
JuWaPfl – IT-basierte Modelle zur Schätzung von Produktivität und Kosten für die erste Produktionsstufe, insbesondere für die Bestandesbegründung und Jungwaldpflege

Fachlicher Schlussbericht



Bild: Fritz Frutig, WSL

Wichtiger Hinweis:

Das IT-Tool *Jungwaldpflege Version 1.0 / Juni 2021* und die Dokumentationen zu den einzelnen Berechnungsmodellen sind als fachliches Ergebnis Bestandteil dieses Schlussberichtes.

Finanzierungsbeitrag: Bundesamt für Umwelt BAFU, Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz
Projekt-Nr.: 2017.04
Referenz-Nr.: REF-1011-85140
Laufzeit: 02/2018 - 05/2021 (verlängert)
Datum: 7. Juni 2021
Autor: Fritz Frutig

Kontakt:

Dr. Janine Schweier
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

Projektmitarbeiter:

Fritz Frutig, Eidg. Forschungsanstalt WSL
Dr. Renato Lemm, Eidg. Forschungsanstalt WSL
Dr. Oliver Thees, Eidg. Forschungsanstalt WSL
Dr. Anton Bürgi, Eidg. Forschungsanstalt WSL
Dr. Stefan Holm, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Externer Projektmitarbeiter:

Dr. Peter Ammann, Fachstelle Waldbau (Lyss) und Amt für Wald Kanton Aargau, Sektion Waldbewirtschaftung (Aarau)

Projektpartner:

Fachstelle Waldbau, Lyss (Dr. Peter Ammann)
Fachstelle für Gebirgswaldpflege Maienfeld (Lukas Glanzmann)

Zitiervorschlag:

Frutig, F., Lemm, R., Holm, S., Thees, O. (2021): JuWaPfl - IT-basierte Modelle zur Schätzung von Produktivität und Kosten für die erste Produktionsstufe, insbesondere für die Bestandesbegründung und Jungwaldpflege. Schlussbericht zuhanden der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 19 S.

Unser Dank gilt:

- dem Bundesamt für Umwelt BAFU bzw. der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes
- den zahlreichen Revier- und Betriebsleitern in der Schweiz, welche unsere Umfrage beantwortet und damit die Auswahl der relevanten Arbeiten der 1. Produktionsstufe ermöglicht haben
- den Forstbetrieben und Forstverwaltungen in der Schweiz und in Deutschland, welche uns Zeiterhebungen und Projektabrechnungen von Jungwaldpflegearbeiten zur Verfügung gestellt haben.

Inhaltsverzeichnis

I	Zusammenfassung	iv
	Résumé	v
1.	Ausgangslage	1
2.	Vorabklärungen	2
3.	Projektziel	4
4.	Darstellung der einzelnen Produktivitätsmodelle	5
4.1.	<i>Allgemeine Hinweise</i>	5
4.2.	<i>Wertastung</i>	5
4.3.	<i>Z-Baum-Durchforstung inkl. Kronenschnitt.....</i>	6
4.4.	<i>Austrichtern im Jungwuchs</i>	6
4.5.	<i>Wildschutz-Massnahmen</i>	6
4.6.	<i>Massnahmen gegen Schneegleiten.....</i>	7
4.7.	<i>Begehungswege erstellen</i>	7
4.8.	<i>Pflanzung</i>	8
4.9.	<i>Rückegassen planen.....</i>	9
5.	IT-gestütztes Berechnungstool	10
6.	Umsetzung der Ergebnisse	12
7.	Schlussfolgerungen und Ausblick	13
	Anhang.....	14

I Zusammenfassung

Bereits 1996 hat die WSL Berechnungsmodelle zur Kalkulation von Zeitbedarf und Kosten für Jungwaldpflegearbeiten erstellt. Diese sind inhaltlich nicht mehr auf dem neusten Stand und auf heutigen Betriebssystemen nicht mehr verwendbar. Im Jahr 2017 hat eine Umfrage bei allen forstlichen Revier- und Betriebsleitern in der Schweiz aufgezeigt, welche Arbeiten der 1. Produktionsstufe heute von der Praxis als wichtig erachtet werden und durch Kalkulationsgrundlagen unterstützt werden sollten. Aufgrund der Ergebnisse der Umfrage wurden folgende Arbeiten ausgewählt, für welche im Rahmen des von der WHFF-CH finanziell unterstützten Projektes neue IT-gestützte Berechnungsmodelle erstellt wurden: Wertastung, Z-Baum-Durchforstung, Austrichern im Jungwuchs, Wildschutz (Einzelschutz und Zaun), Massnahmen gegen Schneegleiten, Begehungswege erstellen, Pflanzung und Planen von Rückegassen (aufgrund der Datenlage noch nicht abgeschlossen). Bei allen Modellen stellte die Beschaffung von guten Datengrundlagen eine grosse Herausforderung dar; die eingeschränkte Datenbasis einzelner Modelle soll daher weiter ergänzt werden. Für jedes Modell wurde eine ausführliche Dokumentation zu den Arbeitsverfahren, Datengrundlagen, wichtigen Einflussgrössen auf die Produktivität sowie zu Aufbau und Handhabung erstellt. Die Modelle wurden anschliessend in der Programmiersprache Java programmiert und in einem Berechnungstool mit anwenderfreundlichen Benutzeroberflächen zusammengefasst. Die neuen Jungwaldpflegemodelle JuWaPfl der WSL stellen neben den Holzernteproduktivitätsmodellen HeProMo nützliche moderne Grundlagen dar, um das nachhaltige Management der Wälder zu gewährleisten.

Résumé

C'est en 1996 déjà que le WSL créa des modèles de calcul pour les soins aux jeunes forêts, le contenu de ces modèles n'est plus à jour et ne peut, de ce fait, plus être utilisé par les systèmes d'exploitation actuels. En 2017, une enquête menée auprès de tous les gestionnaires forestiers de Suisse a montré quels sont les travaux du premier échelon de production qui sont considérés comme important pour la pratique d'aujourd'hui. Sur la base des résultats de l'enquête, les domaines de travail suivants ont été sélectionnés pour lesquels de nouveaux modèles de calcul assistés par ordinateur ont été créés dans le cadre du projet soutenu financièrement par le FOBO-CH: élagage de mise en valeur, éclaircie à distance définitive, dégagement en "entonnoir" au stade du rajeunissement/fourré, protection du gibier (protection individuelle et clôture), mesures contre la reptation de la neige, création de chemins d'accès, plantation et planification de la desserte en terrain carrossable (pas encore terminé en raison de la quantité et de la qualité de données disponibles). Obtenir une banque de donnée de qualité représentait un défi majeur pour tous les modèles. Pour chaque modèle, une documentation détaillée a été créée sur les processus de travail, la base de données nécessaires, les facteurs importants influençant la productivité et la structure du modèle. Les modèles ont ensuite été implémentés sur la base de la programmation Java dans un outil de calcul assisté par informatique avec des interfaces conviviales pour les utilisateurs. Cela les rend faciles à utiliser dans et par la pratique.

1. Ausgangslage

Ab 1996 hat die heutige Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft der WSL Berechnungsmodelle zu Zeitaufwand und Kosten verschiedener Jungwaldpflegearbeiten erstellt und bereits damals in ein IT-gestütztes Berechnungstool umgesetzt (Erni, V., Ramp, B., Lemm, R., 2000: Ein Versuch, vorhandene Grundlagen zu nutzen. Kalkulation von Jungwaldpflegearbeiten. Wald&Holz 81, 10: 37-40). Aufgrund zunehmender Anfragen aus der Forstpraxis nach neueren Jungwaldpflege-Berechnungsmodellen und weil die alten auf DOS-Basis erstellten IT-Modelle auf neueren Betriebssystemen nicht mehr lauffähig waren, beschloss die Forschungsgruppe, diese Modelle mit finanzieller Unterstützung der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH) zu erneuern (Projekteingabe Nr. 2016.13). Das Expertengremium hat in der Antwort auf das erste Gesuch vom September 2016 verlangt, dass vor dem Projektstart grundsätzliche Abklärungen in der Forstpraxis zu den gängigen Pflanz- und Pflegeverfahren zu machen seien. Es wurde einerseits bezweifelt, ob die Herausforderungen der Zukunft in der Bestandesbegründung und der Jungwaldpflege liegen würden und andererseits vermutet, dass durch den Klimawandel Pflanzungen wieder an Bedeutung gewinnen könnten.

2. Vorabklärungen

Wir haben im November 2017 einen Fragebogen mit 55 Fragen an 711 Revier- bzw. Betriebsleiter in der ganzen Schweiz verschickt. Davon kamen 427 Fragebogen ausgefüllt zurück, was eine sehr erfreuliche Rücklaufquote von rund 60% ergibt. Allein dies zeigt schon, dass in der Forstpraxis den Arbeiten der 1. Produktionsstufe nach wie vor eine grosse Bedeutung zugemessen wird. Die Auswertung der Antworten wurde im Bericht "Ergebnisse der Umfrage in der Forstpraxis vom November 2017 zu den heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren und zu allenfalls vorhandenen Daten zu Zeitaufwand und Kosten" vom 9. Febr. 2018 dargelegt (siehe Anhang). Weiter wurden die Ergebnisse in der Zeitschrift Wald&Holz veröffentlicht (Frutig, F., Lemm, R., 2018: Bestandesbegründung und Jungwaldpflege: Kalkulationsgrundlagen. Wald&Holz 7: 8-10).

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Umfrage, eingeteilt in fünf Hauptkategorien von Arbeiten der 1. Produktionsstufe; grundsätzlich wurden alle fünf als recht wichtig erachtet. Naturgemäss gibt es je nach Sachgebiet Unterschiede zwischen den Regionen Flachland und Gebirge. Dem Flachland zugeteilt wurden die Forstregionen Mittelland und Jura, die Forstregionen Voralpen, Alpen und Alpensüdseite bilden die Region Gebirge.

