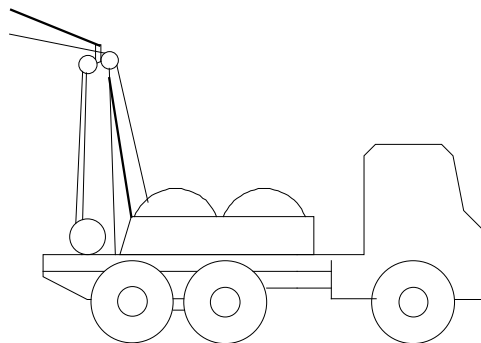


WSL-Forschungsprojekt

Produktivitätsmodelle für die Holzernte mit Hilfe komponentenbasierter Softwaretechnologie

Grundlagen für die Programmierung

Produktionssystem "Mobilseilkran"



Abteilung Management Waldnutzung
Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2003, 2007

Version	Bearbeiter	Datum	Status	Kommentar
1.0	Frutig/ Lemm	18.2. 99	Entwurf	
	Frutig	23.02.99		Korrekturen und Ergänzungen
	M. Breitenstein	Dez. 2002		Formatierung gem. V. Erni
2.0	M. Breitenstein	27.05.03		Korrekturen tel. gem. Fg. und Formatanpassungen
3.0	V. Erni	19.02.07		Korrekturen
4.0	S. Holm	12.12.2014		Korrekturen
2.3	F. Frutig	28.03.2019		Korrektur Projektierung

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	6
2.3.3	Veränderungen	6
2.4	Erforderliche Arbeitsbedingungen	6
2.4.1	Technik und Personal	6
2.4.2	Gelände und Erschliessung.....	6
2.4.3	Waldbestände und waldbauliche Massnahmen	7
2.5	Berechneter Output.....	7
3	Produktionssystem – mathematische Darstellung.....	7
3.1	Übersicht	7
3.2	Projektierung	8
3.2.1	Systemzusammensetzung.....	8
3.2.2	Berechnungen	8
3.2.3	Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m^3 i.R.	8
3.3	Installation (Montage und Demontage)	9
3.3.1	Systemzusammensetzung.....	9
3.3.2	Berechnungen	9
3.3.3	Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m^3 i.R.	12
3.4	Seilen des Holzes.....	12
3.4.1	Systemzusammensetzung.....	12
3.4.2	Berechnungen	13
3.4.3	Zusammenfassung der Teilzeiten pro Lastzyklus	14
3.4.4	Umrechnung der Zeit/Last auf Zeit/ m^3 i.R.	14
3.4.5	Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m^3 i.R.	15
3.5	Lagerplatzarbeiten.....	15
3.5.1	Systemzusammensetzung.....	15
3.5.2	Berechnungen	15
3.5.3	Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m^3 i.R.	16
3.6	Weitere Aufwände.....	16
3.7	Zusammenfassung der Zeiten	16
3.8	Abkürzungen und Definitionsbereich	17
4	Anhang	20
4.1	Zeitsystem im Komponentenmodell „Mobilseilkran“	20
4.2	Berechnung der System- und Faktorzeiten.....	20
4.3	Beurteilung der Qualität des Modells (im Hinblick auf die Verwendung in Holzernte-Komponenten).....	21

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung des Grundlagenmodells

In den Jahren 1985-1990 fanden die Mobilseilkräne mittlerer Grösse auch in der Schweiz eine grössere Verbreitung, nicht zuletzt aufgrund der Versuchseinsätze der damaligen EAFV mit einem Mobilseilkran KOLLER K-600. Bei diesen Versuchseinsätzen wurden sogenannte Globalaufschriebe und einige wenige Detailzeitstudien vorgenommen, aus denen Richtwerte für die Zeitaufwände bei der Installation und beim Rücken abgeleitet werden konnten. Diese Ergebnisse sind, neben vielen anderen, im Bericht 316 der EAFV festgehalten. Mit der weiteren Verbreitung der Mobilseilkräne in der Schweiz entstand der Bedarf an einer eigentlichen Kalkulationsgrundlage, wie sie 1986 für konventionelle Seilkräne veröffentlicht wurde. Deshalb wurden bei 15 Mobilseilkraneinsätzen von Forstunternehmern und Forstbetrieben Detailzeitstudien durchgeführt. Die Auswertungen sind abgeschlossen, die Ergebnisse müssen jedoch noch so dargestellt werden, dass sie veröffentlicht werden können.

1.2 Verzeichnis der Quellen

ERNI, V.; LEMM, R.; 1995: Ein Simulationsmodell für den Forstbetrieb – Entwurf, Realisierung und Anwendung. Bericht Nr. 341. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

FRUTIG, F.; TRÜMPI, D.; 1990: Holzbringung mit Mobilseilkran. Ergebnisse der Versuchseinsätze mit dem KOLLER K-600. Bericht Nr. 316. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

FRUTIG, F.; 1999: Holzbringung mit Mobilseilkränen mittlerer Grösse. Projektunterlagen, noch nicht veröffentlicht. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

1.3 Beurteilung

Das Produktivitätsmodell für mittlere Mobilseilkräne ist sehr aktuell. Berücksichtigt werden die heute gängigen Maschinen und Arbeitsverfahren. Bei den Arbeitsverfahren beschränkt sich das Modell bisher auf das Sortimentsverfahren, die Bringung von Vollbäumen oder Vollbaumteilen wird vom Modell nicht abgebildet. Es darf zwar angenommen werden, dass das Modell auch für Vollbäume oder Vollbaumteile angewendet werden kann (entsprechend höheren Stückinhalt einsetzen), das Modell wurde jedoch nicht mit Daten von Vollbäumen erstellt und auch nicht dafür überprüft.

Dem Modell liegen für den Teil Installation 22 Seillinien zugrunde, beim Seilen (eigentliches Rücken des Holzes) sind es 699 Lastzyklen. Untersucht wurden sowohl 2-Seil- wie auch Mehrseilsysteme bei Bergauf- und Bergabbringung.

Das Grundlagenmodell wurde bisher erst mit den Daten aus den Zeitstudien überprüft (verifiziert), jedoch noch nicht mit neuen Daten aus der Praxis (validiert).

Die Treffsicherheit kann noch nicht abschliessend beurteilt werden. Für den Modellteil Installation ergaben sich im Einzelfall Abweichungen von -23% bis +46%, für den Modellteil Betrieb von ca. $\pm 30\%$.

Zusätzlich zu dem aus einzelnen Teilzeiten zusammengesetzten Modell wurde ein „Gesamtmodell“ mit dem Statistikprogramm SAS berechnet (E. Kaufmann). Die Treffsicherheit liegt bei einer Wahrscheinlichkeit von 68% für die Installation bei $\pm 23\%$, für das Seilen bei $\pm 28\%$.

Die Treffsicherheit (Schätzgenauigkeit) der beiden Modelle liegt damit im Rahmen derjenigen beim konventionellen Seilkran.

In den nachfolgenden Ausführungen wird vorerst das aus den Teilzeiten zusammengesetzte Modell verwendet, da es im Einzelfall eine feinere Anpassung an die tatsächlichen Gegebenheiten erlaubt. Eine spätere Verwendung des „Gesamtmodells“ ist aber denkbar. Die Eingangsgrößen sind teilweise messbar, teilweise müssen sie geschätzt bzw. abgeleitet werden (mittl. Stückinhalt, Lastvolumen).

