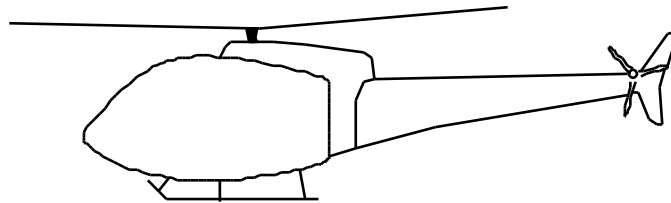


Produktivitätsmodelle für die Holzernte,
erstellt mit Hilfe komponentenbasierter
Softwaretechnologie

Grundlagen für die Programmierung

Produktionssystem “Helikopter”



Abteilung Management Waldnutzung
Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2003

Version	Bearbeiter	Datum	Status	Kommentar
1.1	F.Frutig	14.4. 99		neu ausgearbeitete und erweiterte Grundlage
	R. Lemm	20.5.99		Modifikation der Zeitbedarfe
	M. Breitenstein	20.05.03		Überarbeitung und Formatierung gem. V. Erni
	F. Frutig	27.05.03		Schlusskontrolle
	M. Breitenstein	11.07.03		Ergänzung zur Leistung Lagerplatz auf Seite 14

Inhaltsübersicht

1	Grundlagen	3
1.1	Entstehung und Verwendung des Grundlagenmodells	3
1.2	Verzeichnis der Quellen	3
1.3	Beurteilung	3
1.4	Zeitangaben	4
2	Produktionssystem – verbal-bildliche Darstellung	4
2.1	Produktionsfaktoren	4
2.2	Produktionsprozess	5
2.2.1	Arbeitsaufgabe	5
2.2.2	Arbeitsabläufe	5
2.3	Input- und Outputzustand	6
2.3.1	Inputzustand	6
2.3.2	Outputzustand	7
2.3.3	Veränderungen	7
2.4	Erforderliche Arbeitsbedingungen	7
2.4.1	Technik und Personal	7
2.4.2	Gelände und Erschliessung	7
2.4.3	Waldbestände und waldbauliche Massnahmen	8
2.5	Berechneter Output	8
3	Produktionssystem – mathematische Darstellung	8
3.1	Aufteilung des Gesamtsystems in Teilsysteme	8
3.2	Teilsystem „Helicrew“	9
3.2.1	Übersicht	9
3.2.2	Berechnung der durchschnittlichen Rotationszeit	9
3.2.3	Berechnung der Gesamtzeit für den Helikopter	10
3.2.4	Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m ³	11
3.3	Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“	11
3.4	Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“	13
3.4.1	Sortimentsverfahren	13
3.4.2	Vollbaumverfahren	14
3.5	Zusammenfassung -Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m ³	16
3.6	Abkürzungen und Definitionsbereich	16
4	Berechnungsbeispiel	Fehler! Textmarke nicht definiert.
5	Anhang	18
5.1	Beurteilung der Qualität des Modells (im Hinblick auf die Verwendung in Holzernte-Komponenten)	18
5.2	Zeitsystem im Komponentenmodell "Helikopter"	19

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung des Grundlagenmodells

In der Schweiz wurden 1972 erste Versuche zum Holztransport mit Helikopter durchgeführt (PFEIFFER et. al, 1973). Im Jahre 1991 veröffentlichten SCHMIDT et. al einen modellhaften Vergleich zwischen Seilkran und Helikopter. Die Leistungsangaben für Helikopter stammten aus zwei Diplomarbeiten und beschränkten sich auf den leichten Helikopter vom Typ AS 315B Lama. Ein erstes eigentliches Grundlagenmodell stammt von HEINIMANN (1996) und umfasst im Wesentlichen ein Modell für die Lastzykluszeit sowie ein Modell für das Lastvolumen für verschiedene Helikoptertypen. Die Modelle wurden aufgrund von Daten von Helifirmen erstellt und mit Daten aus eigenen Arbeitsstudien validiert.

1.2 Verzeichnis der Quellen

HEINIMANN, H.R.; CAMINADA, L.; 1996: Helicopter Logging in Switzerland, Analysis of Selective Logging Operations. Proceedings 9th Pacific Northwest Skyline Symposium: 40–45. FERIC Special Report SR-114, Vancouver, 167 S.

HEINIMANN; H.R.; 1998: Holzrücken mit Helikoptern. Wald+Holz, 3, S.7-10.

PFEIFFER, K.; FLURY, J.; ABEGG, B.; 1973: Rundholztransport mit Helikopter. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf. Bericht Nr. 117, 50 S.

SCHMIDT, R.; FRUTIG, F.; BIEDERMANN, B.; WYSS, A.; 1991: Helikopter oder Seilkran? Wald+Holz, 13, S.90-101.

1.3 Beurteilung

Das Produktivitätsmodell von HEINIMANN (Grundlagenmodell) für die Holzbringung mit Helikoptern besteht aus zwei Teilen: dem Modell für das Lastvolumen pro Zyklus sowie dem Modell für den mittleren Zeitbedarf pro Lastzyklus. Die Lagerplatzarbeiten (fertig aufarbeiten, verziehen, sortieren, poltern) werden vom Modell nicht abgebildet.

Modell für das Lastvolumen

Das Modell erlaubt die Voraussage des mittleren Lastvolumens pro Rückezyklus aufgrund der theoretischen Lastkapazität eines bestimmten Helikoptertyps. Erstellt wurde das Modell aufgrund von Datenmaterial von Helifirmen, das sechs verschiedene Helikoptertypen umfasste. Mit dem Modell lässt sich auch die Lastkapazität eines Helikoptertyps schätzen, von dem bisher keine Daten vorlagen.

Modell für den Zeitbedarf pro Zyklus

Das Modell wurde aufgrund von Datenmaterial von Helifirmen erstellt (41 Einsätze) und für die beiden Helikoptertypen „Super Puma“ und „K-MAX“ mit Daten aus Zeiterhebungen in der Praxis validiert (328 Lastzyklen). Die mittlere Zykluszeit wird in Abhängigkeit von Horizontal- und Vertikaldistanz für die drei Helikoptertypen Lama, K-MAX und Super Puma dargestellt. Diese drei Helitypen repräsentieren die Klassen leichte, mittlere und schwere Helikopter.