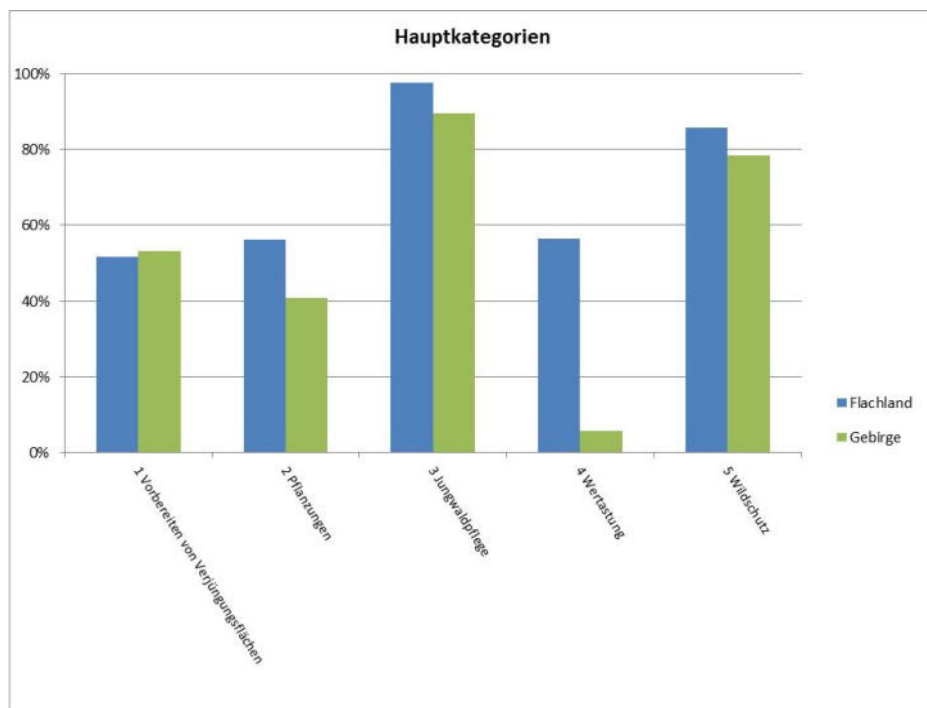


Abbildung 1: Die Themengebiete der Umfrage zur Jungwaldpflege wurden in 5 Hauptkategorien eingeteilt. Dargestellt sind für jede Hauptkategorie die Themen, welche mit "wichtig" und "eher wichtig" bewertet wurden, aufgeteilt nach den Regionen Flachland und Gebirge.

Anschliessend wurden in den Hauptkategorien diejenigen Arbeiten ausgewählt, welche mehr als 50% der Umfrageteilnehmer für "wichtig" oder "eher wichtig" hielten (Tab. 1).

Tabelle 1: Auswahl der wichtigsten Ergebnisse aus der Umfrage bei den Revier- und Betriebsleitern, dargestellt für die Regionen Flachland und Gebirge. Die Prozentangabe der Wichtigkeit umfasst die beiden Nennungen "wichtig" und "eher wichtig". In den beiden letzten Spalten ist die Anzahl genannter Datenquellen zu den einzelnen Arbeiten angegeben.

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
11	Pflanzung mit Haue	80	70	13	6
	16 Nacktwurzler	78	75	11	4
	17 Ballenpflanzung	35	50	0	0
	18 Quickpot	65	0	9	0
21	Austrichtern	87	72	13	6
22	Mischungsregulierung Jungwuchs	83	70	12	5
23	Mischungsregulierung Dickung	91	81	14	6
28	Waldrandpflege	81	65	9	4
31	Wertastung bis 6m Höhe mit Leiter und Handsäge	59	9	3	0
32	mit Stangensäge	48	8	2	0
40	Einzelschutz mit Wuchshülle	60	33	5	0
41	Einzelschutz Drahtkorb/ Kunststoffkorb	60	62	5	1
45	Flächenschutz Drahtgeflecht	38	42	4	7
49	Rückegassen planen und markieren	89	40	6	0
52	Begehungswege erstellen	17	64	0	4
53	Massnahmen gegen Schneegleiten	4	56	0	6

Für die in Tabelle 1 dargestellten Arbeiten sollten im Projekt Berechnungsmodelle für Zeitaufwand und Kosten erstellt werden, was auch weitgehend erreicht werden konnte. Einzig die Position 28 "Waldrandpflege" wurde nicht realisiert, einerseits, weil die Arbeiten der Waldrandpflege dermassen heterogen sind, dass kaum ein Standardarbeitsverfahren definiert werden kann und andererseits, weil Daten dazu vollständig fehlen. Diese müssten für ein solches Modell eigens mittels Zeitstudien erhoben werden.

3. Projektziel

Das Projektziel war, für die evaluierten Arbeiten der 1. Produktionsstufe (Tab. 1) Grundlagen zu Zeitaufwänden, Leistungen und Kosten zu beschaffen und daraus je ein Produktivitätsmodell in Abhängigkeit von den wichtigen Einflussgrössen zu erstellen. Anschliessend sollten diese Produktivitätsmodelle in ein IT-gestütztes Berechnungstool umgesetzt werden. Die entsprechenden Arbeiten der 1. Produktionsstufe umfassen gemäss Tabelle 1 Massnahmen zur Bestandesbegründung (Pflanzung), Pflegemassnahmen in Jungwuchs, Dickung und Stangenholz, Wertastung, Wildschutzmassnahmen sowie technische Massnahmen (Verbauungen gegen Schneegleiten, Begehungswege, Rückegassen). Insgesamt galt es, acht Berechnungsmodelle zu entwickeln.

Zu jedem einzelnen Berechnungsmodell wurde eine ausführliche Dokumentation erstellt (im Anhang beigelegt), welche den fachlichen Inhalt des Projektes darstellt. Diese Dokumentation stellte die Grundlage für die IT-Umsetzung dar und ist auch jedem einzelnen IT-Modell als PDF-Datei angehängt (siehe JuWaPfl.jar), so dass für den Anwender die gesamten Datengrundlagen und Berechnungsformeln und somit die Funktionsweise und der Geltungsbereich jederzeit ersichtlich sind. Die Dokumentationen sind für alle Modelle ähnlich aufgebaut und geben Auskunft zu den verwendeten Grundlagendaten, zum jeweiligen Arbeitsverfahren, zu den wichtigen Einflussgrössen auf die Produktivität, zu den mathematischen Beziehungen (Formeln, Berechnungsgang) sowie zu den verwendeten Defaultwerten. Sie weisen am Schluss eine sogenannte Benutzerführung auf, welche die Basis für die Umsetzung in die IT-gestützten Modelle darstellt.

Die erstellten Modelle zur Schätzung von Produktivität und Kosten sollten mit der Programmiersprache Java in ein IT-gestütztes Tool umgesetzt werden. Die anwenderfreundlichen Benutzeroberflächen sollen die Nutzung der Modelle ohne vorgängige Konsultation von Handbüchern oder elektronischen Hilfeanleitungen ermöglichen. Sie müssen also so gestaltet sein, dass sie sich intuitiv bedienen lassen. Das IT-gestützte Berechnungs-Tool stellt das Hauptprodukt des Projektes dar.

4. Darstellung der einzelnen Produktivitätsmodelle

4.1. Allgemeine Hinweise

Eine allgemeine Erfahrung war, wie bereits im Vorfeld des Projektes befürchtet, dass die Arbeiten der 1. Produktionsstufe in der Praxis noch viel weniger dokumentiert werden, als diejenigen der 2. Produktionsstufe (Holzbereitstellung). Die Hauptschwierigkeit im Projekt war daher, genügend gute Grundlagendaten für die jeweiligen Modelle zu beschaffen. In der Umfrage bei den Revier- und Betriebsleitern haben wir deshalb zu jeder einzelnen Arbeit auch abgefragt, ob allenfalls entsprechende Daten zu Zeitaufwänden zur Verfügung gestellt werden könnten. Die 59 Betriebsleiter, welche Daten gemeldet hatten, wurden einzeln kontaktiert und schliesslich konnten 19 davon Daten zur Verfügung stellen. Allerdings waren diese Daten mit Ausnahme von zwei Fällen sehr rudimentär und nicht für die Erstellung von Produktivitätsmodellen verwendbar. Mit grossem Zeitaufwand konnten wir schliesslich selber Daten in der Schweiz und in Deutschland beschaffen sowie auch auf Literaturdaten zurückgreifen. Ein Glücksfall war, dass wir für drei Modelle (Wertastung, Z-Baum-Durchforstung, Austrichern) Peter Ammann von der Fachstelle Waldbau gewinnen konnten. Er verfügte über gute eigene Daten in grösserem Umfang und konnte weitere Daten über persönliche Kontakte beschaffen. Dieser Drittauftrag war dank der finanziellen Unterstützung durch die WHFF-CH möglich. Alle Produktivitätsmodelle sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Ausgegangen wird von der reinen Arbeitszeit, also der effektiven Arbeit am Objekt ohne Unterbrechungen. Zusätzlich zur reinen Arbeitszeit wird mit indirekten Arbeitszeiten von 10% gerechnet (Regenschutz anziehen, kurze Besprechungen, ...), d.h. die reine Arbeitszeit wird mit dem Faktor 1.1 multipliziert. Dieser Faktor ist ein Erfahrungswert aus umfangreichen eigenen Detailzeitstudien für die Holzernteproduktivitätsmodelle HeProMo. Weiter werden bezahlte Pausen- und Wegzeiten berücksichtigt. Der Anteil der bezahlten Pausen- und Wegzeiten an der täglichen Arbeitszeit kann frei gewählt werden, als Standardwert sind bei den Jungwaldpflegemodellen 60 Min. von 510 Min. täglicher Arbeitszeit hinterlegt, was einen Faktor von 1.133 ergibt. Aus den Personalzeiten und den Maschinenzeiten werden mit entsprechenden Stundenansätzen die Kosten berechnet. Für Gerätekosten (Leitern, Astungssägen, ...) werden anteilmässig Amortisationskosten eingesetzt.

Die Eingabefelder müssen bei allen Modellen einen Wert enthalten, sie sind also nie leer. Deshalb wurden für alle Eingangsgrössen sogenannte Defaultwerte definiert. Falls ein solcher Defaultwert in einem Eingabefeld vom Anwender nicht verändert wird, wird mit diesem Wert gerechnet. Deshalb haben wir hier möglichst durchschnittlichen Verhältnissen entsprechende Werte eingesetzt. Damit kann ein Anwender auch dann eine Zeit- und Kostenschätzung durchführen, wenn er einen einzelnen Eingabewert nicht genau kennen sollte.

4.2. Wertastung

Bei der Wertastung werden im Modell zwei Etappen unterschieden: Astung der 1. Etappe bis maximal 6m Höhe (mit Distelleiter, Anstellleiter oder Stangensäge) und Hochastung bis auf eine Höhe von 10-12m (Distelleiter, Aststummelmethode). Wichtige Eingangsgrössen sind die zu bearbeitende Fläche (ha), die Anzahl zu astender Bäume pro ha sowie die Hangneigung, die sich auf die Zeit für das Gehen von Baum zu Baum auswirkt. Zusätzlich wird die Astigkeit (Anzahl Äste, Dicke) in drei Stufen berücksichtigt.

Die Datengrundlagen sind sehr gut und aktuell, wurden sie doch mehrheitlich vom Bearbeiter des Modells, Peter Ammann, selber erhoben oder stammen aus Forstbetrieben, die eine enge Zusammenarbeit mit ihm haben.

