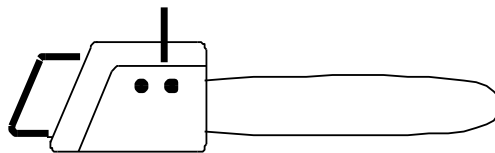


Produktivitätsmodell „Holzhauerei motormanuell“

Teil A: Grundlagen

Renato Lemm
Fritz Frutig
Dario Pedolin
Oliver Thees (Leitung)



FE Waldressourcen und Waldmanagement
Gruppe „Forstliche Produktionssysteme“
Eidg. Forschungsanstalt WSL
29. Juli 2018

Das Produktivitätsmodell "Holzhauerei motormanuell" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen der Holzernte, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt wurden (Erni et al., 2003) und unter dem Namen „HeProMo“ auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell „Holzhauerei motormanuell“ wurde im Jahr 2014 erstellt und 2017 überarbeitet. „Teil A“ des Dokumentes beschreibt das abgebildete Ernteverfahren und „Teil B“ die statistische Herleitung des Modells.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	F. Frutig, R. Lemm, D. Pedolin, O. Thees	17.12.2014	
1.01	R. Lemm	17.12.2017	Neues Modell (BHD 15cm-35cm)
	F. Frutig	29.06.2018	Redaktionelle Änderungen

Inhaltsübersicht

Grundlagen.....	4
1.1 Entstehung und Verwendung.....	4
1.2 Beurteilung und besondere Schwierigkeiten	4
2 Produktionssystem - Beschreibung.....	4
2.1 Produktionsfaktoren	4
2.2 Produktionsprozess	4
2.3 Arbeitsablauf	5
2.4 Input/Output - Zustand	5
2.4.1 Input	5
2.4.2 Output	5
2.5 Arbeitsbedingungen	5
2.5.1 Technik und Personal	5
2.5.2 Gelände und Erschliessung	5
2.5.3 Bestand.....	5
2.6 Berechneter Output	6
3 Produktionssystem – mathematische Darstellung	6
3.1 Systemübersicht	6
3.2 Einflussgrößen	6
3.3 Zeitsystem und Umrechnungen im Produktivitätsmodell „Holzhauerei motormanuell“	8
3.3.1 Zeitsystem	8
3.3.2 Berechnung der System- und Faktorzeiten pro m ³ o.R.	10
4 Berechnung von Zeitbedarf und Kosten	10
4.1 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m ³ o.R.	10
4.2 Kosten der Produktionsfaktoren pro m ³ o.R.	11
5 Abkürzungen und Definitionen.....	11
6 Ergebnisse	12
6.1 Modellergebnisse„Holzhauerei motormanuell“ für Baumartengruppen.....	12
6.2 Vergleich mit bestehendem HeProMo.....	13
6.3 Vergleich der Modellprognosen mit dem Hochgebirgstarif HGT	14
6.4 Vergleich mit gemessenen Produktivitäten bei Einzelbäumen	15
7 Beurteilung der Qualität des Modells „Holzhauerei motormanuell“ (Erstellungsjahr 2017)	17
8 Literaturverzeichnis	18

Wichtig für die Anwendung

In diesem Grundlagenbericht wird der Masseinheit m^3 für die Holzvolumina (z. B. Holzmenge, Volumenmittelstamm) der Zusatz o.R. (ohne Rinde) angefügt. Die Produktivitäten wurden jeweils auf das vermessene Holz bezogen, d.h. „ohne Rinde“. Um den Gesamtaufwand zu berechnen, muss auch die aufzuarbeitende Holzmenge auf „ohne Rinde“ umgerechnet werden.

Für die Umrechnung von Holzmenge und Volumenmittelstamm gilt:

$$\text{Holzmenge}_{\text{ohne Rinde}} = K_{BA} * \text{Holzmenge}_{\text{in Rinde}}$$

Umrechnungsfaktoren K_{BA} vom Zustand „in Rinde“ in den Zustand „ohne Rinde“:

Fichte/Tanne:	= 0.88
Föhre:	= 0.87
Lärche:	= 0.87
Buche:	= 0.92
Esche:	= 0.86
Ahorn:	= 0.90
Eiche:	= 0.85 ¹

Quelle:

http://bfw.ac.at/ort1/Vortraege_als_pdf/Vortraege_Neueinsteiger/Holzmessen_Neueinsteiger.pdf

3.Juli 2014

¹ Im Modell: Fi/Ta 0.88; Fö 0.87; Laubholz 0.90 (gewichtet nach LFI)

Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung

Das bisherige Komponentenmodell für die motormanuelle Holzhauerei stützt sich auf Pfeiffer et al. (1978). Aus dem baumbezogenen Akkordtarif des deutschen Holzerntetarifes (HET) von 1971 wurden sortimentsbezogene Richtwerte für die Schweiz hergeleitet. Diese wurden mit umfangreichen, schlagweise durchgeführten Zeitstudien aus der Schweiz überprüft, angepasst und ergänzt. Die Richtwerttabellen eignen sich für die Vorkalkulation spezifischer Holzschläge. Sie liefern nach Baumartengruppen gegliederte Grundzeiten für die motormanuelle Aufarbeitung bestimmter Holzsortimente. Diese Grundzeiten werden mit Multiplikationsfaktoren für die Merkmale des Geländes, der Bäume und der Holzsorten sowie mit absoluten Zeitzuschlägen für bestimmte Arbeiten den spezifischen Verhältnissen angepasst.

Die Grundlagendaten, auf denen die Richtwerttabellen basieren, sind inzwischen schon über 40 Jahre alt. Eine Überarbeitung war deshalb zwingend.