1.4 Zeitangaben

Für die Modellteile Projektierung und Installation werden im Grundlagenmodell die Zeiten in Personalstunden pro jeweilige Teilarbeit angegeben. Es wird also das zu leistende Arbeitsvolumen ausgewiesen. Die Zeitangabe wurde so gewählt, weil hier im Einzelfall unterschiedlich viel Personal eingesetzt werden kann. Die durchschnittliche Equipengröße beträgt bei der Projektierung 2 Arbeitskräfte, bei der Installation 3 Arbeitskräfte.

Die Zeiten für das Seilen des Holzes werden in Min./Lastzyklus angegeben. Es wird also das System betrachtet und nicht wie bei der Installation die einzelne Arbeitskraft.

Die Equipengröße kann aufgrund der technischen Rahmenbedingungen zwischen 2 und 3 Arbeitskräften variieren (ohne Verziehen und Lagern).

2 Produktionssystem – verbal-bildliche Darstellung

Anmerkung

In diesem Grundlagenbericht wird der Masseinheit m³ für die Holzvolumina (z. B. Holzmenge, Volumenmittelstamm) häufig der Zusatz i.R. (in Rinde) oder o.R. (ohne Rinde) angefügt.

Bei der Umsetzung der Grundlagen in EDV-Modelle 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").

2.1 Produktionsfaktoren

Den Berechnungen im Komponentenmodell werden folgende Produktionsfaktoren zugrunde gelegt:

Projektierung

- 2 Arbeitskräfte

Installation

- 1 Mobilseilkrananlage mittlerer Größe, bestehend aus Mobilseilkran mit Beseilung, Laufwagen und Zubehörmaterial
- 3 Arbeitskräfte

Seilen (Seilkranbetrieb)

- 1 Mobilseilkrananlage mittlerer Größe, bestehend aus Mobilseilkran mit Beseilung, Laufwagen und Zubehörmaterial
- 2-3 Arbeitskräfte (1 Maschinist, 1 oder selten 2 Arbeitskräfte zum Anhängen im Bestand)

Anmerkung: In der Regel steht der Mobilseilkran am Absenkplatz des Holzes, so dass der Maschinist selber abhängen kann. Andernfalls kann der Maschinenführer des Lagerplatzfahrzeuges das Holz abhängen.

Im Grundlagenmodell nicht enthalten, für die Kostenberechnung jedoch zusätzlich zu berücksichtigen:

Lagern

- 1 Fahrzeug, in der Regel mit Holzgreifer
- 1 Arbeitskraft

Charakterisierung „Mittlerer Mobilseilkran“:

Tragseillänge 600 - (700) m, Tragkraft Laufwagen 2.5 Tonnen, Masthöhe 9-12 m. In der Regel ausgerüstet für Bergauf- und Bergabbringung.

2.2 Produktionsprozess

2.2.1 Arbeitsaufgabe

Die Arbeitsaufgabe besteht darin, Rundholzabschnitte, Langholz oder Vollbäume via Trageil aus dem Waldbestand an eine lastwagenfahrbare Strasse oder im Ausnahmefall an einen Maschinenweg zu bringen.

2.2.2 Arbeitsabläufe

Das Komponentenmodell bildet folgende Prozesse ab:

- Projektierung (Seillinie abstecken, Profil aufnehmen, Projekt ausarbeiten)
Dieser Modellteil kann vom konventionellen Seilkran übernommen werden.
- Installation (Montage+Demontage)
Im Gegensatz zum konventionellen Seilkran werden Montage und Demontage schon im Grundlagenmodell nicht mehr getrennt behandelt, sondern von Anfang an zusammengefasst.
- Seilen des Holzes (eigentlicher Transportvorgang)
- Lagern des Holzes (inkl. allfälliges Verschieben und Sortieren)
Für diesen Modellteil existieren, wie auch beim konventionellen Seilkran, keine Berechnungsgrundlagen.

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

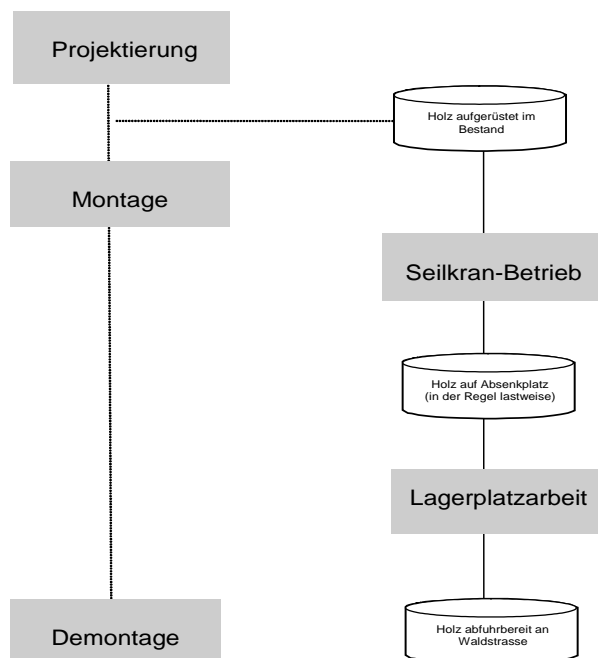


Abbildung 1: Übersicht „Holzbringung mit Mobilseilkran“

2.3 Input- und Outputzustand

2.3.1 Inputzustand

Holzsortimente: Trämel oder Doppelträmel, Längen 4-6/8-12 m, fertig aufgerüstet oder teilentastet, alle in der Schweiz vorkommenden Durchmesser. Für Vollbäume und Vollbaumteile kann das Modell grundsätzlich auch angewendet werden, es wurde dafür aber nicht überprüft.

Lage des Holzes:

Die Holzabschnitte liegen im Bestand im Bereich der Seillinie (üblicher max. Abstand rechtwinklig zur Seillinie ca. 40 m, längere Distanzen jedoch technisch auch möglich).

Informationen: keine.

2.3.2 Outputzustand

Holzsortimente:

gleich wie Inputzustand.

Lage des Holzes:

Die Holzabschnitte liegen auf dem Absenkplatz unter der Seillinie.

Von hier muss in den allermeisten Fällen das Holz mit einer Maschine/Fahrzeug auf einen Lagerplatz gebracht werden. Nur in seltenen Fällen ist der Absenkplatz zugleich auch Lagerplatz.

Informationen: keine.

2.3.3 Veränderungen

Rundholzabschnitte, welche in der Regel im Einzugsbereich der Seillinie flächig im Bestand liegen, werden lastweise (d.h. einige Holzstücke werden zu einem „Paket“ zusammengezogen) an einem Tragseil freihängend oder „kopfhoch“ an eine Waldstrasse gebracht und dort abgelegt.

2.4 Erforderliche Arbeitsbedingungen

2.4.1 Technik und Personal

- Mobilseilkrananlagen mittlerer Grösse (s. Abschnitt 2.1) wie sie im europäischen Gebirgsraum eingesetzt werden. Seillinienlängen bis ca. 700 m, Bergauf- und Bergabbringung (Maschinenstandort oben bzw. unten). Anlagen ohne Funkfernbedienung
- Das Personal ist mit Aufbau und Betrieb der Mobilseilkrananlage vertraut.

2.4.2 Gelände und Erschliessung

- Gelände: keine Einschränkung. Beliebige Tragseilneigungen möglich, auch Gegensteigungen oder flach.
- Erschliessung: Der Maschinenstandort befindet sich an einer lastwagenfahrbaren Strasse oder an einem Maschinenweg, auf dem der MSK an seinen Standort gebracht werden kann. Die Transportrichtung für das Holz kann bergauf oder bergab sein. Dank des Mehrseilsystems kann im Gegensatz zum konventionellen Seilkran auch „kopfhoch“ bergab gerückt werden.