4.3. Z-Baum-Durchforstung inkl. Kronenschnitt

Das Produktivitätsmodell umfasst die Jungwaldpflegearbeiten in Dickungen und im Stangenholz 1. Zusätzlich aufgenommen wurde der Kronenschnitt, welcher bei den waldbaulichen Massnahmen zur Verbesserung der Qualität zunehmend an Bedeutung gewinnt. Sie sind nicht bei allen Z-Bäumen nötig, sondern nur bei bestimmten Baumarten und werden gleichzeitig mit den Pflegemassnahmen ausgeführt. Wichtige Eingangsgrössen für das Modell *Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1* sind die Entwicklungsstufe (Dickung oder Stangenholz), die Anzahl Z-Bäume pro ha, die Anzahl zu entfernender Konkurrenten pro Z-Baum und die Hangneigung (Gehen von Baum zu Baum). Dazu kommen weitere Einflussfaktoren wie Belaubung (Sicht), Verunkrautung, Zersägen des Aushiebs (bessere Verrottung) und Lufttemperatur bei der Ausführung. Beim Kronenschnitt müssen die Anzahl Z-Bäume und die Höhe der Ausführung (unter oder über 2.5m) gewählt werden.

Die Grundlagendaten sind umfangreich und qualitativ sehr gut. Sie stammen einerseits aus Jungwaldpflegeaufträgen, die vom Bearbeiter des Modells, Peter Ammann, selber ausgeführt wurden, andererseits aus waldbaulich-ertragskundlichen Beobachtungsflächen des Kantons Aargau, von der Fachstelle Waldbau (BZW Lyss) und von der Fachstelle für Gebirgswaldpflege (BZW Maienfeld). Zum Kronenschnitt hat Peter Ammann eigene Zeitstudien durchgeführt.

4.4. Austrichtern im Jungwuchs

Unter "Austrichtern" wird das Zurückschneiden der Konkurrenzvegetation um die Zielpflanze verstanden. Flächiges Ausmähen erfolgt aufgrund der hohen Kosten und der ökologischen Nachteile immer seltener und wird deshalb im Modell nicht berücksichtigt. Unterschieden werden beim Austrichtern die beiden Arbeitsverfahren "Freischneider" (Motorgerät) und "Sichel" (manuell). Eingangsgrössen sind der Pflanzabstand in den Reihen sowie zwischen den Reihen oder alternativ direkt die Anzahl Pflanzen pro Hektare. Weitere relevante Eingangsgrössen auf die Produktivität sind der Grad der Verunkrautung, die Hangneigung, die Art der Wildschutzmassnahme (keine, Einzelschutz, Zaun) und die Lufttemperatur zum Zeitpunkt der Ausführung.

Die Grundlagendaten stammen aus Arbeitsrapporten von Forstunternehmern und Forstbetrieben. Zusätzlich wurden Literaturangaben beigezogen. Da sich die Arbeit des Austrichters in den letzten Jahrzehnten nicht wesentlich verändert hat, kann die Datengrundlage für dieses Modell insgesamt als qualitativ gut und aktuell beurteilt werden.

4.5. Wildschutz-Massnahmen

Das Modell "Wildschutzmassnahmen" umfasst zahlreiche verschiedene Massnahmen: Einzelschutz mit Wuchshülle, Drahtkorb leicht/Kunststoffkorb, Drahtkorb massiv, chemischer Schutz, Flächenschutz mit Zaun sowie Schälschutz. Bei den Einzelschutzmassnahmen und beim Zaun wird jeweils noch unterschieden zwischen *rehwildsicher* und *rotwildsicher*.

Der Zeitaufwand hängt im Wesentlichen von der Anzahl zu schützender Pflanzen ab. In die Zeit- und Kostenschätzung integriert wurde auch der später anfallende Aufwand für periodische Kontrollen und Unterhalt sowie gegebenenfalls den Abbau der Schutzwerke. Diese Positionen werden in den Ergebnissen separat ausgewiesen.

Zusätzlich ins Modell eingebaut wurde ein Kostenvergleich zwischen Einzelschutz und Flächenschutz. Damit lässt sich sehr einfach ermitteln, ab welcher Pflanzenzahl pro Fläche ein Zaun kostengünstiger ist als Einzelschutzmassnahmen.

Die Grundlagen für das Modell Wildschutzmassnahmen stammen aus Angaben aus der Literatur, andere Daten konnten nicht gefunden werden. Die Analyse der Literaturdaten aus der Schweiz und aus Deutschland hat gezeigt, dass die Zeit- und Kostenangaben zu den einzelnen Teilarbeiten (Einzelschutz, Typen des Einzelschutzes, Zaun, verschiedene Zaunhöhen) zwischen den beiden Ländern häufig stark unterschiedlich sind. Hingegen fand sich bei den relevanten Einflussgrössen auf den Zeit-

und Kostenaufwand eine gute Übereinstimmung. Wir haben für das vorliegende Modell vor allem Werte aus der Schweiz verwendet und zwar mehrheitlich aus dem aktuellen und ausführlichen Handbuch "Wildschadensverhütungsmassnahmen" des Kantons St. Gallen (Gmür 2020), welches von einer Arbeitsgruppe erarbeitet wurde. Die Schätzwerte, welche auf dieser Grundlage ausgewiesen werden, erscheinen sehr plausibel. Der Nachteil ist, dass sie im Wesentlichen auf einer einzigen Datengrundlage basieren. Deshalb sollten zu den einzelnen Teilarbeiten, welche im Modell aufgeführt sind, einige Zeitstudien in der Praxis gemacht werden, um die geschätzten Ergebnisse zu bestätigen.

4.6. Massnahmen gegen Schneegleiten

Das Produktivitätsmodell "Massnahmen gegen Schneegleiten" umfasst folgende Bauwerktypen: Pfähle, Bermen, Holzschwellen und Dreibeinböcke. Nebst dem Bauwerktyp wird als weitere Einflussgrösse die Geländeschwierigkeit (normal, schwierig, sehr schwierig) einbezogen.

Bereits aus unserer Umfrage beim Forstdienst von 2017 ging hervor, dass die Datenlage bezüglich Massnahmen gegen Schneegleiten sehr dürftig sein würde. Die Fachstelle für Gebirgswaldpflege konnte uns hier auch nicht weiterhelfen. So mussten wir uns mit vorhandenen Literaturangaben behelfen, wobei uns vor allem zwei ausführliche Dokumentationen zum Gleitschnee-Verbau der Fachstelle für forstliche Bautechnik Fobatec aus den Kantonen Bern und St. Gallen nützlich waren (2015 und 2016). Aus den recht detaillierten Kostenangaben mussten wir die entsprechenden Zeitaufwände für die verschiedenen Bauwerktypen herleiten. Die Kostenabrechnungen der Forst- und Bauunternehmungen enthalten in der Regel keine Zeitaufwände. Hier wäre eine Überprüfung unserer Modellwerte mit einigen einfachen Zeitstudien in der Praxis sinnvoll.

4.7. Begehungswege erstellen

Naturgemäss sind Begehungswege im steilen, wenig erschlossenen Gelände von Bedeutung. Gemäss unserer Umfrage erachteten 64% der Betriebsleiter im Berggebiet diese als *wichtig* und *eher wichtig*. Das Modell zur Schätzung von Zeitaufwand und Kosten ist recht einfach. Unterschieden wird, ob Begehungswege komplett neu erstellt werden oder ob bestehende Wege instand gestellt werden. Weitere Einflussgrössen sind die Ausführung von Hand oder maschinell (Kleinbagger oder Schreitbagger) sowie die Geländeschwierigkeit (einfach/schwierig).

Die Datenlage war jedoch, wie schon bei den Bauwerken gegen Schneegleiten, äusserst dürftig. Die für das Modell verwendeten Daten stammen weitgehend aus Projektunterlagen der Kantone Bern und Graubünden. Da auch in diesen Dokumenten mehrheitlich Kostenangaben zu finden waren, mussten wir wiederum die Zeitaufwände unter Verwendung von Einheitskostensätzen herleiten. Das Modell ist genügend genau für eine ungefähre Kostenschätzung, könnte jedoch mit einigen konkreten Zeiterhebungen bestätigt und vermutlich auch noch etwas verfeinert werden.

4.8. Pflanzung

Das Produktivitätsmodell "Pflanzung" umfasst eine Vielzahl von Abwandlungen in den verschiedenen Pflanzverfahren. Diese wurden vorgängig systematisiert, damit anschliessend für die wichtigen "Standardverfahren" ein Produktivitätsmodell ausgearbeitet werden konnte. Abbildung 2 zeigt die von der Forstpraxis eingeschätzte Wichtigkeit von Arbeitsverfahren und Pflanzenformen.

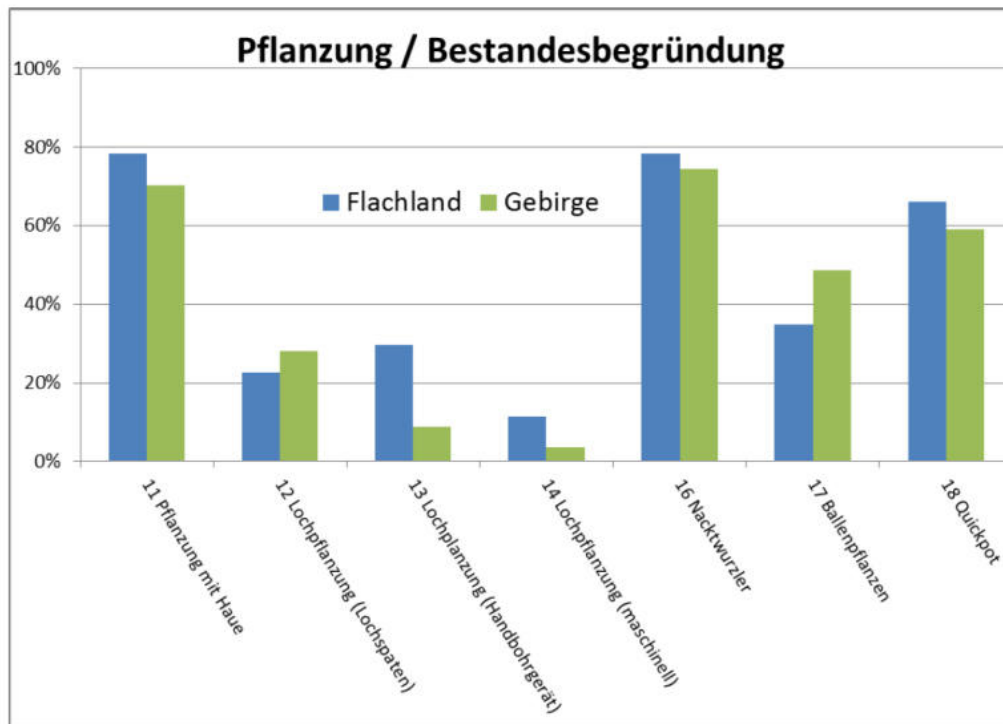


Abbildung 2: Ergebnisse aus der Umfrage von 2017 bezüglich Pflanzverfahren.