Das vorliegende Modell liefert Produktivitätsangaben für die motormanuelle Holzhauerei. Das Modell basiert auf Analysen der Leistungsabrechnungen von 21'879 Holzschlägen mit rund 8 Mio. m³ aufgearbeitetem Holz aus Forsttechnischen Stützpunkten aus Deutschland. Die Daten stammen aus 3 verschiedenen Höhenstufen und umfassen unterschiedliche Laubholzanteile. Die Anwendbarkeit der Modelle für Schweizer Verhältnisse wurde bisher erst mit einigen Daten von Einzelbäumen aus Schweizer Forstbetrieben überprüft (siehe Kap. 6). Als Haupteingangsgrößen für das neue Modell dienen der mittlere Bruthöhendurchmesser BHD_{MIT}, die Region sowie der Volumenanteil Laubholz. Für die Region werden zwei Höhenstufen unterschieden (Flach- und Mittelland; Gebirge). Bei den berechneten Zeitaufwänden bzw. Produktivitäten handelt es sich um Arbeitsplatzzeiten (PSH=Productive System Hours gemäss Zeitsystem Kap. 3.3).

1.2 Beurteilung und besondere Schwierigkeiten

- Während die grosse Anzahl einzelner Schläge aus unterschiedlichen Regionen eine gute Basis für die Modellierung bietet, setzen die fehlenden Informationen zu den topografischen und meteorologischen Erschwernissen der Genauigkeit der geschätzten Produktivitäten im einzelnen Holzschlag Grenzen.
- Die Datengrundlage, welche zu Entlohnungszwecken erstellt wurde, enthält den Mittendurchmesser des liegenden Stammes. Ein Modell zur Produktivitätsschätzung muss jedoch mit bekannten Eingangsgrößen arbeiten, wie hier dem mittleren BHD des entnommenen Holzes. Um aus dem Mittendurchmesser den BHD zu errechnen, wurde eine Umrechnungsformel von Krüke und Möhring (2003) verwendet.
- Die Regionen sind sehr grob aufgeteilt und umfassen jeweils eine Vielzahl von individuellen Standorten, die sich innerhalb einer Region stark unterscheiden können.

2 Produktionssystem - Beschreibung

2.1 Produktionsfaktoren

Das betrachtete System umfasst einen Motorsägenführer mit Motorsäge.

Gearbeitet wurde vermutlich mehrheitlich in 2- oder 3-Mann Gruppen (Arbeitssicherheit).

2.2 Produktionsprozess

Die Bäume werden gefällt, entastet und in der Regel im Bestand in Sortimente aufgeteilt und vermessen. Vermutlich wurden mehrheitlich Doppellängen (8-10 m) für das Rücken mit Schlepper ausgehalten, hierzu sind keine näheren Angaben bekannt.

Der Prozess umfasst folgende Arbeiten:

- Wegzeiten zwischen den zu fällenden Bäumen
- Fällen
- Abzopfen (Abschneiden der Krone)
- Entasten (Abschneiden der Äste)
- Einschneiden in Sortimentstücke im Bestand oder am Lagerplatz
- Vermessen und Anschreiben

2.3 Arbeitsablauf

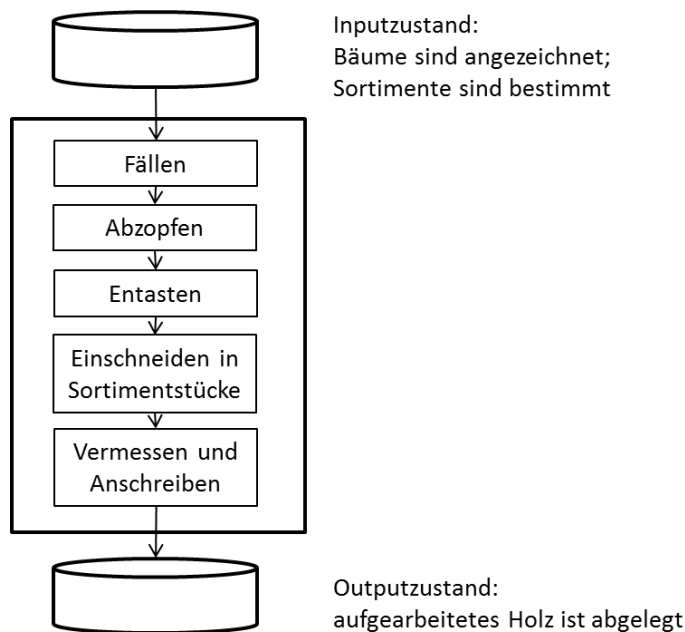


Abbildung 1: Prozess motormanuelle Holzernte - Schnittstellen und Teilprozesse.

2.4 Input/Output - Zustand

2.4.1 Input

- Die zu fällenden Bäume sind markiert (evtl. ist ein Anzeichnungsprotokoll vorhanden). Die Sortimente sind nach Abmessungen und Qualitäten festgelegt.

2.4.2 Output

- Das aufgearbeitete Holz ist abgelegt.

2.5 Arbeitsbedingungen

2.5.1 Technik und Personal

Es wird mit der Motorsägenarbeit vertrautes Personal eingesetzt.