Eigentliche Produktivitätsmodelle existierten bisher nur für Nordamerika und Kanada. Für europäische Verhältnisse (eingesetzte Helitypen, geflogene Holzmenge pro Einsatzort, Flugdistanzen und Höhenunterschiede) ist das Modell von HEINIMANN das einzige. Die Validierung in der Praxis (siehe oben) ergab eine sehr gute Überein-

stimmung der vorausgesagten mit den effektiven Werten. Im Weiteren wurde das Modell von Frutig verschiedentlich für Vorkalkulationen in der Praxis verwendet (u.a. GWG-Tagung Rosenlauri 1996 und Vergleichskalkulation mit MSK Buchenegg 1999). Dabei ergaben sich plausible Resultate.

Die Treffsicherheit des Modells liegt bei $\pm 5\%$. Die wenigen benötigten Eingangsgrößen lassen sich einfach und genau bestimmen.

Das Modell von HEINIMANN bildet eine gute Grundlage zur Verwendung im Komponentenmodell.

1.4 Zeitangaben

Die Zeitangaben für den Modellteil Zykluszeit erfolgen im Grundlagenmodell in Minuten pro Lastzyklus. HEINIMANN liefert keine Angaben, ob es sich bei den Zeiten der Helifirmen um PSH_0 oder PSH_{15} handelt, es wird hier davon ausgegangen, dass es PSH_0 sind.

Betrachtet wird der Lastzyklus. Über die Anzahl eingesetzte Arbeitskräfte werden im Grundlagenmodell keine Angaben gemacht. Diese Angaben werden jedoch später zur Berechnung der Kosten benötigt, da in der Regel der Forstbetrieb zusätzlich zu den im Arbeitssystem „Helikopter“ enthaltenen Arbeitskräften der Helifirma eigenes Personal einsetzen muss. Hierzu werden Angaben der Firma HELOG (eingeholt von Frutig, 1996) für die drei typischen Vertreter der Helikopterklassen leicht (Lama), mittel (K-MAX) und schwer (Super Puma) verwendet.

2 Produktionssystem – verbal-bildliche Darstellung

2.1 Produktionsfaktoren

Dem Komponentenmodell werden folgende Produktionsfaktoren zugrunde gelegt:

Planungsarbeiten

- 1 Arbeitskraft (Förster/Betriebsleiter)
Der Planungsaufwand der Helifirma ist in den Minutenansätzen für den Helikopter enthalten.

Bringung des Holzes

- 1 Helikopter

Helikopterklasse	Helityp	Theoret. Lastkapazität (kN)
leicht	AS-315B Lama	11
mittel	Kaman K-1200 K-MAX	30
schwer	AS-332C Super Puma	49

Tabelle 1: Helikopterklassen.

Anmerkung: Die Angaben über die theoretische Lastkapazität unterscheiden sich je nach Quelle. Verwendet werden hier die Angaben von HEINIMANN (1996). Die Lastkapazität wird im Grundlagenmodell für zehn verschiedene Helikoptertypen angegeben. Die Rotationszeiten und alle nachfolgenden Berechnungen werden dagegen nur für die in der Tabelle 1 aufgeführten Helitypen dargestellt. Sie können als typische Vertreter der einzelnen Grössenklassen betrachtet werden.

- **Zusätzliche Arbeitskräfte des Forstbetriebes**

Die im Arbeitssystem eingesetzte Anzahl Arbeitskräfte variiert je nach Helityp und Arbeitsverfahren. Die von der Helifirma gestellten Arbeitskräfte sind im System und damit im Minutenansatz enthalten. Hingegen müssen die Arbeitskräfte aus dem Forstbetrieb, zum Anhängen und Abhängen des Holzes, für die Kostenrechnung separat erfasst werden. Nähere Angaben über die benötigte Anzahl zusätzlicher Arbeitskräfte für die drei hier behandelten Helitypen werden in Abschnitt 3.3 gegeben. Je nach Arbeitsverfahren kann diese Anzahl variieren. Häufig wird beispielsweise bei der Bringung mit dem Helityp Lama das Holz abwechselnd an zwei verschiedenen Anhängorten aufgenommen, damit die Equipen mehr Zeit für die Lastvorbereitung haben. In diesem Fall muss auch der Forstbetrieb mehr Personal stellen.

Lagerplatzarbeiten

Je nach Arbeitsverfahren kommt ein anderes System zum Einsatz:

a) beim Sortimentsverfahren

- 1 Fahrzeug, in der Regel mit Holzgreifer (Bagger, Forwarder, LKW, etc.)
- 2 Arbeitskräfte (1 Maschinist, 1 Motorsägenführer)

b) beim Vollbaumverfahren

- 1 Fahrzeug, in der Regel mit Holzgreifer (Bagger, Forwarder, LKW, etc.)
- 3 Arbeitskräfte (1 Maschinist, 2 Motorsägenführer)

Der Aufrüstungsgrad des Holzes, die Maschinenausrüstung, die Anzahl Sortimente, die Platzverhältnisse und Lagermöglichkeiten etc. beeinflussen die Art der eingesetzten Mittel und die Anzahl Arbeitskräfte. Deshalb existieren keine Richtwerte für die Lagerplatzarbeiten nach der Helibringung.

Anmerkung: Das Abhängen des Holzes am Lagerplatz während des Holzfliegens zählt nicht zu den Lagerplatzarbeiten.

2.2 Produktionsprozess

2.2.1 Arbeitsaufgabe

Die Arbeitsaufgabe besteht darin, Rundholzabschnitte, Vollbäume oder Vollbaumteile durch die Luft aus dem Waldbestand an eine lastwagenfahrbare Strasse zu bringen.

2.2.2 Arbeitsabläufe

Das Komponentenmodell bildet folgende Prozesse ab:

- Planung der Holzbringung mit Helikopter
Berechnungsgrundlagen existieren nicht, es muss jedoch lediglich der Aufwand des Forstbetriebes für Planungsarbeiten eingesetzt werden (Personal und Fahrzeug für Fahrten zum Einsatzort und zurück).
- Bringung des Holzes

- Lagerplatzarbeiten (entzerren, aufrüsten, verziehen, sortieren, poltern)
Berechnungsgrundlagen existieren nicht, es muss im Einzelfall der konkrete Aufwand für Personal und Maschinen eingesetzt werden.

Das Komponentenmodell bildet keine Informationsprozesse ab (wie z.B. Vermessen des Holzes).