Die Leistungsangaben zu den einzelnen Pflanzverfahren stützen sich vorwiegend auf Publikationen aus dem süddeutschen Raum, wo solche Daten systematischer erfasst wurden als in der Schweiz. Der Vergleich mit einigen Publikationen aus der Schweiz zeigt, dass die Verfahren ähnlich bis gleich und die Leistungswerte durchaus vergleichbar sind. Allerdings wären auch hier zwecks Kontrolle einige Datenerhebungen mittels Zeitstudien in der Praxis wünschenswert. Hilfreich werden, wie generell bei allen Modellen, auch die Rückmeldungen von Anwendern bezüglich ihrer Erfahrungen mit dem Berechnungstool sein.

Im Modell werden folgende Pflanzverfahren unterschieden:

- Buchenbühler Schrägpflanzung (Klemm-/Spaltpflanzung)
- Rhodener Pflanzverfahren (Klemm-/Spaltpflanzung, Lochpflanzung, Topfpflanzung)
- Hohlspaten-Verfahren (Klemm-/Spaltpflanzung, Lochpflanzung, Topfpflanzung)
- Winkelpflanzung (Nadelholz, Laubholz)
- Lochpflanzung mit Erdbohrer (manuell, maschinell)
- Lochpflanzung mit Anbaugerät (maschinell)

Für alle Pflanzverfahren, ausser der Winkelpflanzung, werden drei Schwierigkeitsgrade (einfach, mittel, schwierig) unterschieden, die sich aus Topografie, Boden und Bodenbewuchs ergeben. Das Modell Winkelpflanzung ist aufgrund der Datengrundlagen mit etwas anderen, detaillierteren Einflussgrössen aufgebaut: Hinderliche Bodenvegetation, Beseitigung von Schlagabraum, Hangneigung, Pflanzenhöhe und Distanz des Pflanzentransportes zu Fuss auf die Pflanzfläche (alle Grössen mit

jeweils 3-4 Abstufungen). Eine gute Übersicht zum Aufbau des recht komplexen Modells ist in der Dokumentation zum Produktivitätsmodell "Pflanzung" im dortigen Kapitel 5 zu finden.

4.9. Rückegassen planen

Die Beschaffung von qualitativ guten Datengrundlagen war hier sehr viel aufwendiger als erwartet. Von den sechs in der Umfrage beim Forstdienst gemeldeten Datenquellen erwies sich nur diejenige des Staatsforstbetriebes Bern als brauchbar. Eine weitere Datenquelle konnte über persönliche Kontakte beim Kanton Aargau erschlossen werden. Umfangreiche und zeitintensive Recherchen von Oliver Thees über persönliche Kontakte in Deutschland haben ebenfalls zu einigen Daten aus der Praxis geführt. Insgesamt genügen die heute vorhandenen Daten aber nicht, um daraus ein verlässliches Produktivitätsmodell mit einem qualitativen Mindeststandard zu erstellen. Umso mehr, als zuerst die verschiedenen Verfahren bzw. Vorgehensweisen bei der Planung von Rückegassen definiert und gegeneinander abgegrenzt werden müssen. Nach dem heutigen Stand zeichnen sich vier unterschiedliche Planungsverfahren ab: (i) Konventionelle Planung mit Erhebung der Fahrlinien mit Kompass, (ii) Erhebung der Fahrlinien mit portablem GPS-Gerät oder (iii) direkt mit GPS auf dem Harvester bei der Aufarbeitung sowie (iv) die in Deutschland zunehmend eingesetzte Richtlaser-Technologie. Ferner hängt der Planungsaufwand stark von den Laufmetern an vorhandenen Rückegassen sowie den zur Verfügung stehenden Grundlagen (Luftbilder, Lidar-Bilder, ...) ab.

Alle bisherigen Erkenntnisse aus unseren Recherchen haben wir im Entwurf der Dokumentation "Rückegassen planen" mit Stand vom 21.05.2021 festgehalten. Aufgrund dieser Sachlage verzichteten wir darauf, ein Produktivitätsmodell zu erstellen und dieses in die IT-gestützte Form umzusetzen. Vorarbeiten sind geleistet, die Arbeiten müssen aber fortgesetzt werden, was im Rahmen eines mit dem BAFU vereinbarten Projektes zu den Holzernte-Produktivitätsmodellen möglich sein wird (siehe auch Kapitel 6).

5. IT-gestütztes Berechnungstool

Alle Teilmodelle wurden in der Programmiersprache Java programmiert und im Tool *Jungwaldpflege Version 1.0 / Juni 2021* zusammengefasst. Die Programmierung und die Gestaltung der Benutzeroberflächen erfolgte analog zu den Holzernte-Produktivitätsmodellen HeProMo. Damit könnten beide Tools zu einem späteren Zeitpunkt auf einfache Art zu einem gemeinsamen Tool zusammengefasst werden.

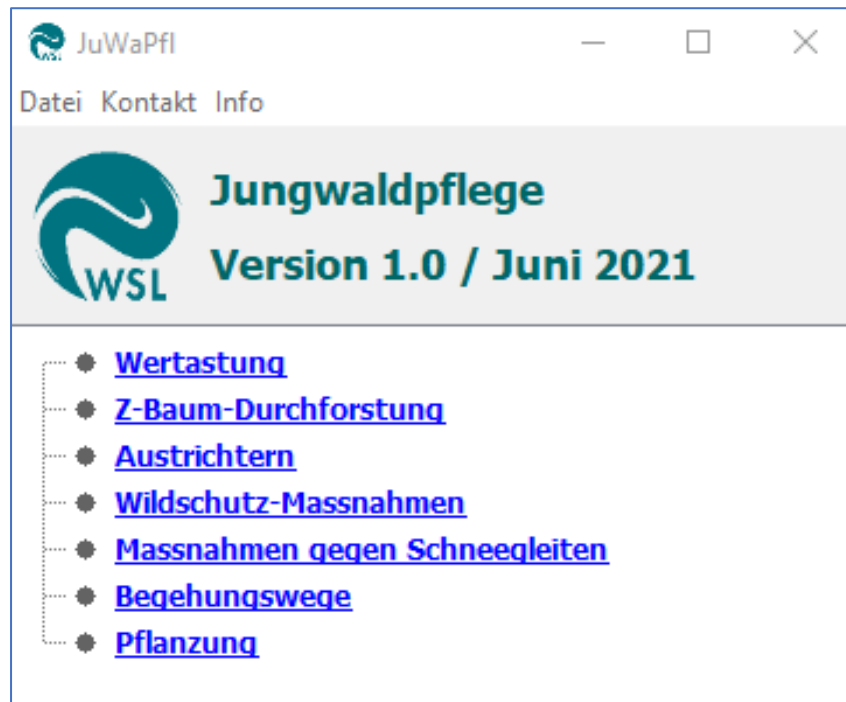


Abbildung 3: Start-Oberfläche des IT-gestützten Tools Jungwaldpflege.

Abbildung 3 zeigt die Start-Oberfläche des Tools Jungwaldpflege. Diese zeigt eine Übersicht über die im Tool abgebildeten Prozesse der 1. Produktionsstufe. Unter *Kontakt* finden sich die Kontaktdaten für fachliche oder IT-Fragen. Unter *Info* sind die Bearbeiter des Projektes aufgeführt sowie ein Zitier-vorschlag, für den Fall, dass die Modelle in einer Arbeit verwendet werden.

JuWaPfl: Wertastung

Datei Währungseinheit

Arbeitsort

Eingaben

Bestand

Baumart: Douglasie

Anzahl Astungsbäume pro Hektare: 30

Fläche des Bestandes [ha]: 1.5

Hangneigung: 0 - 24%

Wertastung

☒ Etappe 1 (0-6m) ☐ Etappe 2 (6-12m)

Methode: Anstelleiter

Höhe unten: 0

Höhe oben: 6

Astigkeit: mittel

Personal

Personalkostensatz [CHF/h]: 70

Tägliche Arbeitszeit [min]: 510

davon bezahlte Wegzeiten und Pausen [min]: 60

Materialkosten

Korrekturfaktor Materialkosten: 1.00

Ergebnis

	Personalzeit [WPPH]			Kosten [CHF]		
	pro Baum	pro Hektare	Bestand	pro Baum	pro Hektare	Bestand
Astungszeit	15min	7h 45min	11h 37min	18.06	541.93	812.89
Gehzeit	2min	51min	1h 17min	1.99	59.75	89.62
Material	-	-	-	1.65	49.50	74.25
Gesamt	17min	8h 36min	12h 54min	21.71	651.17	976.76

Abbildung 4: Benutzeroberfläche von JuWaPfl, dargestellt am Beispiel des Modells Wertastung.

Abbildung 4 zeigt die grafische Benutzeroberfläche (graphical user interface GUI) am Beispiel des Modells für die Wertastung. Die Benutzeroberflächen aller Modelle sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Im grau hinterlegten Feld werden die jeweiligen Eingabegrößen eingegeben oder in den Drop-down-Feldern ausgewählt. Im gelb hinterlegten unteren Teil erscheinen die Ergebnisse zu Zeiten und Kosten für die jeweils wichtigen Positionen sowie das Total. Zeiten und Kosten werden in der Regel sowohl pro Einheit [Baum, Bauwerk, ...] wie auch pro Fläche [ha] ausgewiesen. Bei Veränderung einer Eingangsgröße werden die Ergebnisse automatisch sofort nachgeführt. Damit kann einfach und rasch der Einfluss einer bestimmten Eingangsvariablen auf die Zeiten und die Kosten überprüft werden.

Am oberen Rand der Benutzeroberfläche unter *Datei* findet sich das Grundlagendokument zum jeweiligen Modell als PDF-Datei. Darin ist ersichtlich, wie die Arbeitsverfahren definiert sind, welche Daten dem Modell zugrunde liegen, wie das Modell aufgebaut ist und welchen Anwendungsbereich es hat. Ebenfalls hier findet sich die Möglichkeit, ein Datenblatt mit allen Eingabewerten und Ergebnissen als PDF-Datei zu erstellen. Damit kann eine Kostenschätzung elektronisch archiviert oder auch ausgedruckt werden. Unter *Währungseinheit* können die Anschriften der entsprechenden Ein- und Ausgabefelder von CHF auf EUR umgestellt werden, was das Anwendungsgebiet des Tools erweitert. Hier könnten bei Bedarf auch weitere Währungseinheiten aufgenommen werden.