2.5.2 Gelände und Erschliessung

- keine Einschränkungen, Gelände begehbar
- Behinderungen durch Gelände und Bewuchs möglich

2.5.3 Bestand

- keine besonderen Erfordernisse an den Waldbestand bzw. an waldbauliche Massnahmen

2.6 Berechneter Output

- Produktivität in $\text{m}^3 \text{o.R./WPSH}$ (Systemstunde=Arbeitsplatzzeit)

3 Produktionssystem – mathematische Darstellung

3.1 Systemübersicht

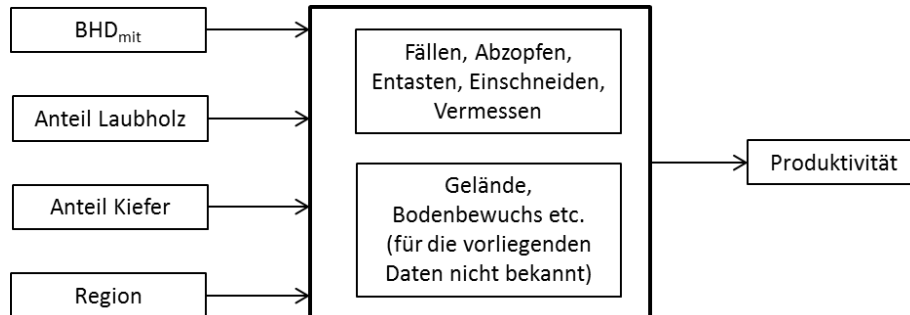


Abbildung 2: Übersicht zum Produktionssystem "Holzhauerei motormanuell" (mittlerer BHD des Holzschlages in cm, Anteil Laubholz (0..1), Anteil Kiefer (0..1), Region (Gebirge, Flach-/Hügelland). Produktivität in ($\text{m}^3 \text{o.R./WPSH}$).

3.2 Einflussgrößen

- BHD_{mit}: Stammdurchmesser auf Brusthöhe. Der BHD_{mit} beeinflusst die Produktivität über den Zusammenhang zwischen BHD_{mit} und Mittelstammvolumen. Da die Tarife nicht bekannt sind, muss dieser Zusammenhang für verschiedene Baumarten bzw. Höhenstufen korrigiert werden.
- Anteil Laubholz: Der Anteil Laubholz korrigiert die aus dem BHD_{mit} berechnete Produktivität.
- Anteil Kiefer: Der Anteil Kiefer korrigiert die aus dem BHD_{mit} berechnete Produktivität.
- Region: Die Region korrigiert den Einfluss der Höhenstufe (mit zunehmender Höhe nimmt das Mittelstammvolumen bei gleichbleibendem BHD_{mit} ab) und die Erschwernisse wegen zunehmender Hangneigung mit der Höhenstufe zu. Produktivität in $\text{m}^3 \text{o.R. pro Stunde Arbeitsplatzzeit}$.

Die Formel für das 'Produktivitätsmodell "Holzhauerei motormanuell" lautet:

Falls $BHD_{mit} > 100 \text{ cm}$ erfolgt keine Berechnung

Falls $BHD_{mit} \geq 15 \text{ cm}$ und $< 35 \text{ cm}$

wird das neue Modell an die Richtwerttabelle für die Holzhauerei (1978) angepasst)

$$\text{Produktivität der Gruppe} = \left(\frac{P(35) - k_{Baumart}}{35 - 15} \right) \times (BHD_{mit} - 15) + k_{Baumart}$$

$k_{Baumart}$ = An die Richtwerttabellen (Pfeiffer et al 1978) angepasste Werte für $BHD_{mit} = 15 \text{ cm}$

Im Flach/Hügel gilt für $k_{Baumart}$

$$k_{Fi/Ta} = 0.86 \times \text{Anz_Pers}$$

$$k_{Fö/La} = 0.94 \times \text{Anz_Pers}$$

$$k_{Laubholz} = 1.54 \times \text{Anz_Pers}$$

Im Gebirge gilt für $k_{Baumart}$

$$k_{Fi/Ta} = 0.52 \times \text{Anz_Pers}$$

$$k_{Fö/La} = 0.63 \times \text{Anz_Pers}$$

$$k_{Laubholz} = 1.18 \times \text{Anz_Pers}$$

$$P(35) = \text{Anz_Pers}$$

$$\times (a + b_{Region} + c \times \ln(35) + d \times \text{Laubholzanteil} + e \times \text{Kieferanteil} + f_{Region} \times \ln(35) + g \times \ln(35) \times \text{Laubholzanteil} + h \times \ln(35) \times \text{Kieferanteil})$$

Falls Hügelland und $BHD_{mit} > 90 \text{ cm}$ (konstante Produktivität bei 90 cm)

Produktivität der Gruppe

$$= \text{Anz_Pers} \times (a + b_{Hügelland} + c \times \ln(90) + d \times \text{Laubholzanteil} + e \times \text{Kieferanteil} + f_{Hügelland} \times \ln(90) + g \times \ln(90) \times \text{Laubholzanteil} + h \times \ln(90) \times \text{Kieferanteil})$$

Falls Gebirge und $BHD_{mit} > 75 \text{ cm}$ (konstante Produktivität bei 75 cm)

Produktivität der Gruppe

$$= \text{Anz_Pers} \times (a + b_{Gebirge} + c \times \ln(75) + d \times \text{Laubholzanteil} + e \times \text{Kieferanteil} + f_{Gebirge} \times \ln(75) + g \times \ln(75) \times \text{Laubholzanteil} + h \times \ln(75) \times \text{Kieferanteil})$$

Falls $BHD_{mit} \leq 15 \text{ cm}$

Für Holzhauerei mit $BHD_{mit} < 15 \text{ cm}$ erfolgt keine Berechnung, Pflegeeingriff

sonst

Produktivität der Gruppe

$$= \text{Anz_Pers} \times (a + b_{Region} + c \times \ln(BHD_{mit}) + d \times \text{Laubholzanteil} + e \times \text{Kieferanteil} + f_{Region} \times \ln(BHD_{mit}) + g \times \ln(BHD_{mit}) \times \text{Laubholzanteil} + h \times \ln(BHD_{mit}) \times \text{Kieferanteil})$$

$$\text{Einheit der Produktivität: } \left[\frac{\text{m}^3 \text{ o. R.}}{\text{WPSH}} \right]$$

$\text{Laubholzanteil} + \text{Kieferanteil} \text{ immer } \leq 1.0$

Tabelle 1: Koeffizienten für das Produktivitätsmodell "Holzhauerei motormanuell".