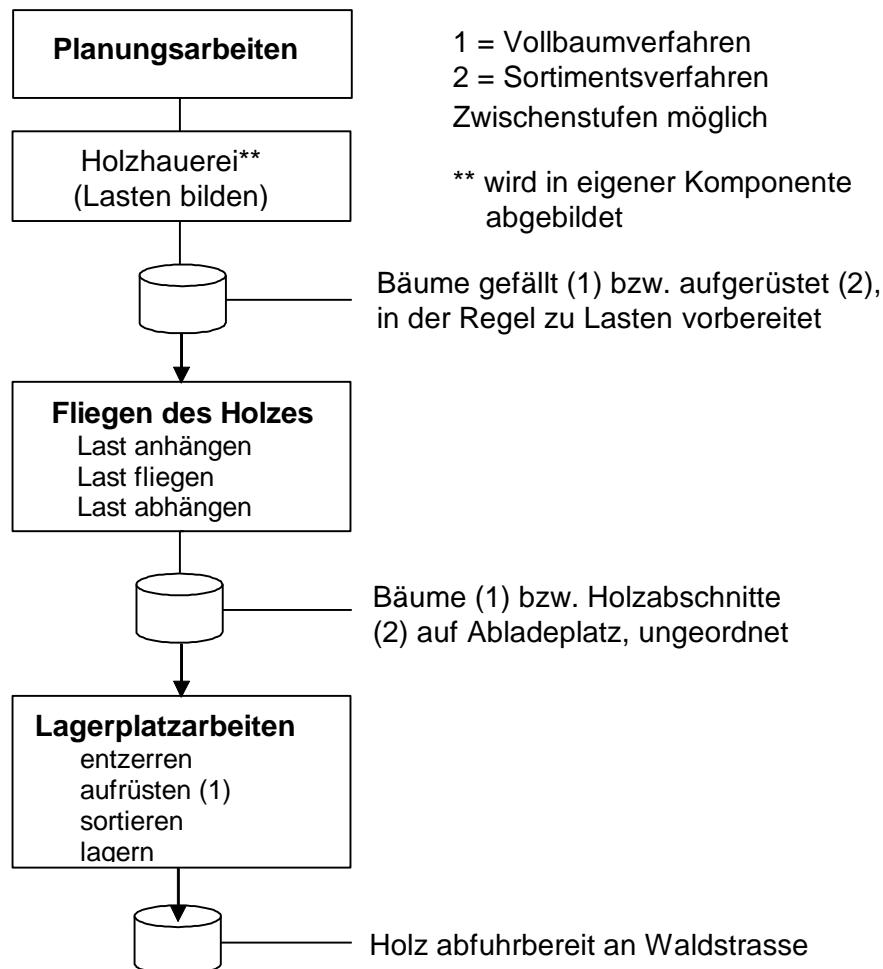


Abbildung 1: Übersicht „Holzbringung mit Helikopter“.

2.3 Input- und Outputzustand

Bei der Umsetzung der Grundlagen in das EDV-Modell wurde nicht unterschieden zwischen Holz in Rinde und ohne Rinde. Es gilt folgender Grundsatz: Die Einheit der Eingangsgrößen entspricht der Einheit im Ergebnis. Wichtig ist, dass die Einheit aller Eingangsgrößen (z. B. Holzmenge, Volumenmittelstamm) gleich gewählt wird ("was hinein geht, kommt wieder heraus").

2.3.1 Inputzustand

Holzsortimente: Vollbäume, Vollbaumteile, fertig oder teilweise aufgerüstetes Holz, alle vorkommenden BHD. Die einzige Einschränkung ist die max. Tragkraft (und damit das Lastvolumen) des eingesetzten Helikopters.

Lage des Holzes: praktisch beliebig, einzige Bedingungen sind die Erreichbarkeit für den Anhängemann sowie für den Lasthaken (Länge des Lastseils am Helikopter, in der Regel etwa 50m).

Informationen: keine.

Teilweise wird das Holz bei der Holzhauerei im Hinblick auf eine optimale Lastbildung im Bestand vermessen, was im Grundlagenmodell aber nicht enthalten ist (Aufwand fällt vorgängig an und ist bei der Holzhauerei oder separat zu berechnen).

2.3.2 Outputzustand

Holzsortimente:

auf dem Absenkplatz: gleich wie Inputzustand

auf dem Lagerplatz: abfuhrbereite Polter oder Haufen (siehe nächsten Abschnitt)

Lage des Holzes:

Die Bäume, Baumteile oder Holzabschnitte liegen in der Form wie sie im Bestand aufgenommen wurden auf dem Absenkplatz, in der Regel auf relativ ungeordneten Haufen oder flächig verstreut. Je nach Arbeitsverfahren muss das Holz in der Folge mit einer Maschine entzerrt und mit der Motorsäge aufgerüstet (Vollbaumverfahren) oder entzerrt und nur fertig entastet (Sortimentsverfahren) werden. Bei beiden Verfahren muss das aufgerüstete Holz anschliessend sortiert und gelagert werden.

Informationen: keine.

2.3.3 Veränderungen

Bäume, Baumteile oder Rundholzabschnitte, welche flächig oder zu Lasten vorbereitet im Bestand liegen, werden mittels am Helikopter hängendem Lastseil aus dem Bestand gehoben, an einen Absenkplatz geflogen und dort abgelegt.

2.4 Erforderliche Arbeitsbedingungen

2.4.1 Technik und Personal

- Helikopter der Klasse leicht, mittel oder schwer, mit theoretischen Lastkapazitäten im Bereich von 10-50 kN, ausgerüstet für die Holzbringung (elektr. Lasthaken).
- Das Personal (Helifirma und Forstbetrieb) ist mit dem Heli-Logging vertraut.

2.4.2 Gelände und Erschliessung

- Gelände: keine Einschränkung. Einzig der Lastaufnahmeort muss begehbar sein und das Anhängpersonal muss sich vor dem Anheben der Last in Sicherheit bringen können.
- Erschliessung: technisch gesehen nur geringe Anforderungen. Genügend grosser Abladeplatz an lastwagenfahrbarer Strasse, keine Hindernisse auf der Anflug- und Abflugstrecke.

Aus wirtschaftlicher Sicht sollten Horizontal- und insbesondere Vertikaldistanz zwischen Lastaufnahmeort und Abladeplatz möglichst kurz sein (geringe Rotationszeiten). Der Lastflug sollte nach Möglichkeit abwärts oder horizontal erfolgen.

2.4.3 Waldbestände und waldbauliche Massnahmen

- Eingriffsart: Das Komponentenmodell gilt für Durchforstungen, Lichtungen und Räumungen (dem Grundlagenmodell liegen Daten von allen drei Eingriffsarten zugrunde; der Einfluss der Eingriffsart auf die Zykluszeit ist offenbar nicht signifikant).
- Ferner gilt das Modell für alle Altersklassen, Bestandesstrukturen, Baumarten und Durchmesserstufen.