Bei Eingabefeldern, bei denen Unklarheiten auftreten könnten, wurden blaue Info-Buttons eingefügt, hinter denen sich ein Textfeld mit Erläuterungen findet. Solche Info-Buttons dienen stellenweise auch dazu, Zusammenhänge im Modell zu erläutern, um damit dem Benutzer die Anwendung des Modells zu erleichtern.

6. Umsetzung der Ergebnisse

Primäre Anwender der Modelle werden die Forstbetriebe sein. Die Praxis verfügt wieder über eine verlässliche Quelle, um ihre für die 1. Produktionsstufe verwendeten Ressourcen mit einer Referenz zu vergleichen.

Den Verwaltungsstellen bei Bund und Kantonen leistet das Instrument nützliche Dienste bei der Festlegung und der Überprüfung von Subventionsansätzen, bei Aufwandberechnungen im Rahmen von Waldwertschätzungen und für weitere ähnliche Anwendungen. Wie schon in Kapitel 1 dargelegt, haben die Anfragen aus der Forstpraxis und den Verwaltungsstellen zu dem bestehenden, aber veralteten Jungwaldpflegemodell in letzter Zeit zugenommen, was auf ein steigendes Bedürfnis nach neuen, aktuellen Grundlagen hinweist.

Für wissenschaftliche Anwendungen, wie beispielsweise im Rahmen von umfassenden Waldmanagementmodellen, steht nun eine weitere Grundlage zur Verfügung. In der Erstellung von Modellen für die Waldentwicklung oder beim Landesforstinventar werden die Holzernteproduktivitätsmodelle HeProMo bereits eingesetzt, um Zeit- und Kostenaufwände zu berechnen. Die Aufwände der 1. Produktionsstufe werden jedoch bisher nur rudimentär, wenn überhaupt, berücksichtigt. Die neuen JuWaPfl-Modelle füllen hier eine Lücke und bieten wertvolle Hilfe bei der quantitativen Analyse.

In der Lehre kann mit dem Instrument zum Beispiel anschaulich aufgezeigt werden, welches die kostenverursachenden Prozesse in der 1. Produktionsstufe sind und von welchen Faktoren die Kosten hauptsächlich abhängen. Auch Verfahrensvergleiche als Grundlage betrieblicher Entscheidungen bieten sich als Übungsaufgaben an. Analog zu den Holzernte-Produktivitätsmodellen HeProMo ist vorgesehen, die JuWaPfl-Modelle in den Unterricht an den Bildungszentren Wald in Lyss und Maienfeld und an der Fachhochschule HAFL in Zollikofen einzubauen.

Mit einem Umsetzungsartikel in einer praxisnahen Fachzeitschrift (voraussichtlich Wald&Holz) soll den potenziellen Anwendern bekannt gemacht werden, dass die Jungwaldpflege-Modelle nun vorliegen und für welche Arbeiten Produktivität und Kosten geschätzt werden können. Weiter wird das Tool auf dem Internetportal *waldwissen.net* zur Verfügung gestellt, wo es auch herunterkopiert werden kann. Auf der WSL-Homepage wird ebenfalls ein entsprechender Link platziert.

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Projekt JuWaPfl konnte letztendlich trotz grösserer Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung für die meisten Modelle sowie erheblichen personellen Veränderungen während der Projektlaufzeit mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen werden.

Mit der im November 2017 vor dem Projektstart durchgeführten Umfrage in der Forstpraxis konnten die heute relevanten Arbeiten in der 1. Produktionsstufe identifiziert werden. Im Projekt wurden sieben von acht geplanten Modellen erstellt und in das IT-gestützte Berechnungstool umgesetzt. Für das Modell *Rückegassen planen* konnte trotz aufwendiger Recherchen zu Datengrundlagen erst die Dokumentation im Entwurf (Stand 21.05.2021) erstellt werden. Das eigentliche Modell und die IT-Umsetzung konnten noch nicht realisiert bzw. das Projektziel in diesem Punkt nicht erreicht werden.

Jedoch konnte unlängst mit dem BAFU vereinbart werden, dass im Rahmen der Weiterentwicklung der Holzernte-Produktivitätsmodelle HeProMo die JuWaPfl-Modelle *Rückegassen planen*, *Massnahmen gegen Schneegleiten*, *Begehungswege erstellen* sowie allenfalls einzelne Teilmodelle von *Pflanzung* auf bessere Datengrundlagen gestellt werden können. Vorgesehen ist, dazu einige Zeiterhebungen in der Praxis zu machen. Die Modelle sind mit Ausnahme von *Rückegassen planen* bereits vorhanden. Dadurch ist es mit relativ geringem Aufwand möglich, diese Modelle mit mehr und besseren Daten zu versehen.

Im Laufe der Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass es sinnvoll wäre, einzelne Berechnungsmodelle mit weiteren Teilarbeiten zu ergänzen. Zu erwähnen ist hier insbesondere das Modell *Wildschutz*, bei welchem der Einzelschutz mit Kunststoffmanschette aufgenommen werden könnte, ein Verbisschutz, der in der Praxis in den letzten Jahren eine grössere Verbreitung gefunden hat. Das Modell *Massnahmen gegen Schneegleiten* umfasst bisher bei den Bermen nur das Erstellen von Hand. Zunehmend werden solche Bermen jedoch maschinell mit Klein- oder Schreitbaggern erstellt, hier fehlten uns aber entsprechende Datengrundlagen. Diese müssten für diesen Zweck erhoben werden. Gegenwärtig ist die Benutzeroberfläche des IT-Tools nur in deutscher Sprache verfügbar. Der Anwendungsbereich kann beträchtlich erweitert werden, wenn das Tool auch in französischer, italienischer und englischer Sprache genutzt werden kann. Eine entsprechende Übersetzung ist grundsätzlich vorgesehen, war jedoch nicht Bestandteil des vorliegenden Projektes.

In einem späteren Schritt ist geplant, die Jungwaldpflege-Modelle (1. Produktionsstufe) mit den Holzernte-Produktivitäts-Modellen (2. Produktionsstufe) in einem gemeinsamen IT-Tool "Forstbetrieb" zusammenzuführen.

Anhang

Dokumentationen der Berechnungsmodelle

Die nachfolgend aufgeführten Dokumentationen sind im IT-gestützten Berechnungstool *JuWaPfl.jar* jedem Teilmodell als PDF-Datei angehängt, sie sind Bestandteil dieses Schlussberichtes:

- **Produktivitätsmodell "Wertastung" vom 24.01.2020**
- **Produktivitätsmodell "Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1" [Z-Baum-Durchforstung inkl. Kronenschnitt] vom 26.02.2020**
- **Produktivitätsmodell "Austrichern im Jungwuchs" vom 13.03.2020**
- **Produktivitätsmodell "Wildschutzmassnahmen" vom 27.04.2021**
- **Produktivitätsmodell "Massnahmen gegen Schneegleiten" vom 27.04.2021**
- **Produktivitätsmodell "Begehungswege erstellen" vom 27.04.2021**
- **Produktivitätsmodell "Pflanzung" vom 05.05.2021**
- **Produktivitätsmodell "Rückegassen planen" (Entwurf, Stand 03.06.2021)**

Publikation der Ergebnisse aus der Umfrage beim Forstdienst

Die Ergebnisse der der Umfrage beim Forstdienst zu den heute aktuellen Arbeitsverfahren der 1. Produktionsstufe und deren Wichtigkeit wurden in einem internen Papier und in einer Publikation zusammengefasst:

- **Lemm, R., Frutig, F. (2018): Ergebnisse der Umfrage in der Forstpraxis vom November 2017 zu den heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren und zu allenfalls vorhandenen Daten zu Zeitaufwand und Kosten. Internes Papier. Eidg. Forschungsanstalt WSL. 17 S.**
- **Frutig, F., Lemm, R. (2018): Bestandesbegründung und Jungwaldpflege: Kalkulationsgrundlagen. Wald&Holz 7: 8-10.**

Projekt 2017.04

JuWaPfl – IT-basierte Modelle zur Schätzung von Produktivität und Kosten für die erste Produktionsstufe insbesondere für die Bestandesbegründung und Jungwaldpflege

**Ergebnisse der Umfrage in der Forstpraxis vom November 2017
zu den heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren und zu
allenfalls vorhandenen Daten zu Zeitaufwand und Kosten**

Eidg. Forschungsanstalt WSL
Gruppe Forstliche Produktionssysteme
Zürcherstrasse 11
8903 Birmensdorf

Dr. Renato Lemm
renato.lemm@wsl.ch

Fritz Frutig
friedrich.frutig@wsl.ch

09. Febr. 2018

1 Hintergrund

Wir beabsichtigen, im Rahmen eines Projektes, neue Kalkulationsgrundlagen für Arbeiten der Bestandesbegründung und der Jungwaldpflege zu erstellen. Um eine Übersicht über die heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren zu gewinnen, haben wir im Nov./Dez. 2017 eine Umfrage bei allen Betriebsleitern/Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Gleichzeitig wollten wir wissen, zu welchen Arbeitsverfahren allenfalls Daten zu Leistungen und Kosten in den Betrieben vorhanden sind und uns zur Verfügung gestellt werden könnten (Datenquellen).

Der Inhalt des Fragebogens (siehe Anhang 2) wurde mit der Fachstelle Waldbau (Dr. Peter Ammann) und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege (Samuel Zürcher und Lukas Glanzmann) diskutiert.

Beim Wald- und Holzforschungsfonds haben wir ein Gesuch um einen finanziellen Beitrag für unser geplantes Projekt eingereicht. Dieser wurde mit Schreiben vom 25. Juli 2017 genehmigt, mit den beiden Auflagen, (1) vorgängig in der Forstpraxis abzuklären, welche Bedürfnisse hier vorliegen und (2) das Projekt mit den beiden Fachstellen Waldbau bzw. Gebirgswaldpflege zu koordinieren.

2 Umfrage in der Forstpraxis

Der im Anhang 2 angefügte Fragebogen wurde Anfang November 2017 in den Sprachen Deutsch, Französisch bzw. Italienisch an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt.

Von den 711 versandten Fragebogen kamen bis Ende Jahr 427 ausgefüllt zurück, was einen erfreulich hohen Rücklauf von 60% ergibt. 256 Fragebogen stammen aus den Forstregionen Mittelland und Jura, 171 aus den Forstregionen Voralpen, Alpen und Alpensüdseite.