Koeffizienten	Zugehörige Variable	Wert	Einheiten
a	Konstante	-8.8441	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH}\right]$
c	BHD_{mit} des Holzschlages	2.7332	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH \times \ln(BHD_{mit})}\right]$
d	Anteil Laubholz	2.5214	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH}\right]$
e	Anteil Kiefer	-1.3273	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH}\right]$
Falls Region Gebirge			
$b_{Gebirge}$	Gebirge	0	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH}\right]$
$f_{Gebirge}$	Gebirge	0	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH \times \ln(BHD_{mit})}\right]$
Falls Region Flach- und Hügelland			
$b_{Hügelland}$	Flach- und Hügelland	1.5564	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH}\right]$
$f_{Hügelland}$	BHD_{mit} und Flach- und Hügelland	-0.1601	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH \times \ln(BHD_{mit})}\right]$
g	BHD_{mit} und Anteil Laubholz	-0.3171	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH \times \ln(BHD_{mit})}\right]$
h	BHD_{mit} und Anteil Kiefer	0.4712	$\left[\frac{m^3 o.R.}{WPSH \times \ln(BHD_{mit})}\right]$

Tabelle 2: Variablen für das Produktivitätsmodell "Holzhauerei motormanuell". Die minimalen (Min) und maximalen (Max) Werte geben die unteren und oberen Grenzen der Variablen an. Insbesondere die obere Grenze für die Variable BHD_{mit} wird durch die vorhandenen Daten eingeschränkt.

Variable	Einheiten	Min	Max
Mittlerer BHD (BHD_{mit}) des Holzschlages	[cm.]	12	100
Anteil Laubholz	[-.]	0	1
Anteil Kiefer	[-.]	0	1
Region	[-.]	Hügelland	Gebirge

Für BHD_{mit} zwischen 35 und 15 cm wird die Produktivitätskurve durch eine Gerade, welche für BHD_{mit} 15 cm durch den Punkt $k_{Bauamart}$ verläuft, ersetzt. Für $BHD_{mit} > 90$ cm im Flach- und Hügelland sowie $BHD_{mit} > 75$ cm im Gebirge wird die maximale Produktivität auf den Werten für $BHD_{mit}=90$ cm resp. 75 cm konstant gehalten. Diese Obergrenzen der Produktivität entsprechen Erfahrungswerten. Für $BHD_{mit} > 100$ cm und < 15 cm werden keine Produktivitäten berechnet.

3.3 Zeitsystem und Umrechnungen im Produktivitätsmodell "Holzhauerei motormanuell"

3.3.1 Zeitsystem

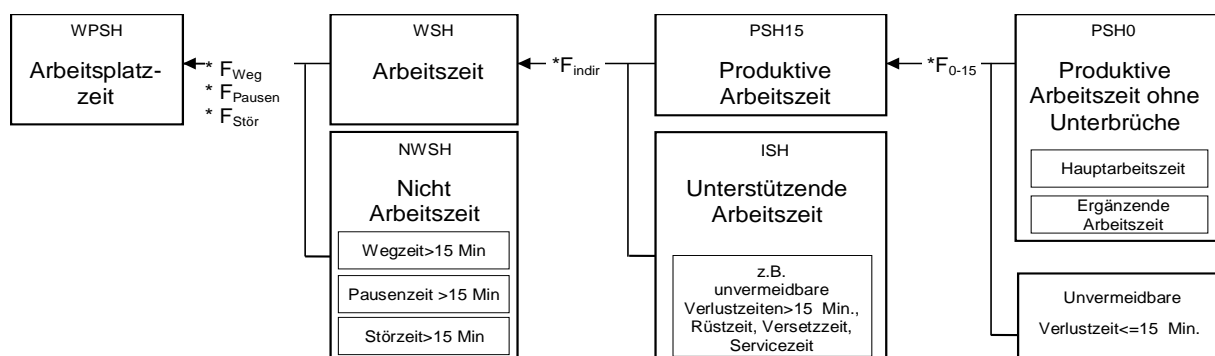


Abbildung 3: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 3 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Maschinen, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, von der Maschinen- oder von der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	w orkplace...	n on w ork...	w ork...	i ndirect...	p roductive...
System (... s ystem h our)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (... m achine h our)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (... p ersonal h our)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.3.2 Berechnung der System- und Faktorzeiten pro m³ o.R.

System:

$$WPSH = 1 / \text{Produktivität}$$

Personal:

$$WPPH = \text{Anz_Pers} \times WPSH = \text{Anz_Pers} \times 1 / \text{Produktivität}$$

Maschinen:

$$PMH_{15} = \frac{\text{Anz_Pers} \times WPSH}{F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{Stör}}$$

In F_{indir} sind die unvermeidbaren Verlustzeiten > 15 Min, wie Rüstzeit, Umsetzzeit, Servicezeit enthalten.

F_{indir} = frei wählbar; im Modell 1.4

$$F_{Weg} = 1 + \frac{\text{bezahlte Wegzeit pro Tag}}{\text{bez. WSH (Arbeitszeit) pro Tag}}$$

$$F_{Pausen} = 1 + \frac{\text{bez. Pausenzeiten pro Tag}}{\text{bez. WSH (Arbeitszeit) pro Tag}}$$

$$F_{Stör} = 1 + \frac{\text{Störzeiten > 15 Min}}{WSH}$$

4 Berechnung von Zeitbedarf und Kosten

4.1 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³ o.R.