2.5 Berechneter Output

Das Komponentenmodell soll folgende Ergebnisse berechnen:

- Zeitbedarf des Produktionssystems pro Kubikmeter (Effizienz) oder Kubikmeter pro Zeiteinheit (technische Arbeitsproduktivität)
- Arbeitszeit der Produktionsfaktoren (Personal, Maschinen) pro Kubikmeter

3 Produktionssystem – mathematische Darstellung

3.1 Aufteilung des Gesamtsystems in Teilsysteme

Das Produktionssystem Helikopter (Gesamtsystem) wird für die Berechnungen zweckmässigerweise in drei Teilsysteme aufgeteilt:

- Teilsystem „Helicrew“
- Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“
- Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“

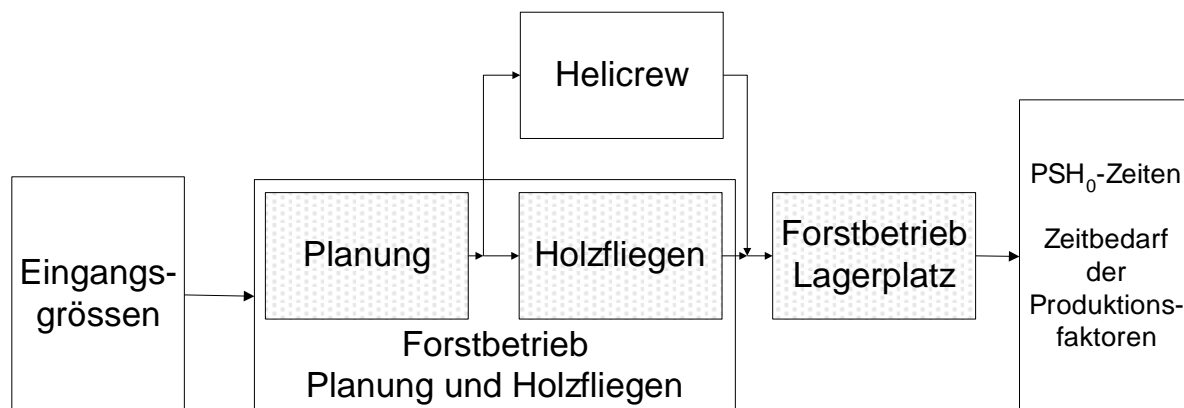


Abbildung 2: Übersicht Gesamtsystem Helikopter

Das Teilsystem „Helicrew“ umfasst die eigentliche Bringung des Holzes mit dem Helikopter (Personal- und Maschinenaufwand der Helifirma). Zu diesem Teil existiert ein Modell zur Berechnung der Rotationszeiten in Abhängigkeit von Helikoptertyp, Horizontal- und Vertikaldistanz. Zusätzlich muss hier der individuelle Aufwand für den Überflug des Helikopters von der Basis zum Einsatzort und zurück berücksichtigt werden.

Das Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“ umfasst den Aufwand für das zusätzlich durch den Auftraggeber (z.B. Forstbetrieb oder Waldbesitzer) zu stellende Personal zum Vorbereiten der Lasten, Hilfe beim Anhängen und Abhängen des Holzes, sowie einen allfälligen Aufwand für Motorsägen. Je nach örtlichen Verhältnissen,

gewähltem Arbeitsverfahren usw., kann dieser Aufwand sehr unterschiedlich hoch ausfallen. Für die Berechnungen wird er deshalb in Abhängigkeit von der Helikopterzeit ($PSH_0\text{Heli}$) dargestellt.

Das Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“ umfasst den Personal- und Maschinenaufwand für die späteren Lagerplatzarbeiten (entzerren, fertig aufrüsten, sortieren, poltern, Abladeplatz instand stellen etc.). Der Personal- und Maschinenaufwand wird abhängig davon, ob es sich um ein Sortiments- oder ein Vollbaumverfahren handelt, berechnet. Die Berechnungen sind unabhängig von der Helikopterzeit.

3.2 Teilsystem „Helicrew“

3.2.1 Übersicht

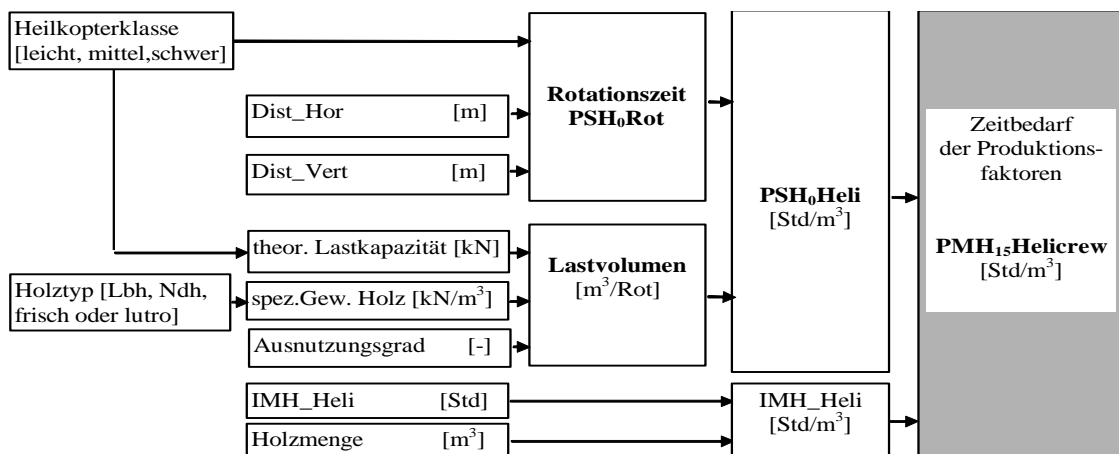


Abbildung 3: Übersicht Teilsystem Helicrew

3.2.2 Berechnung der durchschnittlichen Rotationszeit

Leichte Helikopter (Lama):

$$PSH_0\text{Rot} = \frac{1}{60} * (1.87 + 0.00032 * \text{Dist_Hor} + 0.0004 * \text{Dist_Vert}) \left[\frac{\text{Std}}{\text{Rot}} \right]$$

Mittlere Helikopter (K-MAX):

$$PSH_0\text{Rot} = \frac{1}{60} * (1.87 + 0.00032 * \text{Dist_Hor} + 0.0027 * \text{Dist_Vert}) \left[\frac{\text{Std}}{\text{Rot}} \right]$$

Schwere Helikopter (Super Puma):

$$PSH_0\text{Rot} = \frac{1}{60} * (2.36 + 0.00032 * \text{Dist_Hor} + 0.0010 * \text{Dist_Vert}) \left[\frac{\text{Std}}{\text{Rot}} \right]$$

