolle.....		72
4.5.5 Datenauswertung		72

5	Ergebnisse	75
5.1	Arbeitszeitbedarf für die Brennholzbereitstellung.....	75
5.1.1	Zeitbedarf bei der Jungdurchforstung (Brennholzernte)	75
5.1.1.1	Die Verteilung der Arbeitsablaufabschnitte	77
5.1.1.2	Die Zyklusdauer bei der Jungdurchforstung	80
5.1.1.3	Der spezifische Zeitbedarf bei der Holzernte	81
5.1.1.4	Die Arbeitsproduktivität.....	82
5.1.2	Zusammenfassung der Ergebnisse der Teilstudien der Holzernte.....	83
5.1.3	Zeitbedarf bei der Brennholzaufbereitung.....	87
5.1.3.1	Spalten mit der Axt oder dem Spalthammer	87
5.1.3.2	Spalten mit kleinem Senkrechtpalter	90
5.1.3.3	Spalten mit großem Senkrechtpalter.....	96
5.1.3.4	Spalten großem Waagrechtpalter	103
5.1.3.5	Sägen und Spalten mit der kleinen kombinierten Säge-Spaltmaschine.....	109
5.1.3.6	Sägen und Spalten mit der großen kombinierten Säge-Spaltmaschine	116
5.1.3.7	Trennschnitte mit der Brennholz-Kreissäge	121
5.1.3.8	Schichten und Laden von Scheitholz	124
5.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Brennholzaufbereitung.....	126
5.2	Ergebnisse der Arbeitsschwereuntersuchung.....	129
5.2.1	Befragung zur Arbeitsschwere	129
5.2.2	Arbeitsschwereindex nach der OWAS-Methode	130
5.2.2.1	Holzernte	131
5.2.2.2	Spalten mit der Axt.....	132
5.2.2.3	Senkrechtpalter	132
5.2.2.4	Waagrechtpalter	133
5.2.2.5	Kleine kombinierte Säge-Spaltmaschine.....	133
5.2.2.6	Große kombinierte Säge-Spaltmaschine	134
5.2.2.7	Brennholzkreissäge.....	135
5.2.2.8	Zubringen von Holz.....	135
5.2.2.9	Schichten in Stapeln und Bündelhilfen	136
5.2.3	Reproduzierbarkeit und Repräsentativität der Bestimmungsmethode nach OWAS	137
5.2.4	Zusammenstellung und -Vergleich.....	139
5.2.5	Versuch einer Klassifizierung der Belastungsindizes	140
5.3	Ergebnisse zu den Energieverbrauchsmessungen	142
5.3.1	Kraftstoffverbrauch der Motorsäge bei der Holzernte	142
5.3.2	Stromverbrauch beim kleinen Senkrechtpalter	143
5.3.3	Dieserverbrauch beim großen Senkrecht- und Waagrechtpalter.....	143
5.3.4	Dieserverbrauch bei der kombinierten Säge-Spaltmaschine	145
5.3.5	Stromverbrauch beim Einsatz der Brennholzkreissäge	145
5.3.6	Tatsächliche Leistungsaufnahme elektrisch betriebener Geräte	146
5.4	Trocknungsverlauf bei der Lagerung.....	149
5.4.1	Jahreszeitliche Einflüsse.....	149
5.4.2	Vergleich der Versuchsjahre 2003/2004 (Wettereinfluss)	152
5.4.3	Einfluss des Lagerstandorts (Klima)	156
5.4.4	Einfluss der Aufbereitungs- und Lagerarten	158
5.5	Wassergehaltsverlauf in einem Holzsplit im Jahresverlauf.....	163
5.6	Der Trockenmasseverlust des Scheitholzes bei der Lagerung	166
5.7	Dichteunterschiede innerhalb der gelagerten Holzarten	168

5.8	Umrechnungsfaktoren für Brennholzsortimente	172
5.8.1	Ergebnisse der Stapelversuche	172
5.8.2	Vergleich mit Literaturangaben.....	177
5.8.3	Fehlerbetrachtungen	181
5.9	Prozesskettenanalyse	183
5.9.1	Ergebnisse der Befragung von Selbstwerbern.....	183
5.9.2	Identifikation von Grundverfahren (Modellverfahrensketten)	186
5.9.3	Arbeitszeitbedarf in den Prozessketten.....	189
5.9.4	Arbeitsschwere in den Prozessketten	192
5.9.5	Spezifischer Energieaufwand in den Prozessketten	194
5.9.6	Bereitstellungskosten in den Prozessketten	197
5.9.6.1	Maschinenkostenberechnung.....	197
5.9.6.2	Spezifische Energiekosten der Prozessketten.....	200
5.9.6.3	Gesamtkosten in den Prozessketten.....	201
5.9.7	Prozesskettenvergleich	206
6	Schlussfolgerungen	209
7	Zusammenfassung.....	213
8	Abstract.....	217
9	Literaturverzeichnis	219
10	Anhang	223
10.1	Arbeitsablaufabschnitte und Beschreibungen der einzelnen Zeitstudien	223
10.2	Fragebogen für die Selbstwerber im Staatswald bei Freising.....	240
10.3	Gewichte verschiedener Raummeterbündel	242
10.4	Tabellen der Volumenbestimmungsergebnisse.....	243