2.4.3 Waldbestände und waldbauliche Massnahmen

- Das Komponentenmodell gilt für Durchforstungen und Lichtungen. Für Räumungen ist es anwendbar, unter Umständen kann aber hier die Bringungsleistung geringfügig höher sein als berechnet, weil der seitliche Zuzug weniger Zeit beansprucht (keine Rücksicht auf verbleibenden Bestand). Dieser Effekt dürfte aufgrund der Bandbreite in der Schätzgenauigkeit aber kaum sichtbar werden.
- Ferner gilt das Modell für alle Altersklassen und Durchmesserstufen. Erstellt wurde es für schweizerische Verhältnisse.

2.5 Berechneter Output

Das Komponentenmodell berechnet folgende Ergebnisse:

- Zeitbedarf des Produktionssystems pro Kubikmeter (Effizienz) oder Kubikmeter pro Zeiteinheit (technische Arbeitsproduktivität)
- Arbeitszeit der Produktionsfaktoren (Personal, Maschinen) pro m^3 i.R.

3 Produktionssystem – mathematische Darstellung

Anmerkung

In diesem Grundlagenbericht wird der Masseinheit m^3 für die Holzvolumina (z. B. Holzmenge, Volumenmittelstamm) häufig der Zusatz i.R. (in Rinde) oder o.R. (ohne Rinde) angefügt. Bei der Umsetzung der Grundlagen in EDV-Modelle 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").

3.1 Übersicht

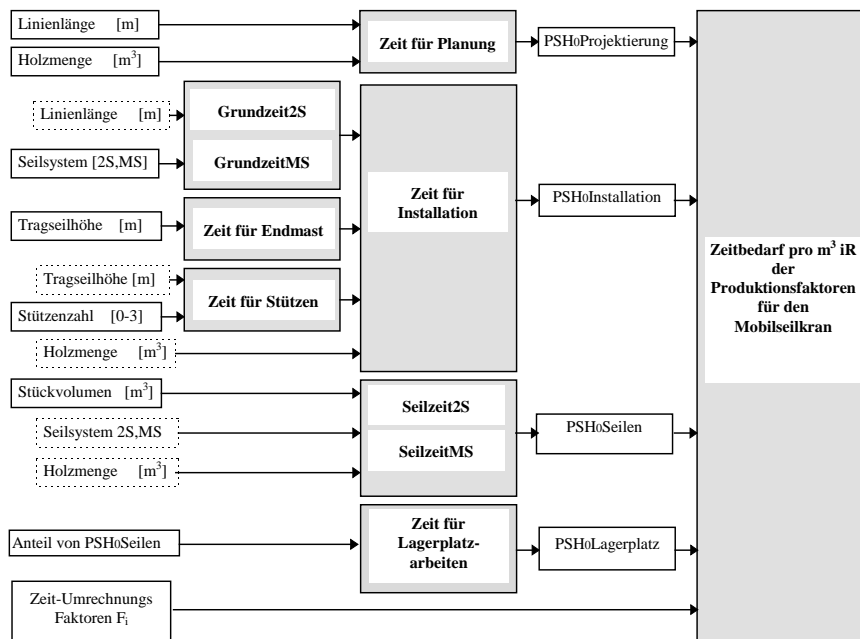


Abbildung 2: Übersicht über das Produktionssystem Mobilseilkran.

3.2 Projektierung

3.2.1 Systemzusammensetzung

Personal: Abstecken und Profil aufnehmen 2 Arbeitskräfte
 Projekt ausarbeiten 1 Arbeitskraft

Maschinen: keine

Um den Berechnungsgang zu vereinfachen, werden für die Projektausarbeitung zwei Arbeitskräfte und entsprechend nur die halbe Zeit eingesetzt.

3.2.2 Berechnungen

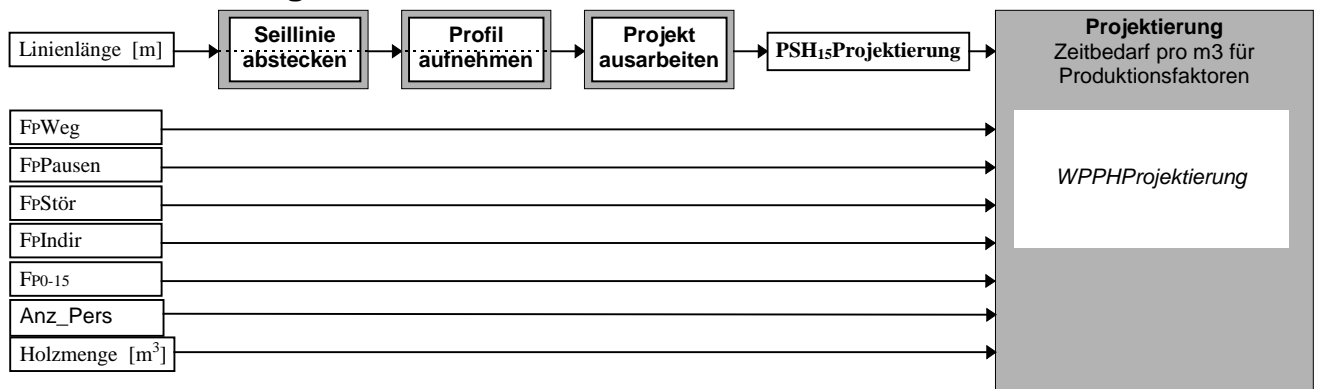


Abbildung 3: Teilarbeiten und Eingangsvariablen bei der Projektierung

$$PSH_{15} \text{ Abstecken} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} (50 + 0.6 * L)$$

$$PSH_{15} \text{ Profilaufnehmen} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} (0.4 * L)$$

$$PSH_{15} \text{ Projektausarbeiten} = \frac{1}{60} * (60 + 0.20 * L)$$

$$PSH_{15} \text{ Projektierung} = PSH_{15} \text{ Abstecken} + PSH_{15} \text{ Profilaufnehmen} + PSH_{15} \text{ Projektausarbeiten} [\text{Std}]$$

3.2.3 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³ i.R.:

WPPHPProjektierung

$$= \frac{(\text{Anz_Pers} * PSH_{15} \text{ Projektierung} * F_{Pindir} * F_{PWeg} * F_{PPausen} * F_{PStör})}{\text{Holzmenge}} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

$$\text{Anz_Pers} = 2$$

$$F_{P0-15} = 1.0$$

$$F_{Pindir} = 1.0$$

$$F_{PWeg} = \text{individuell z.B. 90 Min auf 540 Min} = 1.2$$

$$F_{PPausen} = \text{individuell}$$

$$F_{PStör} = 1.0$$

3.3 Installation (Montage und Demontage)

Montage und Demontage werden zu „Installation“ zusammengefasst, d.h. sie werden im Gegensatz zum konventionellen Seilkran formelmässig nicht mehr getrennt dargestellt. Nachfolgend wird nur noch von Installation gesprochen.

3.3.1 Systemzusammensetzung

Personal:

Für die Installation werden den Berechnungen drei Arbeitskräfte zugrunde gelegt.

Maschinen:

1 Mobilseilkrananlage mittlerer Grösse, bestehend aus Mobilseilkran mit Beseilung, Laufwagen und Zubehörmaterial. Verschiedentlich kommen bei der Montage weitere Hilfsmittel zum Einsatz (wie z.B. Schlittenwinden, Traktoren mit Seilwinde u.a.m.). Dies wird hier nicht berücksichtigt.