Zusammengefasste Berechnung für alle drei Helikopterklassen:

$$PSH_0\text{Rot} = \frac{1}{60} * (1.87 + 0.00032 * \text{Dist_Hor} + 0.0027 * \text{Dist_Vert} + \text{Dum_Puma} * (0.49 - 0.0017 * \text{Dist_Vert}) + \text{Dum_Lama} * (-0.0023 * \text{Dist_Vert})) \left[\frac{\text{Std}}{\text{Rot}} \right]$$

Wobei für die Helikopter-Grössenklassen gilt:

leicht Dum_Puma = 0
Dum_Lama = 1
mittel Dum_Puma = 0
Dum_Lama = 0
schwer Dum_Puma = 1
Dum_Lama = 0

3.2.3 Berechnung der Gesamtzeit für den Helikopter

Berechnungsgang:

Aus der theoretischen Lastkapazität des Helikopters (s. Tab.1), dem tatsächlichen Ausnutzungsgrad und dem spezifischen Gewicht des Holzes (s.Tab.2) ergibt sich das pro Rotation transportierte Holzvolumen. Dieses lässt sich vereinfacht auch mit dem Modell von HEINIMANN bestimmen (siehe Option). Aus dem Lastvolumen pro Rotation und der Rotationszeit lässt sich der durchschnittliche Zeitaufwand pro m³ berechnen (PSH₀Heli):

$$PSH_{0Heli} = \frac{PSH_{0Rot}}{Lastvolumen} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$Lastvolumen = \frac{theor_Lastkapazität * Ausnutzungsgrad}{spez_Gewicht_Holz} \left[\frac{m^3}{Rot} \right]$$

Für das Teilsystem Helikopter sind nur PSH₀-Zeiten zu berücksichtigen. Wegzeiten-, Pausen- und andere Faktoren sind hier nicht relevant, da diese für das Personal der Helifirma auf die Minutenansätze für den Helikopter umgelegt sind und demzufolge in den Kosten berücksichtigt sind.

Zusätzlich zu berücksichtigen sind hingegen die Zeiten für den Überflug des Helikopters von der Basis zum Einsatzort und zurück. Der Anteil der Überflugzeit an der Einsatzzeit des Helikopters variiert im Einzelfall aufgrund der Lage des Einsatzortes und der Dauer des Einsatzes sehr stark. Eine anteilmässige Angabe ist deshalb schwierig.

Sofern eine Offerte der Helifirma vorliegt, sollten auch die Überflugkosten darin enthalten sein.

Helityp	Theoret. Lastkapazität [kN]
Lama	11
K-Max	30
Super Puma	49

Tabelle 2: Theoretische Lastkapazität einiger in der Schweiz eingesetzter Helikoptertypen

Holzart	spez. Gewicht [kN/m ³]	spez. Gewicht [t/m ³]
Laubholz frisch (Buche)	10.0	1.00
Laubholz 2 Mte. nach Fällung	9.0	0.90
Nadelholz frisch (Fichte)	8.4	0.84

Nadelholz 2 Mte. nach Fällung	7.5	0.75
-------------------------------	-----	------

Tabelle 3: Raumgewichte von Laub- und Nadelholz

Der Ausnutzungsgrad ist von den Bedingungen im Einzelfall abhängig, wie Witterung, Hangneigung, Sortimente, Bestandesstruktur, Erfahrung der Anhängcrew etc. Er wird als Faktor angegeben, z.B. 0.8.

$$Lastvolumen = 0.14 + 0.064 * theor_Lastkapazität (in kN) \left[\frac{m^3}{Rot} \right] \quad R^2 = 0.98$$

nach HEINIMANN (1996)

3.2.4 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m3

$$PMH_{15_Helicrew} = PMH_{15_Heli} + IMH_Heli \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$PMH_{15_Heli} = PSH_{0_Heli} * F_{0-15}$$

Eingangsgrößen :

$$IMH_Heli = \text{Indirekte Helizeiten für Überflug, Auftanken, etc.} \text{Eingangsgrösse in } \left[\frac{Std}{m^3} \right] \text{ oder } [Std]$$

$$F_{0-15} = 1.0$$

Der finanzielle Aufwand für die gesamte Helicrew wird über PMH_{15} berücksichtigt.

3.3 Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“

Dieses Teilsystem umfasst den Aufwand für das Personal des Forstbetriebes, das zusätzlich zur Helicrew während des Holzfliegens für das Vorbereiten und das Anhängen der Lasten im Bestand sowie das Abhängen am Lagerplatz zu stellen ist. Ferner wird das Personal des Forstbetriebes, welches die **Planungsarbeiten** für die Bringung mit Helikopter ausführt, hier erfasst. In der Regel handelt es sich um die Besichtigung des Einsatzortes durch den Förster zusammen mit dem Vertreter der Helifirma und um Verwaltungsaufwand.

In der Regel haben die Mitarbeiter des Forstbetriebes während dem Holzfliegen eine Motorsäge im Holzschlag zur Verfügung. Damit werden bei Bedarf vereinzelt Trennschnitte ausgeführt. Weil die Motorsägenlaufzeit dafür nicht bestimmbar und nur unbedeutend ist, sind die Motorsägekosten während dem Holzfliegen im Modell nicht berücksichtigt.

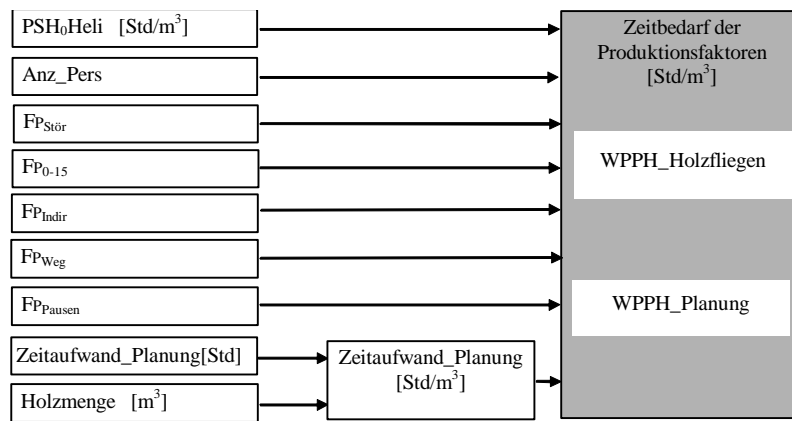


Abbildung 4: Übersicht Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“

Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³

$$WPPH_Planung = \frac{Zeitaufwand_Planung}{Holzmenge} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$WPPH_Holzfliegen = Anz_Pers_Holzfliegen * PSH_0Heli * F_{0-15} * F_{indir} * F_{Weg} * F_{Pausen} * F_{Stör} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

Faktoren:

$Anz_Pers_Holzfliegen$ = individuell (nur Mitarbeiter aus dem Forstbetrieb)

$F_{0-15} * F_{indir} = F_{Vorkalkulation}$ = individuell

F_{Weg} = individuell z.B. 60 Min. auf 540 Min = $\frac{540}{480} = 1.15$

F_{Pausen} = individuell

$F_{Weg} * F_{Pausen} = 1.12$ (1.00 – 1.15)

$F_{Stör}$ = individuell

Hinweis: Je nach Helikoptertyp, Helifirma und Arbeitssituation kommt eine unterschiedliche Anzahl Arbeitskräfte des Forstbetriebes zum Einsatz. Fallweise wird am Abladeplatz kein zusätzliches Personal benötigt. Für die nachfolgenden Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die Einsatzdauer des Personals im Bestand und am Abladeplatz gleich lang ist.