Tabelle 4: Formeln zur Berechnung des Zeitbedarfs der Produktionsfaktoren pro m³.

Input		Formel	Output	
Produktivität	$\left[\frac{m^3 \text{ o. R.}}{WPSH} \right]$	$WPSH = 1 / \text{Produktivität}$ $PMH_{15} = \frac{\text{Anz_Pers} \times 1 / \text{Produktivität}}{(F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{Stör})}$	WPSH	$\left[\frac{Std}{m^3 \text{ o. R.}} \right]$
			PMH ₁₅	$\left[\frac{Std}{m^3 \text{ o. R.}} \right]$
Faktoren:				
F_{indir}	[-]	F_{indir} = frei wählbar; im Modell 1.4		
F_{Weg}	[-]	$F_{Weg} \times F_{Pausen}$ = ist frei wählbar; im Modell $\frac{540 \text{ Min}}{(540-60) \text{ Min}} = 1.125$ als Default eingesetzt		
F_{Pausen}	[-]			
$F_{Stör}$	[-]	$F_{Stör}$ = frei wählbar; im Modell 1.00 als Default		

4.2 Kosten der Produktionsfaktoren pro m³ o.R.

Kosten Motormanuelle Holzhauerei

$$= WPSH \times \left[\sum_{i=1}^4 \text{Einsatzanteil Arbeiter } i / 100 \times \text{Kostenansatz Arbeiter } i \right] + PMH_{15} \\ \times \text{Motorsägenkostenansatz}$$

Legende:

Kosten „Holzhauerei motormanuell“ pro m³ o.R. : *Gesamtkosten pro m³ für die motormanuelle Holzhauerei*

WPPH: *Arbeitsplatzzeit des Personals*

Einsatzanteil Arbeiter i: *Anteil von Arbeiter i in % des Zeiteinsatzes*

Kostenansatz Arbeiter i: *Personaleinzel- und Personalgemeinkosten von Arbeiter i pro Stunde*

PMH₁₅: *Produktive Motorsägenarbeitszeit mit Unterbrechungen <15 Min*

Motorsägenkostenansatz: *Motorsägenkosten pro Stunde (dieser Ansatz wird aus der üblichen Angabe der Kosten/Liter Motorsägenbenzin hergeleitet)*

5 Abkürzungen und Definitionen

Tabelle 5: Abkürzungen und Definitionen für das Modell "Holzhauerei motormanuell".

Abkürzung	Definition	Default	Def. Bereich	Einheit
Anteil Föhre	Anteil Föhre		0 bis 1	[-]
Anteil Laubholz	Anteil Laubbäume		0 bis 1	[-]
Anz_Pers	Anzahl Personen resp. Motorsägen, die bei der jeweiligen Aktivität (Fällen, Entasten,..etc.) zum Einsatz gelangen.		≥ 0	[-]
<i>BHD_{mit}</i>	Arithmetisches Mittel der Brusthöhendurchmesser der zu fällenden Bäume		≥ 0.0	[cm i.R.]
Faktoren <i>F_{indir}</i> <i>F_{Pause}</i> <i>F_{Weg}</i> <i>F_{Stör}</i>	Multiplikationsfaktoren für indirekte Arbeitszeiten Pausen >15 Min. Wegzeiten >15 Min. Im Modell $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.125$ Störzeiten >15 Min.	1.40 1.125 1.00	≥1.0	[-]
<i>K_{BA}</i>	Umrechnungsfaktor für das Umrechnen von m ³ in Rinde in m ³ ohne Rinde der entsprechenden Baumartengruppe (Rindenfaktor)		<1.0	[-]
<i>k_{Baumart}</i>	An die Richtwerttabellen (Pfeiffer et al 1978) angepasste Produktivitäts – Werte für $BHD_{mit} = 15 \text{ cm}$			$\left[\frac{m^3 \text{ o. R. }}{WPSH} \right]$
m ³ o.R.	Entspricht dem Festmeter ohne Rinde. Dieses Holzvolumen stehender Bäume wird aus dem BHD_{mit} mittels eines Tarifes geschätzt.		≥ 0	[m ³]

PMH_{15}	Produktive Motorsägezeit mit Unterbrüchen < 15 Min pro m^3 o.R.			$\left[\frac{h}{m^3 \text{ o.R.}} \right]$
Produktivität	Aufgearbeitetes Holzvolumen in m^3 ohne Rinde pro Stunde (Arbeitsplatzzeit)			$\left[\frac{m^3 \text{ o.R.}}{WPSH} \right]$
Region	Beschreibt den Wuchsbezirk. Region ist zugleich ein Mass für die Hangneigung, Hindernisse und die Höhenlage (m.ü.M.).		Flach- und Hügelland Gebirge	
WPPH	Arbeitsplatzzeit des Personals beim Fällen, Entasten, etc.)		≥ 0	$\left[\frac{h}{m^3 \text{ o.R.}} \right]$
WPSH	Arbeitsplatzzeiten des Sytems beim Fällen, Entasten, etc.)		≥ 0	$\left[\frac{h}{m^3 \text{ o.R.}} \right]$