3.3.2 Berechnungen

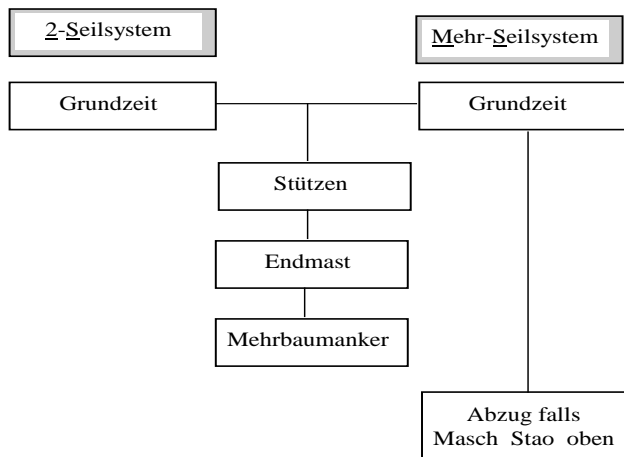


Abbildung 4: Berechnungsschema für Zuschläge und Abzüge bei der Installation.

Erläuterungen zu Abbildung 4:

Hinweis: die Wegzeiten für Materialtransporte und Verschiebungen innerhalb des Arbeitsgebietes sind in der Verteilzeit enthalten.

Grundzeit

Umfasst die Zeit für Arbeiten, welche bei jeder Seillinie vorkommen (MSK aufstellen, Tragseil einziehen, verankern und spannen, Zug- und Rückholseil einziehen, Laufwagen aufsetzen, Kontrollen und Probefahrt.

Für 2-Seilsystem und Mehrseilsystem wird je eine eigene Grundzeit ausgewiesen.

Stützen

Zeit für Stützenbau wenn das Material an Ort und Stelle ist. Materialtransporte zum Ort der Stützen sind in der Verteilzeit enthalten.

Es besteht kein Unterschied zwischen 2-Seil- und Mehrseilsystem.

Endmast

Siehe Stützen.

In der Regel wird 1 Endmast gebaut, da am einen Ende der Seillinie der Mast des MSK als Endmast dient.

Mehrbaumanker

Bei ungenügenden Ankerbäumen, müssen diese zurückgebunden werden oder das Tragseil wird um mehrere Bäume geführt. Dies ergibt einen Mehraufwand. Dieser ist von der Länge der Seillinie abhängig, da offenbar längere Seillinien auch stabiler gebaut werden (grössere Anzahl Lastfahrten, längere Benutzungszeit).

Mehrseilssystem: Maschinenstandort oben

Das Mehrseilssystem wird in der Regel zur Bergabbringung mit talseitigem Maschinenstandort eingesetzt. In einzelnen Fällen wird das Mehrseilssystem auch bei bergseitigem Maschinenstandort (Bringungsrichtung bergauf oder bergab) eingesetzt, insbesondere um die Vorteile des Verschiebens des Laufwagens sowie des aktiven Ausspulens des Zugseiles zu nützen. Bei bergseitigem Maschinenstandort können Zug- und Rückholseil und meist auch das Tragseil von Hand bergab in die Seillinie eingezogen werden. Deshalb muss ein Zeitabzug gemacht werden.

Verteilzeit

Die Verteilzeit umfasst sachliche und persönliche Verteilzeiten, ablaufbedingte Wartezeiten sowie Wegzeiten und Materialtransporte innerhalb des Arbeitsgebietes.

Nicht in der Verteilzeit enthalten sind bezahlte Wegzeiten zum Arbeitsort und Pausen. Diese werden mit separaten Faktoren berücksichtigt.

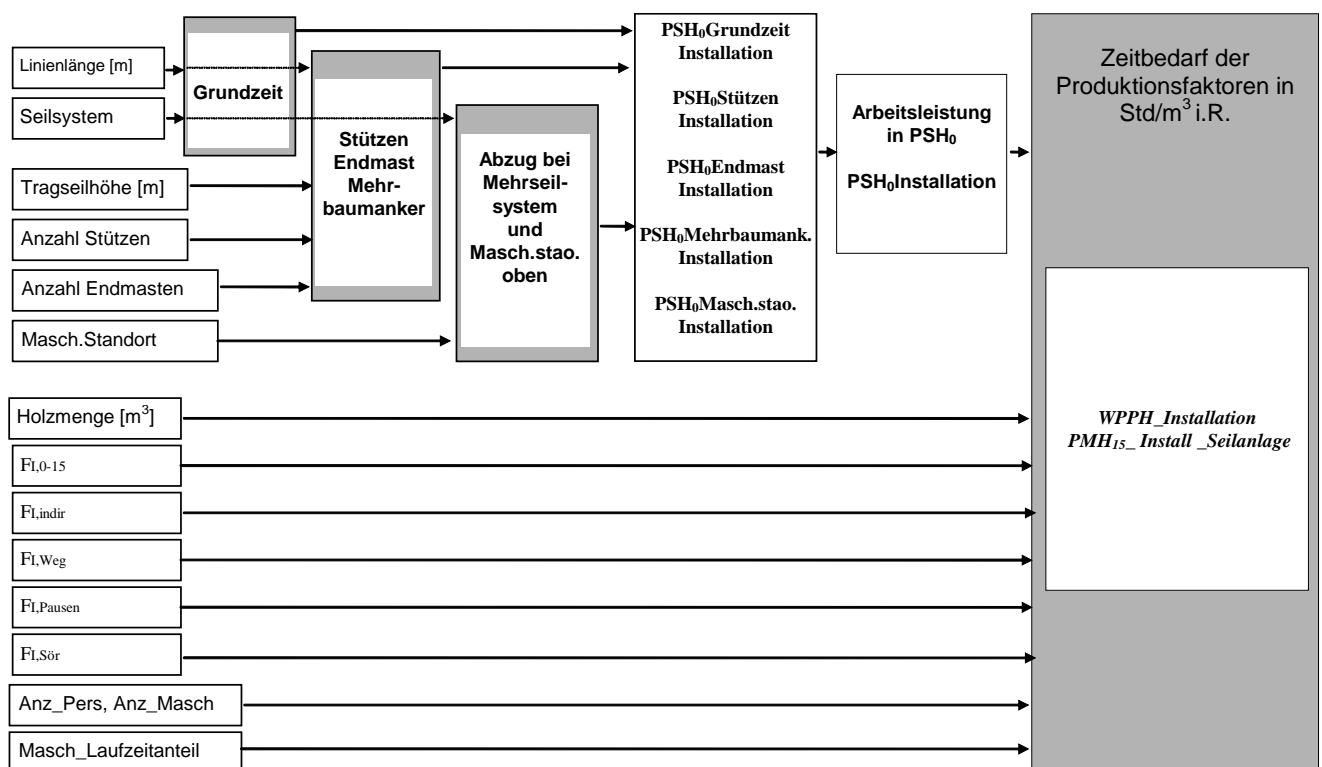


Abbildung 5: Teilarbeiten und Eingangsvariablen bei der Installation.

$$PSH_0 \text{Grundzeit2SI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} (497 + 0.577 * \text{Linienlänge}) [\text{Std}]$$

$$PSH_0 \text{GrundzeitMSI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} (281 + 2.332 * \text{Linienlänge}) [\text{Std}]$$

Zeiten für Endmasten :

$$PSH_0 \text{EndmastI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} * (-1.00 + 19.57 * \text{Tragseilhöhe}) [\text{Std}]$$

Zeiten für Stützen :

$$PSH_0 \text{StützenI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} * \text{Anzahl_Stützen} * (177.00 + 10.5 * \text{Tragseilhöhe}) [\text{Std}]$$