3 Auswahl wichtiger Themen aus den Ergebnissen der Umfrage

Die in Papierform vorliegenden Ergebnisse der Umfrage wurden in eine Excel-Datei übertragen. Gleichzeitig wurde jeder Fragebogen anhand des Ortes den auch im LFI verwendeten Forstregionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite zugeteilt. Um die Übersicht über die Ergebnisse zu vereinfachen, wurden die beiden Regionen "Flachland" (Jura und Mittelland) und "Gebirge" (Voralpen, Alpen und Alpensüdseite) gebildet.

Die Ergebnisse bezüglich der Wichtigkeit für jede einzelne abgefragte Position finden sich im Anhang 1, ebenfalls dargestellt nach den beiden Regionen Flachland und Gebirge.

Abbildung 1 zeigt die eingeschätzte Wichtigkeit (wichtig + eher wichtig) für die einzelnen Themengruppen (Hauptkategorien). Grundsätzlich werden alle fünf Themengebiete der 1. Produktionsstufe als relativ wichtig erachtet.

Da sich die Umfrage an die Betriebsleiter der ganzen Schweiz richtete, ergeben sich naturgemäß gewisse Unterschiede in der Bedeutung der Arbeitsverfahren zwischen Flachland und Gebirge. In allen Regionen als sehr wichtig erachtet werden Jungwaldpflege (Frage 3) und Wildschutzmassnahmen (Frage 5). Vorbereiten von Verjüngungsflächen (Frage 1) und Pflanzungen (Frage 2) erreichen Werte um die 50%, Pflanzungen haben im Gebirge einen etwas weniger hohen Stellenwert (40%). Die Wertastung (Frage 4) ist erwartungsgemäss in der Region Flachland viel wichtiger als im Gebirge.

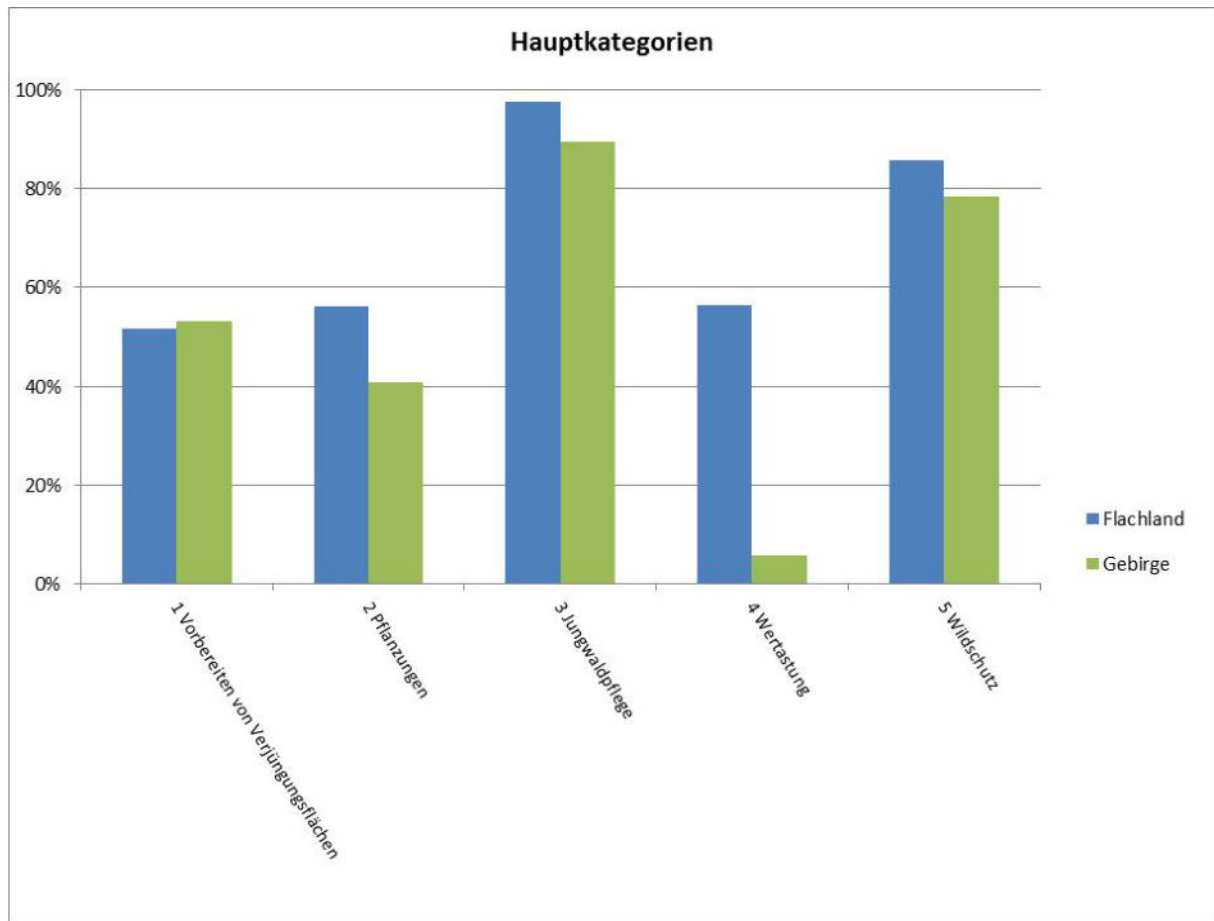


Abb. 1: Von den Umfrageteilnehmern eingeschätzte Wichtigkeit ("wichtig" + "eher wichtig") der verschiedenen Themengebiete (Hauptkategorien), dargestellt für die beiden Regionen Flachland und Gebirge. Die Nummern vor der Beschriftung entsprechen den Nummern der Fragen im Fragebogen.

Aus den in Anhang 1 dargestellten Ergebnissen wurden diejenigen Positionen ausgewählt, welche mehr als 50% der Umfrageteilnehmer für "wichtig" oder "eher wichtig" hielten. Teilweise wurden aber auch Verfahren in die Auswahl genommen, deren Wichtigkeit unterhalb von 50% beurteilt wurde, wie beispielsweise Flächenschutz mit Drahtgeflecht (Position 45). Dieser ist wichtig für den Vergleich des Aufwandes von Einzelschutz und Flächenschutz.

Abbildung 2 zeigt die von uns aus den Umfrageergebnissen getroffene Auswahl.

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
11	Pflanzung mit Haue	80	70	13	6
	16 Nacktwurzler	78	75	11	4
	17 Ballenpflanzung	35	50	0	0
	18 Quickpot	65	0	9	0
21	Austrichtern	87	72	13	6
22	Mischungsregulierung Jungwuchs	83	70	12	5
23	Mischungsregulierung Dickung	91	81	14	6
28	Waldrandpflege	81	65	9	4
31	Wertastung bis 6m Höhe mit Leiter und Handsäge	59	9	3	0
32	mit Stangensäge	48	8	2	0
40	Einzelerschutz mit Wuchshülle	60	33	5	0
41	Einzelerschutz Drahtkorb/Kunststoffkorb	60	62	5	1
45	Flächenschutz Drahtgeflecht	38	42	4	7
49	Rückegassen planen und markieren	89	40	6	0
52	Begehungswege erstellen	17	64	0	4
53	Massnahmen gegen Schneegleiten	4	56	0	6

Abb. 2: Auswahl der wichtigsten Ergebnisse aus der Umfrage beim Forstdienst, dargestellt für die beiden Gruppen Flachland und Gebirge. Die Prozentangabe der Wichtigkeit umfasst die beiden Nennungen "wichtig" und "eher wichtig". In den beiden letzten Spalten ist die Anzahl genannter Datenquellen angegeben. Für die hier aufgeführten Arbeiten sollen Produktivitätsmodelle erstellt werden.

4 Weiteres Vorgehen

Für die in Abbildung 2 dargestellten Verfahren sollen Leistungswerte hergeleitet werden. Sehr ungewiss ist noch die Datenlage. Da wo von den Betrieben vorhandene Daten genannt wurden, wissen wir noch nicht, in welcher Form und Qualität diese vorliegen.

Im ersten Projektschritt werden wir die betreffenden Betriebsleiter kontaktieren und diese Daten beschaffen und aufbereiten.

Weiter versuchen wir, Daten aus anderen Quellen (z.B. Landesforstbetriebe in Deutschland) zu beschaffen sowie Literaturangaben zu den entsprechenden Themen zu finden.

Sofern genügend Daten in ausreichender Qualität vorliegen, können Modelle erstellt werden, welche Leistungen und Kosten in Abhängigkeit von den wichtigsten Einflussgrößen schätzen.

5 Zeitplan

Der formelle Projektstart ist am 1. Februar 2018.

Das ursprünglich auf 31.12.2018 vorgesehene Projektende scheint uns aufgrund der unsicheren Datenlage und anderweitig gebundener Arbeitskapazitäten schwierig erreichbar. Wir sehen neu vor, dass das Projekt auf Ende Juni 2019 abgeschlossen werden kann, die Projektdauer verlängert sich damit um 6 Monate.

Zeitlicher Ablauf

	Vor- und Projektarbeiten	2017		2018												2019					
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	Umfrage beim Forstdienst																				
	Auswertung der Ergebnisse																				
1	Datenbeschaffung und Aufbereitung																				
2	Literaturdaten, Daten aus D und A																				
3	Modelle erstellen																				
4	Plausibilitätstests																				
5	Modelle dokumentieren																				
6	Modelle in Java umsetzen																				
7	Sprachversionen																				
8	Schlussbericht																				
9	Wissenstransfer																				