Falls für eine Vorkalkulation keine Angaben über die Anzahl zusätzlicher Arbeitskräfte verfügbar sind, können nachfolgende Angaben der Firma HELOG vom Aug. 1996 als Richtlinie dienen:

Helikopterklasse	Helityp	zusätzl. Personal Forstbetrieb ^{*)}
leicht	Lama	2
mittel	K-MAX	3 (2-4)
schwer	Super Puma	3

^{*)} bei zwei Lastaufnahmestellen, welche alternierend angeflogen werden, muss die Anzahl erhöht werden.

3.4 Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“

Dieses Teilsystem umfasst den Aufwand für die Lagerplatzarbeiten: Aufwand für Personal und Maschinen für das Restaufarbeiten, Verziehen, Sortieren und Poltern des Holzes. Diese Arbeiten werden nach dem Holzfliegen durch den Forstbetrieb ausgeführt.

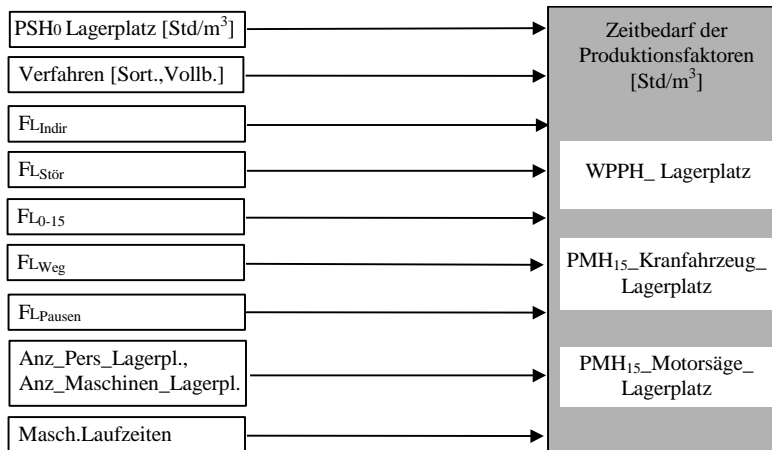


Abbildung 5: Übersicht Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“

3.4.1 Sortimentsverfahren

- 1 Kranfahrzeug (z. B. Bagger) mit Fahrer*
- 1 Arbeitskraft mit 1 Motorsäge (MS) zur Restentastung

Annahmen: Bagger 20m³/Std 0.05 Std/m³
MS-Laufzeit 50% der Baggerfahrzeit

$$PSH_0 - \text{Lagerplatzarbeiten} = 0.05 \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³

$$WPPH_Lagerplatz = Anz_Pers * PSH_0_Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{L_{indir}} * F_{L_{Weg}} * F_{L_{Pausen}} * F_{L_{Stör}} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$PMH_{15}_Kranfahrzeug_Lagerplatz = PSH_0_Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{L_{Anteil_Kranfahrzeug}} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$PMH_{15}_Motorsäge_Lagerplatz = Anz_Motors_Lagerplatz * PSH_0_Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{L_{Anteil_Motorslaufzeit}} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

Faktoren:

$$Anz_Pers = 2.0$$

$$Anz_Motors_Lagerplatz = 1.0$$

$$F_{L_{0-15}} = 1.05 \text{ (geschätzt)}$$

$$F_{L_{indir}} = 1.0$$

$$F_{L_{Weg}} = \text{individuell z.B. 60 Min. auf 540 Min} = \frac{540}{480} = 1.15$$

$$F_{L_{Pausen}} = \text{individuell}$$

$$F_{L_{Weg}} * F_{L_{Pausen}} = 1.12$$

$$F_{L_{Stör}} = \text{individuell}$$

$$F_{L_{Anteil_Kranfahrzeug}} = 1.0$$

$$F_{L_{Anteil_Motorslaufzeit}} = 0.5$$

3.4.2 Vollbaumverfahren

- a) motormanuelle Aufarbeitung
 1 Kranfahrzeug (z.B. Bagger) mit Fahrer*
 2 Arbeitskräfte mit je 1 Motorsäge

Annahmen:

Baumart	Leistung (m3 pro Std.)	Arbeitsaufwand (Std pro m3)
Fichte, Tanne	17.0	0.59
Föhre, Lärche	20.0	0.05
Laubholz	22.0	0.045

Bagger und Motorsägenlaufzeit 100%.

$$PSH_{0_Lagerplatz} = \begin{matrix} \text{für Fichte, Tanne} = 0.59 \\ \text{für Föhre, Lärche} = 0.5 \\ \text{für Laubholz} = 0.45 \end{matrix} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³

$$WPPH_Lagerplatz = Anz_Pers_Lagerplatz * PSH_0Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{L_{indir}} * F_{L_{Weg}} * F_{L_{Pausen}} * F_{L_{Stör}} \cdot \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$PMH_{15}_Kranfahrzeug_Lagerplatz = PSH_0Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{Anteil_Kranfahrzeug_Lagerplatz} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

$$PMH_{15}_Motorsäge_Lagerplatz = Anz_Motors_Lagerplatz * PSH_0Lagerplatz * F_{L_{0-15}} * F_{Anteil_Motorslaufzeit_Lagerplatz} \left[\frac{Std}{m^3} \right]$$

Faktoren:

$$Anz_Pers_Lagerplatz = 3.0$$

$$Anz_Motors_Lagerplatz = 2.0$$

$$F_{L_{0-15}} = 1.05 \text{ (geschätzt)}$$

$$F_{L_{indir}} = 1.0$$

$$F_{L_{Weg}} = \text{individuell z.B. 60 Min. auf 540 Min} = \frac{540}{480} = 1.15$$

$$F_{L_{Pausen}} = \text{individuell}$$

$$F_{L_{Weg}} * F_{L_{Pausen}} = 1.12$$

$$F_{L_{Stör}} = \text{individuell}$$

$$F_{Anteil_Kranfahrzeug_Lagerplatz} = 1.0$$

$$F_{Anteil_Motorslaufzeit_Lagerplatz} = 1.0$$

* Für die Lagerplatzarbeiten können verschiedene Maschinen eingesetzt werden. Stellvertretend wird in den Berechnungen an dieser Stelle ein Kranfahrzeug mit Holzgreifer eingesetzt. Falls im Einzelfall andere Maschinen (Zangenschlepper, Forwarder etc.) zum Einsatz kommen, ändert sich der Anteil der Maschinenlaufzeit an der PSH₀Lagerzeit.