Falls Anzahl_Stützen unbekannt

$$\text{Anzahl_Stützen} = f(L)$$

Zuschlag für Mehrbaumanker :

falls Linienlänge > 150m

$$PSH_0 \text{MehrbaumankerI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} * (-17.00 + 0.149 * \text{Linienlänge}) [\text{Std}]$$

sonst

$$PSH_0 \text{MehrbaumankerI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} * (-17.00 + 0.149 * 150) [\text{Std}]$$

Abzug für Mehrseilssystem und Maschinenstandort oben :

$$PSH_0 \text{Masch_Stao_obenI} = \frac{1}{60} * \frac{1}{\text{Anz_Pers}} * (8.00 + 0.08 * \text{Linienlänge}) [\text{Std}]$$

Gesamtzeit für Installation pro m3 i.R.

$$PSH_0 \text{Installation} = \begin{bmatrix} PSH_0 \text{GrundzeitI} + PSH_0 \text{EndmastenI} \\ PSH_0 \text{StützenI} + PSH_0 \text{MehrbaumankerI} \\ - PSH_0 \text{Masch_Stao_obenI} \end{bmatrix} [\text{Std/m}^3]$$

3.3.3 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³ i.R.

$$WPPH_{Installation} = \frac{Anz_Pers * PSH_0 Installation * (F_{i0-15} * F_{i_{indir}} * F_{i_{Weg}} * F_{i_{Pausen}} * F_{i_{Stör}})}{Holzmenge} \left[\frac{Std}{m^3 i.R.} \right]$$

$$PMH_{15 Installation_Seilanlage} = \frac{PSH_0 Installation * (F_{i0-15} * Masch_Laufzeitanteil)}{Holzmenge} \left[\frac{Std}{m^3 i.R.} \right]$$

Faktoren:

Anz_Pers = 3

$F_{i0-15} * F_{i_{indir}} = F_{i_{verteilzeiten}} = \text{individuell} = 1.65$ (Frutig, 1999)

$F_{i_{Weg}} = \text{individuell z.B. 40 Min. auf 510 Min} = \frac{510}{470} = 1.08$

$F_{i_{Pausen}} = \text{individuell z.B. 40 Min. auf 510 Min} = \frac{510}{470} = 1.08$

$F_{i_{Stör}} = \text{individuell} = 1.0$

Masch_Laufzeitanteil = individuell = 0.2

Aufteilung der Installationszeit auf Montage und Demontage

Montage = 75%

Demontage = 25%

3.4 Seilen des Holzes

Betrachtet wird die Zeit pro Lastzyklus (Zeit/Last).

3.4.1 Systemzusammensetzung

Personal:

System mit 2 Personen: 1 Arbeitskraft beim Anhängen im Bestand, 1 Maschinist, der oft gleichzeitig das Holz am Absenkplatz abhängt (1 Arbeitskraft zum Verziehen, Sortieren und Lagern des Holzes wird unter Kap. 3.5 Lagerplatzarbeiten berücksichtigt).

System mit 3 Personen: wie oben, jedoch zusätzlich eine 2. Arbeitskraft beim Anhängen.

Maschinen:

1 Mobilseilkrananlage mittlerer Grösse, bestehend aus Mobilseilkran mit Beseilung, Laufwagen und Zubehörmaterial.

3.4.2 Berechnungen

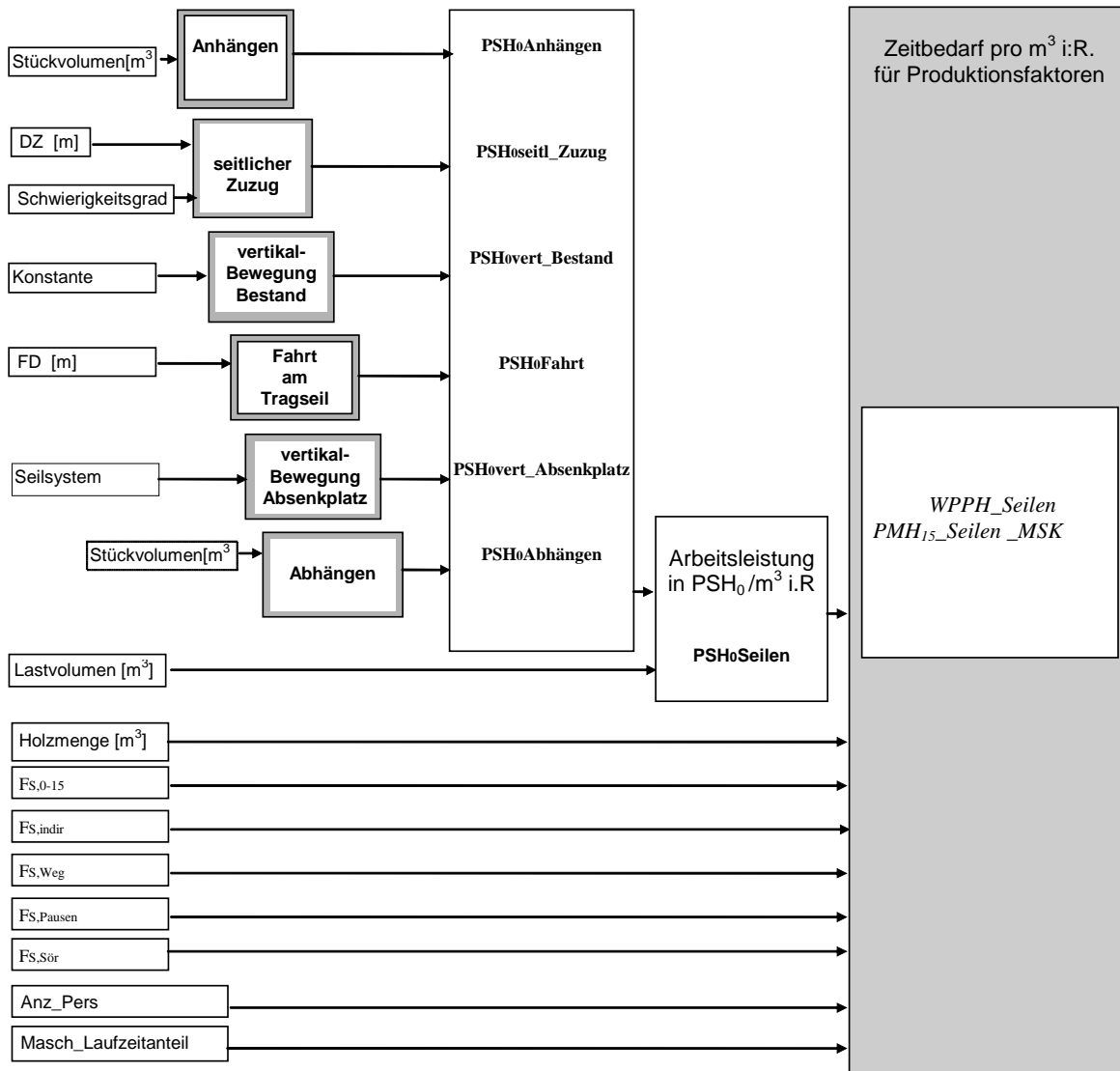


Abbildung 6: Teilarbeiten und Eingangsvariablen beim Seilen.