grün = abgeschlossen

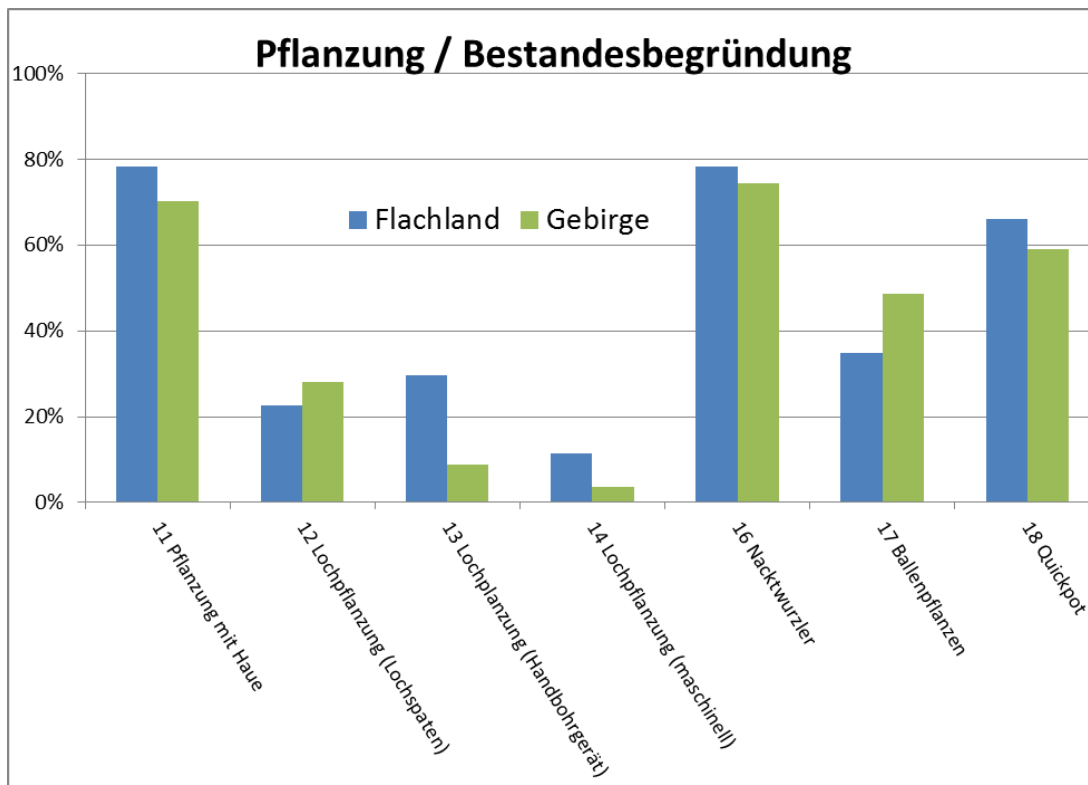
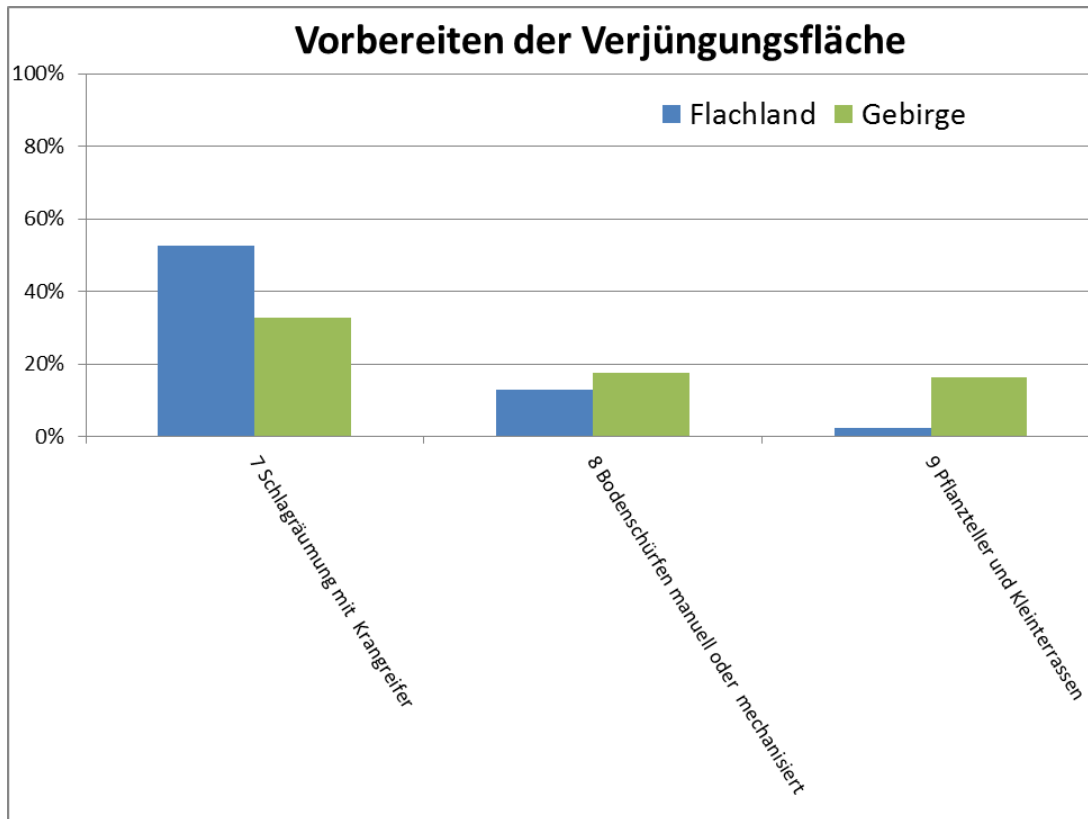
Geschätzter Zeitaufwand (Arbeitsvolumen)

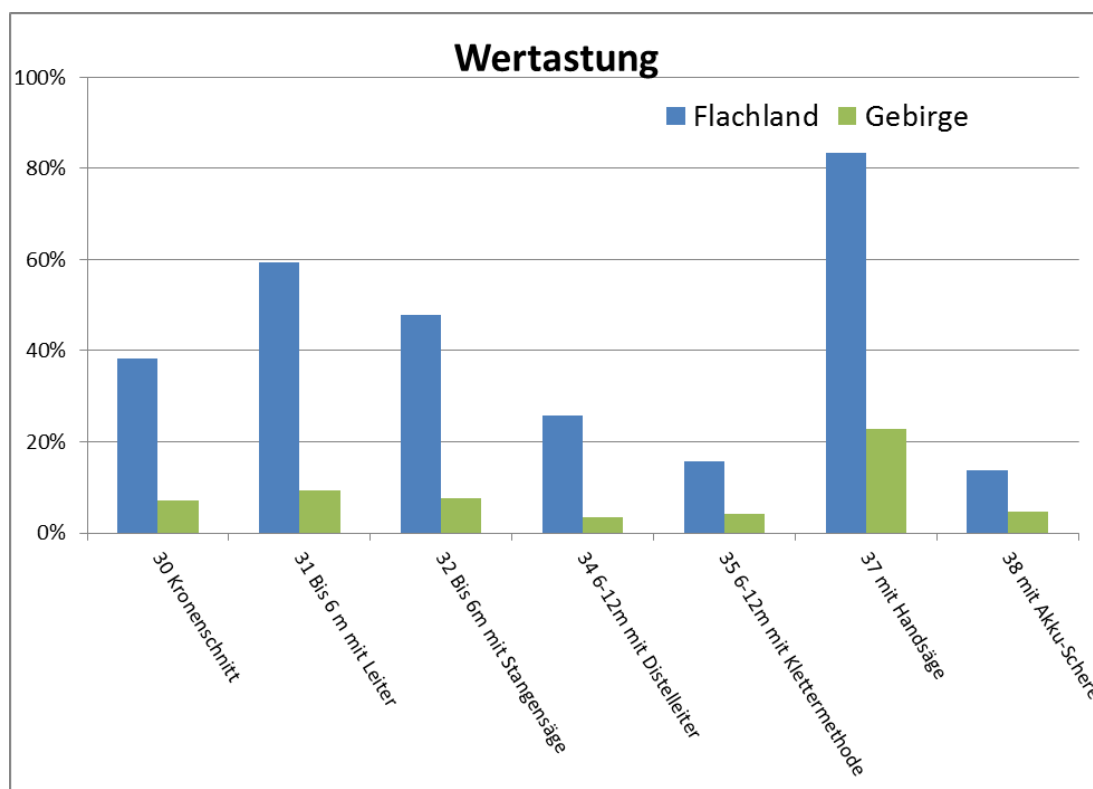
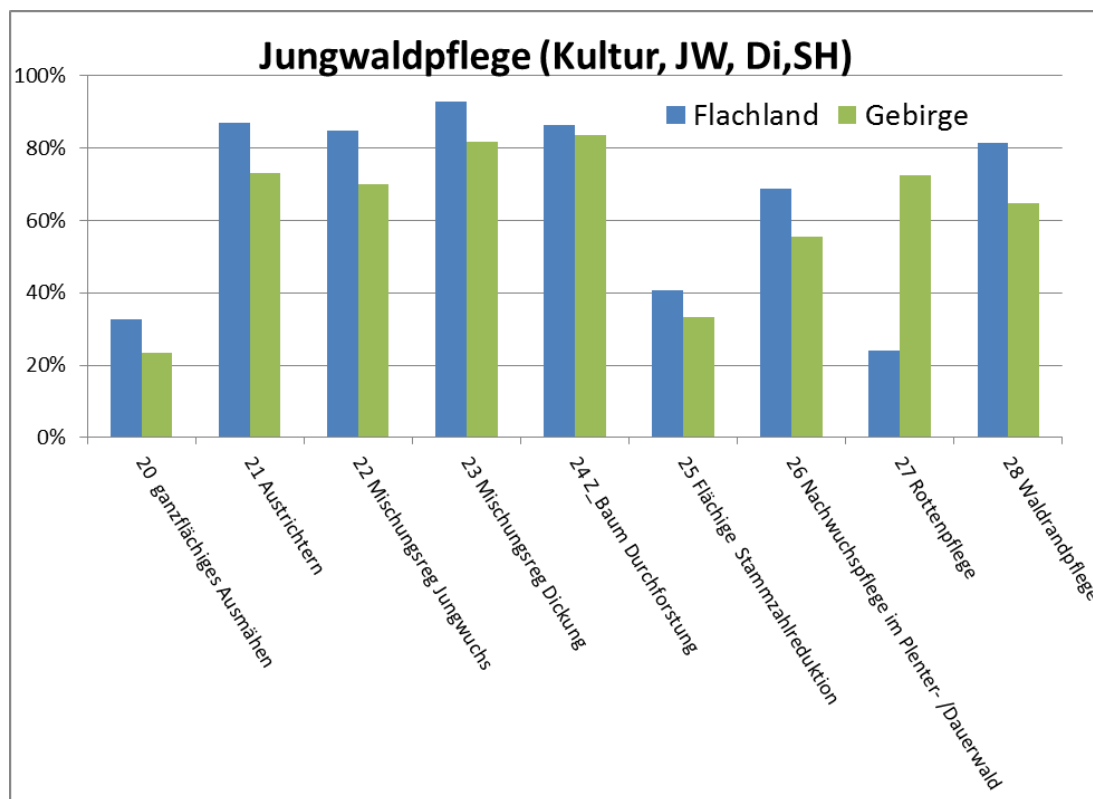
Arbeitsschritte	Zeitaufwand [Arbeitsmonate]	
Umfrage beim Forstdienst inkl. Auswertung	2	abgeschlossen
Datenbeschaffung und Aufbereitung CH	3	
Literatursuche, Daten aus D und A	1	
Modelle erstellen	3	
Modelle dokumentieren	1	
Modelle implementieren	1	
Sprachversionen	0.5	
Umsetzung (Zeitschriftenartikel)	0.5	
Total	12	