Hinweis: Das Verhältnis zwischen Zeitaufwand der Lagerplatzarbeiten und Zeitaufwand für das Holzfliegen ist wegen der zahlreichen Einflussgrößen (Arbeitsverfahren, örtliche Verhältnisse, eingesetzte Mittel, etc.) sehr variabel. Es gibt auch sehr wenig zugängliche Erfahrungswerte. Der Aufwand für Lagerplatzarbeiten kann als Defaultwert verwendet werden, falls sich keine näheren Angaben zu den Lagerplatzarbeiten machen lassen, sonst Eingabe der eigenen Werte.

3.5 Zusammenfassung -Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³

$$WPPH_{\text{Gesamt}} = WPPH_{\text{Planung}} + WPPH_{\text{Holzfliegen}} + WPPH_{\text{Lagerplatz}} \quad \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

$$PMH_{15_Helicrew} = PMH_{15_Heli} + IMH_{\text{Heli}} \quad \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

$$PMH_{15_Motorsäge} = PMH_{15_Motorsäge_Lagerplatz} \quad \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

$$PMH_{15_Kranfahrzeug} = PMH_{15_Kranfahrzeug_Lagerplatz} \quad \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

3.6 Abkürzungen und Definitionsbereich

Abkürzung	Definition	Def. Bereich	Einheit
Anz_Pers... - Holzfliegen - Lagerplatz Anz_Motors. - Lagerplatz	Anzahl Personen aus dem eigenen Forstbetrieb in den jeweiligen Teilsystemen Anzahl Motorsägen		
Ausnutzungsgrad	Ausnutzungsgrad der theor. Lastkapazität des Helikopters	ca.0.5-1.0	[-]
Dist_Hor	Horizontaldistanz	0 - ca.2000	[m]
Dist_Vert	Vertikaldistanz, Höhendifferenz (abwärts)	0 - ca.1000	[m]
Dum_Lama	Dummy für die Helikopterklasse 'leicht'	0 oder 1	
Dum_Puma	Dummy für die Helikopterklasse 'schwer'	0 oder 1	
FAnteil_Motors.laufzeit.. - Lagerplatz FAnteil_Kranfahrzeug.. - Lagerplatz	Anteil von PSH ₀ der Motorsägenlaufzeit Anteil von PSH ₀ des Kranfahrzeugeinsatzes am Lagerplatz		[-]
F0-15 F _L - 0-15 - indir - Pausen - Weg - Stör	Multiplikationsfaktoren unverm. Verlustzeiten <15 Min. beim Helikopter. Multiplikationsfaktoren Personal für Lagerplatzarbeiten - unverm. Verlustzeiten <15 Min. - indir. Arbeitszeiten - Pausen >15 Min. - Wegzeiten >15 Min. - Störzeiten >15 Min.	≥1.0	[-]
F _H - 0-15 - indir - Pausen - Weg - Stör	Multiplikationsfaktoren Personal Forstbetrieb während des Holzfliegens für - unvermeidbare Verlustzeiten <15 Min. - indirekte Arbeitszeiten - Pausen >15 Min. - Wegzeiten >15 Min. - Störzeiten >15 Min.	≥1.0	[-]
Holzmenge	Menge des geflogenen Holzes	> 0	[m ³]
IMH_Heli	Indirekte Maschinenzeit für den Überflug, das Auftanken des Helikopters, etc. Zeiten <15 Min sind ebenfalls enthalten da der Faktor F ₀₋₁₅ =1.0 gewählt wird.		
Lastvolumen	Durchschnittlich Holzmenge, die pro Rotation geflogen wird	> 0	[m ³]
PMH ₁₅ ...	Maschinenzeiten in PMH ₁₅ oder MAS für	> 0	[Std/m ³]

<ul style="list-style-type: none"> - <i>Helicrew</i> - <i>Motorsäge_Lagerplatz</i> - <i>Kranfahrzeug_Lagerpl.</i> - <i>Kranfahrzeug</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - den Helikopter (inkl. Heli-Mannschaft) - die Motorsäge beim Restaufarbeiten, Verziehen, Sortieren und Poltern des Holzes am Lagerplatz - das Kranfahrzeug beim Restaufarbeiten, Verziehen, Sortieren und Poltern des Holzes am Lagerplatz - Kranfahrzeug bei Holzbringung mit Helikopter 		
<i>PSH₀.....</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Heli</i> - <i>Planung</i> - <i>Holzfliegen</i> - <i>Überflug</i> - <i>Lagerplatz</i> 	Produktive Systemzeit ohne Unterbrüche für <ul style="list-style-type: none"> - Helikopter - Planung - Vorbereiten, Anhängen und Abhängen während des Holzfliegens - Für das Auftanken des Helikopters - Restaufarbeiten, Verziehen, Sortieren und Poltern des Holzes am Lagerplatz 	> 0	[Std/m ³]
<i>PSH₀Rot</i>	Rotationszeit des Helikopters	> 0	[Std/Last]
<i>spez_Gewicht_Holz</i>	Spezifisches Gewicht des Holzes	4.7-10.0	[kN/m ³]
<i>theor_Lastkapazität</i>	Theoretische Lastkapazität des entsprechenden Helikoptertyps	10-(100)	kN
<i>WPPH....</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Planung</i> - <i>Holzfliegen</i> - - <i>Lagerplatz</i> - <i>Gesamt</i> 	Arbeitsplatzzeiten Personal für: <ul style="list-style-type: none"> - Planung - Vorbereiten, Anhängen und Abhängen während des Holzfliegens - Restaufarbeiten, Verziehen, Sortieren und Poltern des Holzes am Lagerplatz - Holzbringung mit Helikopter 		
<i>Zeitaufwand_Planung</i>	Gesamtzeitaufwand für Planungsarbeiten bei der Holzbringung mit Helikopter		[Std]