Formeln für Zeiten Seilen

Anhängen

$$P_{SH0} \text{ Anhängen} = \frac{1}{60} * (0.642 - 0.399 * \ln(\text{Stückvolumen})) \quad [\text{Std/Last}]$$

Seitlicher Zuzug

einfach (ohne wesentliche Hindernisse)

$$P_{SH0} \text{ seidl_Zuzug einfach} = \frac{1}{60} * (0.883 + 0.061 * \text{DZ}) \quad [\text{Std/Last}]$$

erschwert (coupiert, blocküberlagert, Gräben)

$$P_{SH0} \text{ seidl_Zuzug erschwert} = \frac{1}{60} * (1.578 + 0.068 * \text{DZ}) \quad [\text{Std/Last}]$$

Vertikalbewegung im Bestand

$$P_{SH0} \text{ vert_Bestand} = 0.0106 \quad [\text{Std/Last}]$$

Fahrt am Tragseil

$$P_{SH0} \text{ Fahrt} = \frac{1}{60} * (1.0452 + 0.00934 * \text{FD}) \quad [\text{Std/Last}]$$

Vertikalbewegung am Absenkplatz

$$P_{SH0} \text{ vert_Lager_2S} = 0.0151 \quad [\text{Std/Last}]$$

$$P_{SH0} \text{ vert_Lager_MS} = 0.0151 \quad [\text{Std/Last}]$$

Abhängen

$$P_{SH0} \text{ Abhängen} = \frac{1}{60} * (0.266 * \text{Stückvolumen}^{-0.69}) \quad [\text{Std/Last}]$$

Anmerkung

Bei der Vertikalbewegung am Absenkplatz wird im implementierten Modell nicht unterschieden zwischen 2-Seil- und Mehrseilsystem. Grund: Der Unterschied ist statistisch nicht gesichert und führt z. T. zu unrealistischen Ergebnissen. Verwendet wird in beiden Fällen 0.0151.

3.4.3 Zusammenfassung der Teilzeiten pro Lastzyklus

$$P_{SH0} \text{ Seilen_Last} = \left[\begin{array}{l} P_{SH0} \text{ Anhängen} + \text{einfach} * P_{SH0} \text{ seidl_Zuzug einfach} + \\ \text{erschwert} * P_{SH0} \text{ seidl_Zuzug erschwert} + P_{SH0} \text{ vert_Bestand} \\ + P_{SH0} \text{ Fahrt} + 2S * P_{SH0} \text{ vert_Absenkplatz_2S} + \\ MS * P_{SH0} \text{ vert_Absenkplatz_MS} + P_{SH0} \text{ Abhängen} \end{array} \right] \quad [\text{Std} / \text{Last}]$$

Dummyvariablen

falls einfach = 1 dann erschwert = 0 und umgekehrt

falls 2S = 1 dann MS = 0 und umgekehrt

3.4.4 Umrechnung der Zeit/Last auf Zeit/m³ i.R.

$$P_{SH0} \text{ Seilen} = \frac{P_{SH0} \text{ Seilen_Last}}{\text{Lastvolumen}} \quad [\text{Std} / \text{m}^3 \text{ i. R.}]$$

$$\text{Lastvolumen} = 0.691 + 0.668 * \text{Stückvolumen} + 0.0014 * \text{FD} \quad [\text{m}^3.]$$

3.4.5 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³ i.R.

$$WPPH = Anz_Pers * PSH_0\text{Seilen} * F_{s_{0-15}} * F_{s_{indir}} * F_{s_{Weg}} * F_{s_{Pausen}} * F_{s_{Stör}} \left[\frac{Std}{m^3 i.R.} \right]$$

$$PSH_{15}\text{Seilen} = PSH_0\text{Seilen} * F_{s_{0-15}}$$

$$PMH_{15}\text{Seilen_MSK} = PSH_{15}\text{Seilen} * Masch_Laufzeitanteil$$

$Anz_Pers = 2 \text{ oder } 3$ (in der Regel 2, seltener 3, wenn 2 Arbeitskräfte beim Anhängen)

$F_{s_{0-15}} = \text{individuell}$

$F_{s_{indir}} = \text{individuell}$

$F_{s_{Verteilzeit}} = F_{s_{0-15}} * F_{s_{indir}} = 1.098$ (Frutig, 1999; Pausen jedoch in Verteilzeit nicht enthalten)

$F_{s_{Weg}} = \text{individuell} = 1.08$

$F_{s_{Pausen}} = \text{individuell} = 1.08$ ($F_{s_{Weg}} * F_{s_{Pausen}} = 1.15 - 1.20$)

$F_{s_{Stör}} = \text{individuell} = 1.053$ (Auswertung Frutig)

$Masch_Laufzeitanteil = \text{individuell} = 0.9$

3.5 Lagerplatzarbeiten

Die Lagerplatzarbeiten umfassen das Wegnehmen des Holzes vom Absenkplatz (Verziehen), das Sortieren und das Lagern auf abfuhrbereite Polter.

3.5.1 Systemzusammensetzung

Für die Lagerplatzarbeiten können je nach betrieblichen und örtlichen Verhältnissen sehr unterschiedliche Mittel eingesetzt werden. Heute kommen mehrheitlich Kranfahrzeuge mit Holzgreifer zum Einsatz, welche gegenüber andern Mitteln bedeutende Vorteile bieten.

Personal 1 Maschinenführer (der oft auch das Holz vom Seilkran abhängt)

Maschinen 1 Kranfahrzeug mit Holzgreifer

3.5.2 Berechnungen

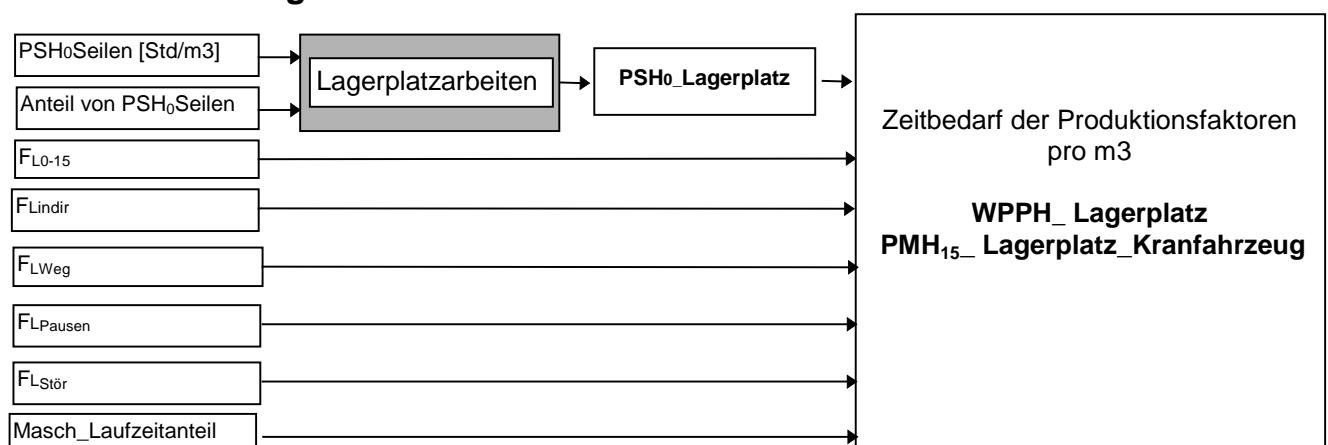
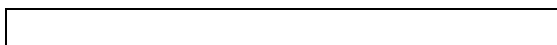


Abbildung 7: Teilarbeiten für Verziehen, Sortieren und Lagern im Modell 'Mobilseilkran'



3.5.3 Zeitbedarf der Produktionsfaktoren pro m³ i.R.

$$PSH_{0 \text{ Lagerplatz}} = PSH_{0 \text{ Seilen}} * \text{Anteil_}PSH_{0 \text{ Seilen}}$$

$$WPPHLagerplatz = \text{Anzahl_Pers} * PSH_{0 \text{ Lagerplatz}} * F_{S0-15} * F_{Sindir} * F_{SWeg} * F_{SPausen} * F_{SStör} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

$$PMH_{15 \text{ Lagerplatz_Kranfahrzeug}} = PSH_{0 \text{ Lagerplatz}} * F_{S0-15} * \text{Masch_Laufzeitanteil} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

Faktoren:

$$\text{Anz_Pers} = 1$$

$$F_{S0-15} = 1.05$$

$$F_{Sindir} = 1.05 \quad F_{S0-15} * F_{Sindir} = 1.098$$

$$F_{SWeg} = 1.08$$

$$F_{SPausen} = 1.08$$

$$F_{SStör} = 1.053$$

$$\text{Masch_Laufzeitanteil} = 1.0$$

$\text{Anteil_}PSH_{0 \text{ Seilen}}$ = Zeitanteil während des Seilens, bei dem ein Kranfahrzeug
zum Verziehen und Lagern im Einsatz ist = z. B. 0.7
Erfahrungen Biberbrugg 0.4 - 0.75

Als Korrekturfaktoren werden dieselben wie beim Seilen verwendet.

3.6 Weitere Aufwände

- An- und Abtransport der Mobilseilkrananlage: Personal, Fahrzeuge (nach Aufwand)
- Einsatz von Fahrzeugen für Material- und Personentransport während Projektierung, Installation, Seilen und Lagerplatzarbeiten (nach Aufwand)

$$WPPH\text{weitereAufwände} = \frac{WPPH\text{Transport_Seilanlage, Proj, Installation, Seilen}}{\text{Holzmenge}} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

$$PMH_{15}\text{weitereAufwände} = \frac{PMH_{15}\text{Transport_Seilanlage, Proj, Installation, Seilen}}{\text{Holzmenge}} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

3.7 Zusammenfassung der Zeiten

$$WPPHMSK = WPPH\text{Projektierung} + WPPH\text{Installation} + WPPH\text{Seilen} \\ + WPPH\text{Lagerplatz} + WPPH\text{weitere_Aufwände}$$

$$PMH_{15} \text{ MSK_MSK} = PMH_{15} \text{ Installation_MSK} + PMH_{15} \text{ Seilen_MSK}$$

$$PMH_{15} \text{ MSK_Kranfahrzeug} = PMH_{15} \text{ Lagerplatz_Kranfahrzeug}$$

$$PMH_{15} \text{ MSK_Fahrzeuge} = PMH_{15} \text{ Lagerplatz_Fahrzeuge}$$

$$PMH_{15} \text{ MSK_TransportMSK} = \text{"Eingabe"} \quad (\text{je nach Aufwand}) \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3 \text{ i. R.}} \right]$$

3.8 Abkürzungen und Definitionsbereich

Abkürzung	Definition	Default	Def. Bereich	Einheit
Anteil_PSH0Seilen	Anteil der PSH₀Seilen-Zeit, die eine Person für Verziehen, Sortieren und Lagern des Holzes eingesetzt wird.			[-]
Anz_Pers	Anzahl der bei der Arbeitsausführung beteiligten Personen		>0	[-]
Anzahl_Stützen	Anzahl der aufzustellenden Stützen (falls Anzahl nicht bekannt: abhängig von Linienlänge berechnet)		≥0	[-]
DZ	mittlere Distanz seith. Zuzug rechtwinklig zum Tragseil		0-ca.30	[m]
FD	mittlere Fahrdistanz des Laufwagens (schief gemessen)		>0	[m]
Fl.... 0-15 indir Pausen Weg Stör	Multiplikationsfaktor Installation: für unvermeidbare Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.	1.25 1.30 1.08 1.08 1.021	≥1.0	[-]
FP.... 0-15 indir Pausen Weg Stör	Multiplikationsfaktor Projektierung: für unverm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.	1.0 1.0 1.2 1.1 1.0	≥1.0	[-]
FS.... 0-15 indir Pausen Weg Stör	Multiplikationsfaktor Seilen und Lagerplatzarbeiten : für unverm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.	1.05 1.05 1.08 1.08 1.053	≥1.0	[-]
Holzmenge	Volumen der Gesamtmenge des geseilten Holzes		>0	[m ³]
L	Linienlänge		100- ca.700	[m]
Lastvolumen	durchschnittliches Volumen der Last		>0- ca.2.0	[m ³]
Masch_Laufzeitant.	Zeitanteil, während dem die Maschine läuft		0-1.0	[-]
PSH₀.... Abhängen Anhängen Fahrt Lagerplatz Seilen Seilen_Last seith_Zuzug vert_Bestand vert_Lager Abstecken Installation Endmastl Stützenl Grundzeit2SI GrundzeitMSI Mehrb.ankerl Mastao_oben_l Profilaufnehmen Projektausarbeit. Projektierung	Produktive Systemzeit ohne Unterbrüche Abhängen der Last am Lagerplatz Anhängen der Last im Bestand Fahrt am Tragseil Verziehen, sortieren und lagern am Lagerplatz Seilen der Last pro m ³ Seilen der Last gesamt seithlicher Zuzug der Last Vertikalbeweg. im Bestand (leer absenken, Last aufziehen) Vertikalbewegung am Lagerplatz (Last absenken, leer aufziehen) Abstecken der Seillinie Gesamte Systemzeit für die Installation (Montage+Demontage) Endmast Installation Stützen Installation Grundzeit Installation 2-Seilsystem Grundzeit Installation Mehrseilsystem Mehrbaumanker Installation Maschinenstandort oben Installation Aufnehmen des Seillinienprofils Ausarbeiten des Projektes Gesamt-Aufwand der Projektierung		≥0	[Std/m ³ i.R.]

seitl_Zuzug	mittlere Distanz des seitlichen Zuzuges		≥0	[m]
Stückvolumen	durchschnittliches Volumen des einzelnen Stammes, der transportiert wird		>0-ca. 1.50	[m ³]

Tabelle 1: Abkürzungen und Definitionen für das Modell „Mobilseilkran“.