6 Ergebnisse

6.1 Modellergebnisse“Holzhauerei motormanuell“ für Baumartengruppen

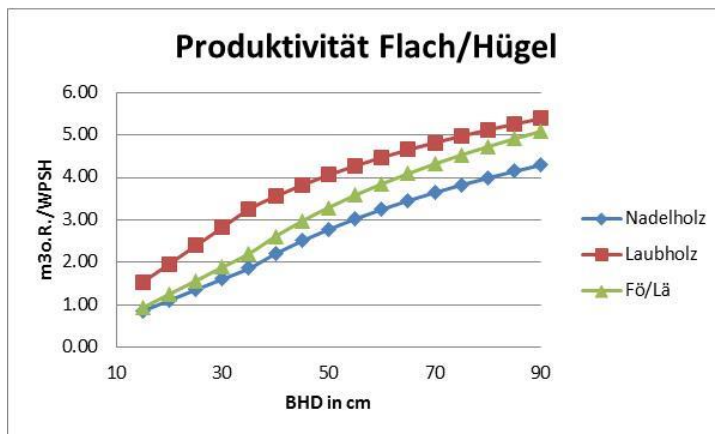


Abbildung 4: Ergebnisse Modell für Flach/Hügel verschiedene Baumartengruppen. Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

Abbildung 4 zeigt die Abhängigkeit der Produktivität vom BHD_{mit} für motormanuelle Holzhauerei im Flach- und Hügel-Gelände für verschiedene Baumartengruppen.

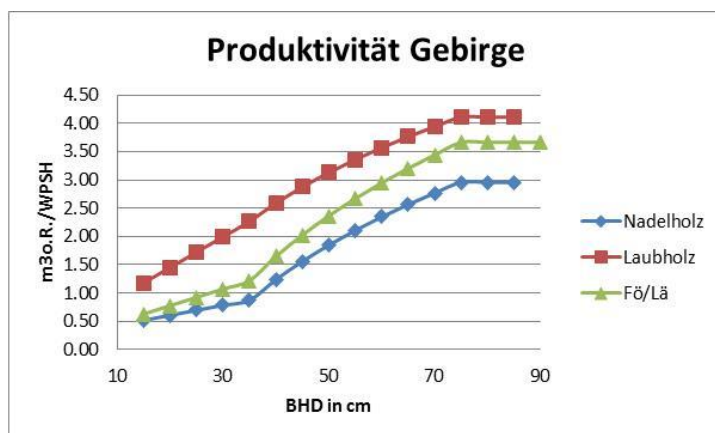


Abbildung 5: Ergebnisse Modell Gebirge für verschiedene Baumartengruppen. Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

Abbildung 5 zeigt die Abhängigkeit der Produktivität vom BHD_{mit} für motormanuelle Holzhauerei im Gebirge für verschiedene Baumartengruppen.

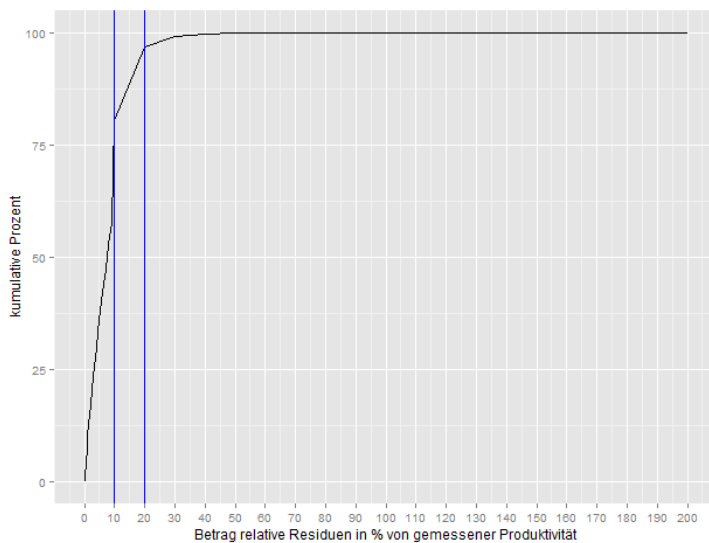


Abbildung 6: Kumulative Verteilung der Beträge der relativen Residuen. Die vertikalen blauen Linien markieren 10 bzw. 20% Abweichung. Bei ca. 80% der Fälle ist der relative Schätzfehler kleiner gleich 10%.

Bei ca. 95% der zur Modellbildung herangezogenen Daten hatte die berechnete Produktivität eine Abweichung von weniger als $\pm 20\%$ zur gemessenen Produktivität (Abbildung 7).

6.2 Vergleich mit bestehendem HeProMo

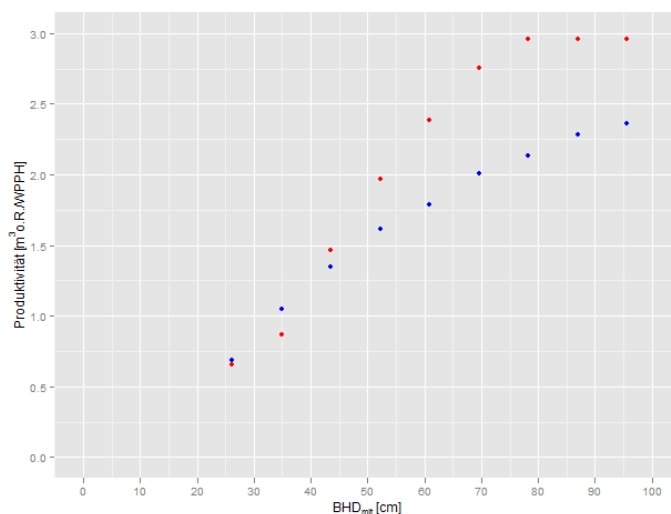


Abbildung 7: Vergleich der Schätzungen des Modells „Holzhauerei motormanuell“ (nachfolgend mmNeu) mit dem alten HeProMo-Modell (nachfolgend mmAlt) für die **Region Gebirge** (Grundlage: Pfeiffer et al., 1978). Die roten Punkte markieren Schätzungen des Modells mmNeu für Fichte im Gebirge (Anteil Laubholz = 0%, Anteil Kiefer = 0%), die blauen Punkte markieren Schätzungen des Modells mmAlt (Fichte, bis 50% Hangneigung, Hindernisse = mässig, 100% Stammholz, 4-6m Länge). Die Produktivitäten des mmAlt wurden auf WPSH umgerechnet. Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