Tabelle 4: Abkürzungsverzeichnis mit Definitionsbereich der Werte und Einheiten

4 Anhang

4.1 Beurteilung der Qualität des Modells (im Hinblick auf die Verwendung in Holzernte-Komponenten)

Grundlage: Modelle für Rotationszeiten und Lastvolumen von HEINIMANN und CAMINADA (1996)

Kriterien	Bewertung / Bemessung	Bemerkungen	Schematische Beurteilung
Erstellungsjahr	1996		++ 0 –
Technische Aktualität	<u>aktuell</u> / teilw.veraltet / veraltet		+ * 0 –
Umfang der Datenbasis	gross / <u>mittel</u> / _klein / unbekannt, Anzahl	Zykluszeit: 41 Einsätze, validiert mit 328 Zyklen	+ * 0 –
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<u>gut</u> / mittel / schlecht / unbekannt		+ * 0 –
Dokumentation	<u>ausführlich</u> / mittel / rudimentär		+ * 0 –
Treffsicherheit der Prognose	Abweichung $\pm 5\%$ (Zykluszeit)		+ * 0 –
Grundlage verifiziert	ja / nein / <u>unbekannt</u>		+ * 0 –
Grundlage validiert	<u>ja</u> / nein / unbekannt		+ * 0 –
Messbarkeit der Input-Variablen	<u>messbar</u> / teilw. messbar / nicht messbar		+ * 0 –
Detaillierungsgrad	Anzahl Inputvariablen: ...4....		+ * 0 –
Output	<u>Zeitbedarf</u> / <u>Lastvolumen</u> pro Rotation		+ * 0 –

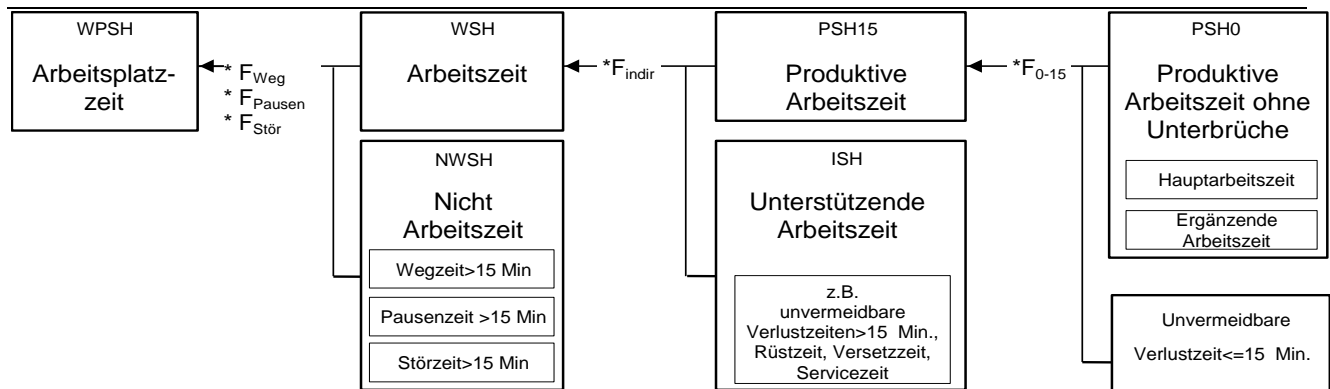
Fazit: (kurze verbale Charakterisierung)

Einziges Modell für CH-Verhältnisse. Erstellt aufgrund von Datenmaterial von Helifirmen. Validiert mit Daten aus Zeiterhebungen (ETHZ Forstl. Ing.wesen). Diverse Praxisanwendungen durch FRUTIG (u.a. Kurs Gebirgswaldpflegegruppe Rosenlauri 1996, Vergleich Helikopter/Seilkran Buchenegg 1999), plausible Ergebnisse.

Beurteilung durch:Fg....

Datum: 12.04.1999

4.2 Zeitsystem im Komponentenmodell "Helikopter"



(nach Björheden & Thompson 1995 und Heinimann 1997, verändert Björheden & Thompson 1995: An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences Department of Operational Efficiency, Sweden; Heinimann, H.R. 1997: Skript Forstl. Verfahrenstechnik, ETH Zürich)

Abbildung 6: Verwendetes Zeitsystem

Die in Abbildung 6 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.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
	workplace...	non work...	Arbeitszeit (Work time)		
			work...	indirect...	productive...
System (... s ystem hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (... m achine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH
Personal (... p ersonal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

Tabelle 5: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe

4.3 Berechnung der System- und Faktorzeiten

System :

$$PSH_{15} = PSH_0 * F_{0-15}$$

$$WSH = PSH_{15} + ISH = PSH_{15} * F_{indir}$$

$$WPSH = WSH + NWSH = WSH * F_{Weg} * F_{Pausen} * F_{Stör}$$

Personal :

$$PPH_0 = Anz_Pers * PSH_0$$

$$PPH_{15} = PPH_0 * F_{0-15}$$

$$WPH = PPH_{15} + IPH = PPH_{15} * F_{indir}$$

$$WPPH = WPH * F_{Weg} * F_{Pausen} * F_{Stör}$$

Maschinen :

$$PMH_0 = Anz_Masch * PSH_0 * Masch_Laufzeitanteil$$

$$PMH_{15} = PMH_0 * F_{0-15}$$

$$WMH = PMH_{15} + IMH = PMH_{15} * F_{indir}$$

$$WPMH = WMH * F_{Stör}$$

$$F_{0-15} = \frac{PSH_{15}}{PSH_0}$$

$$F_{indir} = 1 + \frac{ISH}{PSH_{15}}$$

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

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

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

4.4 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1: Übersicht „Holzbringung mit Helikopter“.

Abbildung 2: Übersicht Gesamtsystem Helikopter

Abbildung 3: Übersicht Teilsystem Helicrew

Abbildung 4: *Übersicht Teilsystem „Forstbetrieb Planung und Holzfliegen“*

Abbildung 5: Übersicht Teilsystem „Forstbetrieb Lagerplatz“

Abbildung 6: Verwendetes Zeitsystem

Tabellen

Tabelle 1: Helikopterklassen.

Tabelle 2: Theoretische Lastkapazität einiger in der Schweiz eingesetzter Helikoptertypen

Tabelle 3: Raumgewichte von Laub- und Nadelholz

Tabelle 4: Abkürzungsverzeichnis mit Definitionsbereich der Werte und Einheiten

Tabelle 5: Berechnungsbeispiel zur Kontrolle des Komponentenmodells

Tabelle 6: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe