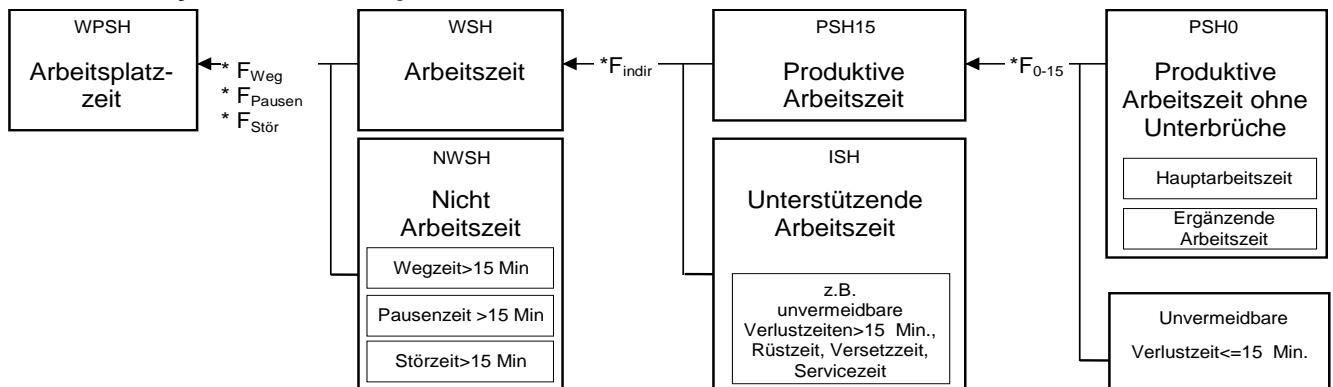
Abkürzung	Definition	Default	Def. Bereich	Einheit
Anteil_PSH0Seilen	Anteil der PSH₀Seilen-Zeit, die eine Person für Verziehen, Sortieren und Lagern des Holzes eingesetzt wird.			[-]
Anz_Pers.	Anzahl der bei der Arbeitsausführung beteiligten Personen		>0	[-]
Anzahl_Stützen	Anzahl der aufzustellenden Stützen (falls Anzahl nicht bekannt berechnet)		≥0	[-]
D.... Berg FSV Heli SV Tal Wb Ww	Dummy für: Bergfahrt der Seilwinde folgt eine Seillinien-Verlegung nach der Demontage? Transport der Seilwinde mit Helikopter Seillinien-Verlegung bei der Montage Talfahrt der Seilwinde Windenstandort bleibt bei Verlegung der Seillinie Windenstandort wechselt mit Verlegung der Seillinie		0,1	[-]
DZ	Distanz seitlicher Zuzug rechtwinklig zum Trageil		10-	[m]
E	Eingriffsart (Durchforstung, Lichtung, Räumung)		1-3	
FD	Mittlere Fahrdistanz des Laufwagens (schieß gemessen)		>0	[m]
Fb.... 0-15 indir Pausen Wegzeite Stör	Multiplikationsfaktor Demontage: für unerm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.		≥1.0	[-]
Fm.... 0-15 indir Pausen Wegzeite Stör	Multiplikationsfaktor Montage: für unerm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.		≥1.0	[-]
Fp.... 0-15 indir Pausen Wegzeite Stör	Multiplikationsfaktor Projektierung: für unerm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.		≥1.0	[-]
Fs.... 0-15 indir Pausen Wegzeite Stör	Multiplikationsfaktor Seilen und Lagerplatzarbeiten: für unerm. Verlustzeiten <15 Min. für indir. Arbeitszeiten für Pausen >15 Min. für Wegzeiten >15 Min. für Störzeiten >15 Min.		≥1.0	[-]
G	Hindernisse (normal, erschwert, extrem)		1-3	[-]
H	Neigung des Geländes		≥0	[%/100]
Holzmenge	Volumen der Gesamtmenge des geseilten Holzes		>0	[m ³]
L	Linienlänge		100-2000	[m]
Lastvolumen	durchschnittliches Volumen der Last		>0 -1.50	[m ³]

PSH0....	Produktive Systemzeit ohne Unterbrüche		≥0	[Std/m ³ i.R.]
Abhängen	Abhängen der Last am Lagerplatz			
Anhängen₁	Anhängen der Last mit 1 Person			
Anhängen₂	Anhängen der Last mit 2 Personen			
Fahrt bergauf	Fahrt am Tragseil bergauf			
Fahrt bergab	Fahrt am Tragseil bergab			
Lagerplatz	Verziehen, sortieren und lagern am Lagerplatz			
Seilen	Seilen der Last pro m ³			
Seilen_Last	Seilen der Last gesamt			
seitl_Zuzug	Zuzug der Last seitlich			
vert_Bestand	Vertikalbeweg. im Bestand (leer absenken, Last aufziehen)			
vert_Lager	Vertikalbewegung am Lagerplatz			
Abstecken	Abstecken der Seillinie			
Demontage	Gesamte Systemzeit für die Demontage			
EndmStützenD	Endmaststützen Demontage			
EndmStützenM	Endmaststützen Montage			
GrundzeitD	Grundzeit Demontage			
GrundzeitM	Grundzeit Montage			
Montage	Gesamte Systemzeit für die Montage			
Profilaufnehmen	Aufnehmen des Seillinienprofils. Ausarbeiten des Projektes Gesamt-Aufwand der Projektierung			
Proj'ausarbeiten	Verlegung Windenstandort bleibt bei der Demontage			
Projektierung	Verlegung Windenstandort bleibt bei der Montage			
Verlegung	Verlegung Windenstandort wechselt bei der Demontage			
WbD	Verlegung Windenstandort wechselt bei der Montage			
WbM				
WwD	Windenselbstfahrt bergwärts Demontage			
WwM	Windenselbstfahrt bergwärts Montage			
Windenselbstfahrt	Windenselbstfahrt talwärts Demontage			
rt	Windenselbstfahrt talwärts Montage			
_BergD	Windentransport mit Helikopter			
_BergM				
_TalD				
_TalM				
Windentransport				
_Heli				
seitl_Zuzug	Distanz des Zuzuges beim Anhängen mit 1 Person		≥0	[m]
Stücklänge	Länge des zugezogenen Holzstückes		>0	[m]
Stückvolumen	durchschnittliches Volumen des einzelnen Stammes, der transportiert wird.		>0-1.00	[m ³]

Tabelle 2: Abkürzungen und Definitionen für das Modell 'konv. Seilkran'.

4 Anhang

4.1 Zeitsystem im Komponentenmodell „Mobilseilkran“



(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 8: Verwendetes Zeitsystem

Die in Abbildung 8 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				
	Arbeitsplatzzeit		Arbeitszeit (Work time)		
		Nicht Arbeitszeit (non work time)			
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

Tabelle 3: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe

4.2 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 :

$$PMH_0 = Anz_Masch * PSH_0 * Masch_Laufzeitanteil$$

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

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

$$WPMH = WMH * F_{Stör}$$

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

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

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

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

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

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

Grundlage: Produktivitätsmodell für Mobilseilkräne mittlere Grösse (FRUTIG, 1999)

Kriterien	Bewertung / Bemessung	Bemerkungen	Schematische Beurteilung
Erstellungsjahr	1999		+ * 0 -
Technische Aktualität	<u>aktuell</u> / teilw.veraltet / veraltet		+ * 0 -
Umfang der Datenbasis	gross / <u>mittel</u> / klein / unbekannt, Anzahl	44 Seillinien	+ * 0 -
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<u>gut</u> / mittel / schlecht / unbekannt		+ * 0 -
Dokumentation	<u>ausführlich</u> / mittel / rudimentär		+ * 0 -
Treffericherheit der Prognose	Abweichung \pm .25. %		+ * 0 -
Grundlage verifiziert	<u>ja</u> / nein / unbekannt		+ * 0 -
Grundlage validiert	(<u>ja</u>) / nein / unbekannt	einige Praxisberechnungen	+ * 0 -
Messbarkeit der Input-Variablen	messbar / <u>teilw. messbar</u> / nicht messbar	Mittleres Stückvolumen des zu seilenden Holzes muss geschätzt werden	+ * 0 -
Detaillierungsgrad	mittel-gross		+ * 0 -
Output	Zeitbedarf / Leistung / Kosten pro m3 / pro ha		+ * 0 -

Fazit: (kurze verbale Charakterisierung)

Detailliertes Produktivitätsmodell für Einzellinien, das auf einer mittelgrossen Datenmenge basiert. Umfasst alle heute gebräuchlichen Seilsysteme bei Mobilseilkränen. Keine Daten von Mobilseilkränen mit Funkfernbedienung sowie von funkgesteuerten Klemmvorrichtungen auf dem Laufwagen. Ausgearbeitet für die Bringung von Trämlen und Doppelträmlen, Anwendung für Vollbäume prinzipiell möglich, aber nicht überprüft. Das Modell ist aufgrund der je nach Gelände zu erwartenden Schwierigkeiten, des grossen Erstellungs- und Betreuungsaufwandes sehr genau ausgearbeitet. Jede der möglichen Teilarbeiten kann den Schwierigkeiten entsprechend angepasst und berechnet werden.

Beurteilung durch: ...Fg.....

Datum: .17.02.99