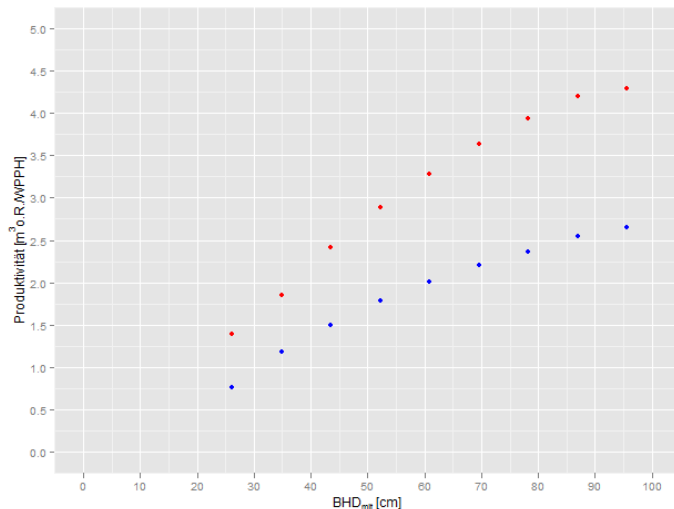


Abbildung 8: Vergleich der Schätzungen des Modells mmNeu mit dem Modell mmAlt für die **Region Hügelland**. Die roten Punkte markieren Schätzungen des Modells mmNeu für Fichte im Hügelland (Anteil Laubholz = 0%, Anteil Kiefer = 0%), die blauen Punkte markieren Schätzungen des Modells mmAlt (Fichte, bis 30% Hangneigung, Hindernisse = gering, 100% Stammholz, 4-6m Länge). Die Produktivitäten des mmAlt wurden auf WPSH umgerechnet. Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

Die durch das Modell mmNeu berechneten Produktivitäten liegen deutlich über den durch das alte Modell mmAlt berechneten Produktivitäten. HeProMo mmNeu liefert

- im Gebirge um ca. 30% höhere Produktivitäten und
- im Hügelland ca. 80% höhere Produktivitäten.

Dieses Ergebnis wurde von seiner Tendenz her erwartet, weil der HeProMo Alt zugrunde liegende Tarif älter als 40 Jahre ist und es auch bei der motormanuellen Holzernte Produktivitätsfortschritte gab. Die Größenordnung des Unterschiedes ist jedoch überraschend hoch.

6.3 Vergleich der Modellprognosen mit dem Hochgebirgstarif HGT

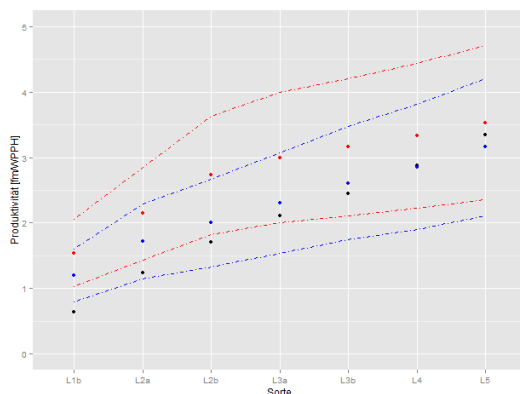


Abbildung 9: Vergleich des neuen HeProMo (nachfolgend mmNeu) mit dem Bayerischen Hochgebirgstarif für Abschnitte unentrindet. Die schwarzen Punkte sind der HGT für Abschnitte > 6m Länge, die blauen Punkte für Abschnitte < 6m Länge. Die gestrichelten Linien markieren den +/- 30% Bereich. Die roten Punkte sind die Schätzungen des Modells mmNeu. Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

Abbildung 10 zeigt, dass das neue Modell für die motormanuelle Holzernte im Gebirge ungefähr dem HGT entspricht. Die geschätzten Produktivitäten von HeProMo mmNeu sind also im Vergleich zum HGT im Falle von Trämlen etwas geringer bzw. entsprechen diesem in etwa und sind im Falle von Doppelträmlen um 40% geringer.

Dieses Ergebnis erscheint in folgender Weise plausibel:

Das neue Modell, welches ja auf bayerischen Ist-Leistungen aus Zeit- und Prämienlohn beruht, liefert geringere Produktivitäten als der Stücklohntarif HGT, welcher als Leistungslohn höhere Anreize zur Leistungshergabe bietet. Das Ergebnis entspricht auch der Einschätzung eines Experten, dass die bayerischen Holzhauer ihre Leistung einer internen Kappungsgrenze der Leistungsvergütung anpassen und damit nicht die Leistungen abliefern, die eigentlich möglich wären.

Für die Anwendung von HeProMo mmNeu im Schweizer Gebirge könnte man annehmen, dass die zu erwartenden Leistungen in dem vom HGT beeinflussten Bereich bzw. etwas unterhalb von dessen Schätzungen liegen. In der Schweiz wird ausschliesslich im Zeitlohn gearbeitet und die Gelände- und Bestandesverhältnisse sind wahrscheinlich im Schweizer Gebirge im Durchschnitt etwas schwieriger.

6.4 Vergleich mit gemessenen Produktivitäten bei Einzelbäumen

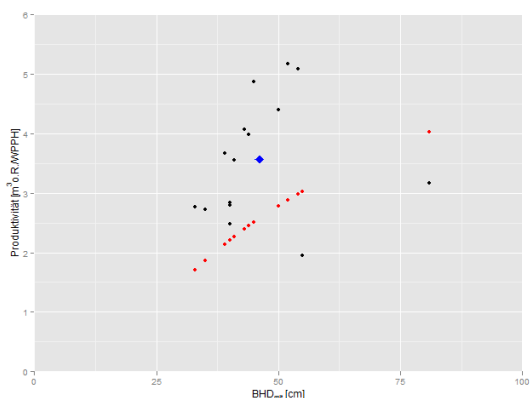


Abbildung 5: Geschätzte und gemessene Produktivitäten von Einzelbäumen aus dem Jahr 2013. Die schwarzen Punkte markieren die gemessenen Produktivitäten [m^3/h], der blaue Punkt markiert den Durchschnitt der gemessenen Produktivitäten, die roten Punkte markieren die durch das Modell mmNeu berechneten Produktivitäten [m^3/h] (Region= Hügelland, Anteil Kiefer = 0, Anteil Laubholz = 0). In den Testdaten wurde nur der BHD_{MIT} [cm] erfasst. Die Mittellstammvolumen wurden mittels Luzerner Tarif III berechnet. Die Zeiten der Testdaten wurden von PSH15 zu WPPH umgerechnet (eine PSH15-Stunde entspricht 1.511 WPPH-Stunden nach HeProMo). Die Produktivitätswerte beziehen sich auf eine Person.

Die geschätzten Produktivitäten von HeProMo mmNeu sind im Vergleich zu den gemessenen (und auf Arbeitsplatzzeiten korrigierten) Produktivitäten der Einzelbäume um 40% geringer. Es wurden ca. 80% Trämel und 20% Doppelträmel aufgearbeitet. Das Modell mmNeu wurde für Schläge bestehend aus vielen Bäumen erstellt (einige Hundert m^3 , im Gegensatz zu einzelnen Bäumen). Die Produktivität eines einzelnen Holzschlages kann stark von den durch das Modell geschätzten Werten abweichen. Der in Abbildung 10 gezeigte Unterschied zwischen Simulation und gemessenen Werten wird darauf zurückgeführt, dass es sich bei den gemessenen Werten um einzelne Bäume und nicht um Schlagmittelwerte handelt. Der Mittelwert der Produktivität über alle Bäume beträgt $3.6 \text{ m}^3/\text{h}$ (WPSH), bei einem BHD_{MIT} von 46 cm. Das Modell sagt bei diesem BHD_{MIT} für einen Fichtenschlag im Hügelland eine Produktivität von $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ voraus (Differenz = $1 \text{ m}^3/\text{h}$ (WPSH) bzw. 42% der geschätzten Produktivität).

7 Beurteilung der Qualität des Modells „Holzhauerei motormanuell“ (Erstellungsjahr 2017)

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	2007 bis 2013	
Technische Aktualität (Verfahren)	<input checked="" type="radio"/> aktuell <input type="radio"/> teilw.veraltet <input type="radio"/> veraltet	
Umfang und Qualität der Datengrundlage	<input checked="" type="radio"/> gross <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> klein	Daten aus 23'458 Holzschlägen aus deutschen Forstbetrieben. Für BHD 15-35 wurden die Produktivitäten angepasst. Das Verhältnis der Produktivitäten nach Pfeiffer et al. (1978) zum neuen Modell wurde im Bereich BHD 35-70 ermittelt und auf den Wert bei BHD 15 übertragen. Durch diesen Punkt wurde die Produktivität gezwungen.
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> schlecht	
Dokumentation der Anwendung	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering	Teil A und B
Modell anhand der Grundlagendaten überprüft	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	Bei 80% der Fälle ist der relative Schätzfehler kleiner gleich 10%. Bei 95% kleiner als 20%.
Detaillierungsgrad des Modells	<input type="radio"/> gut <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering	Anzahl Inputvariablen: 4

Gesamturteil:



X



Beurteilung durch: R. Lemm

Datum: 08. Dezember 2017

8 Literaturverzeichnis

Björheden, R., Apel, K., Shiba, M., Thompson, M. (1995): IUFRO forest work study nomenclature. Swedish University of Agricultural Science. Dept. of Operational Efficiency, Garpenberg.

Erni, V.; Lemm, R.; Frutig, F.; Breitenstein, M.; Riechsteiner, D.; Oswald, K.; Thees, O. (2003): HeProMo – Produktivitätsmodelle für Holzerntearbeiten. Windows-Software. Version 1.01. Eidg. Forschungsanstalt WSL. Birmensdorf.

Heinimann, H.R. (1997): An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Sweden: Skript Forstl. Verfahrenstechnik, ETH Zürich.

Krüke, B., Möhring, B. (2003): Rückrechnung des BHD des ausscheidenden Bestandes als Basisinformation des forstwirtschaftlichen Controllings. Forst und Holz, 19(58):567 – 570.

LWF Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2006): Ermittlung der Bezugsleistung für den Monatslohn mit Leistungszulage (MoLz) der bayerischen Staatsforsten, Anhang 1.

Pfeiffer, K.; Abegg, B.; Butora, A.; Kuhn, P.; Litscher, R.; Wüthrich, W. (1978): Die Herleitung der Richtwerttabellen für die Holzhauerei und das Schichtholzrücken. Int. Bericht Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee Landschaft. 167 S.