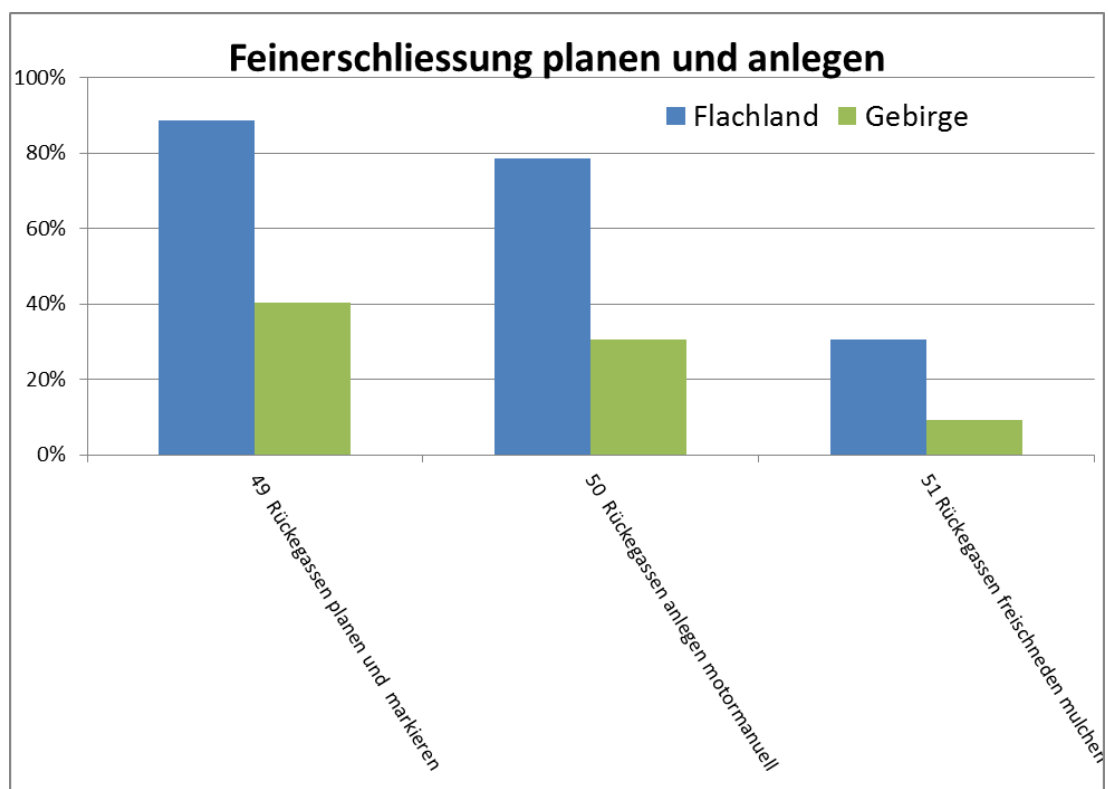
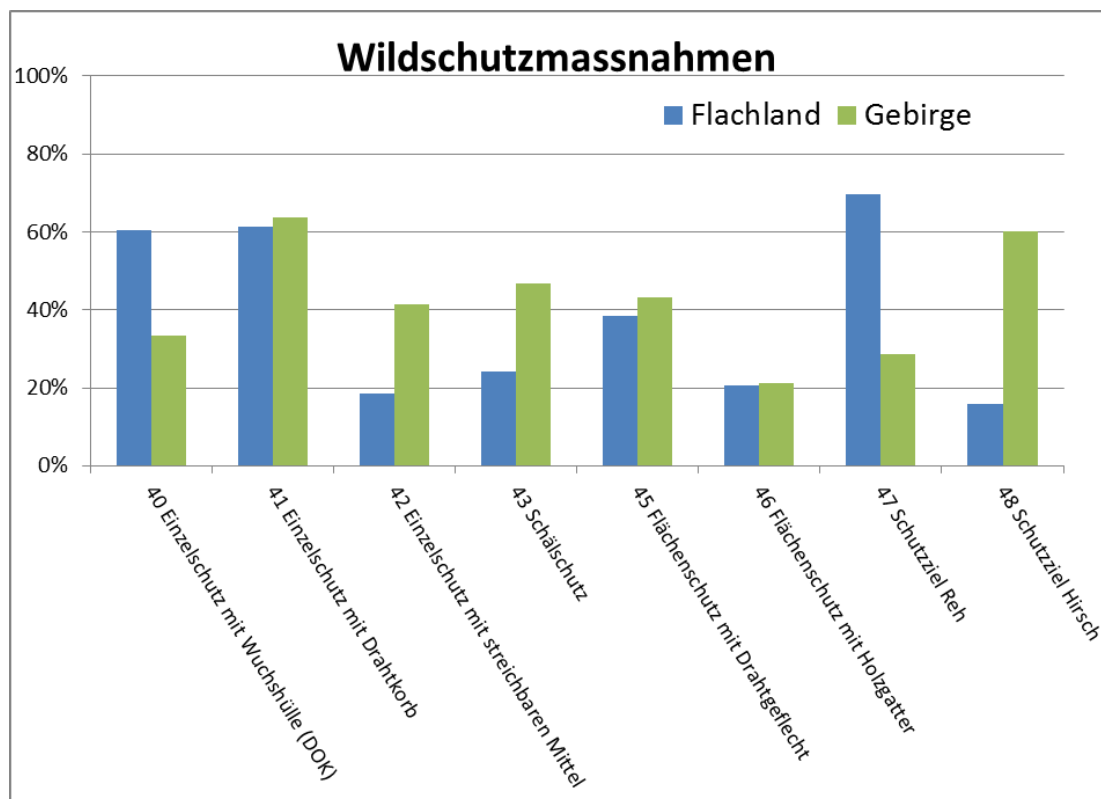
Rund zwei Drittel des Arbeitsvolumens sind Eigenleistungen der WSL, ein Drittel wird durch den Beitrag des WHFF finanziert.

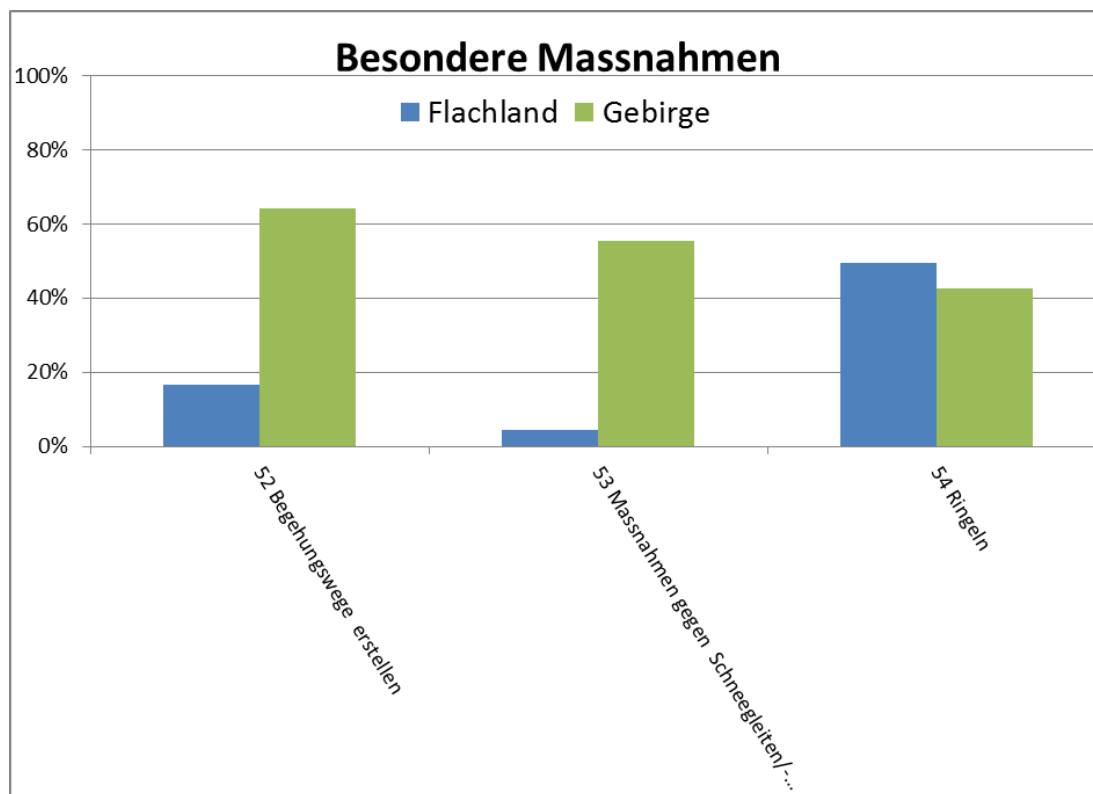
Anhang 1

Wichtigkeit ("wichtig" + "eher wichtig") dargestellt für alle Positionen des Fragebogens









Anhang 2

**Projekt:
Erstellen von Kalkulationsgrundlagen für Bestandesbegründung,
Jungwaldpflege und weitere Arbeiten der 1. Produktionsstufe**

**Umfrage zu den heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren
und zu Zeitaufwänden/Kosten**

31.10.2017

Für das Ausfüllen des Fragebogens werden **ca. 30 Minuten** benötigt.

Eidg. Forschungsanstalt WSL
Gruppe Forstliche Produktionssysteme
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf

Kontakt:
Fritz Frutig
friedrich.frutig@bluewin.ch
044 / 739 24 56

Projektrahmen

Basierend auf Ergebnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen aus den Jahren 1960 bis 1990 hat die Forschungsanstalt WSL im Jahr 1996 das IT-basierte Jungwaldpflegemodell JuWaPfl erstellt. Dieses kann mit den heutigen Betriebssystemen nicht mehr verwendet werden. Die daraus abgeleiteten Leistungszahlen wurden mangels Aktualität seit 2013 auch nicht mehr im Schweizerischen Forstkalender publiziert.

Trotzdem werden die Leistungszahlen von 1996 mangels neuerer Grundlagen auch heute noch für Leistungsschätzungen verwendet. In letzter Zeit hatten wir vermehrt Anfragen zu Leistungs- und Kostenwerten für Pflegearbeiten, was wohl nicht zuletzt darauf zurück zu führen ist, dass heute und in naher Zukunft umfangreiche Pflegearbeiten auf den ehemaligen Windwurfflächen des Orkans Lothar von 1999 anstehen und dass den Pflanzarbeiten im Zuge des Klimawandels möglicherweise wieder eine stärkere Bedeutung zukommt.

Aus diesen Gründen hat sich die Gruppe Forstliche Produktionssysteme der WSL entschlossen, aktualisierte Grundlagen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege inklusive Wildschutzmassnahmen und Wertastung zu schaffen. Es soll versucht werden, Richtwerte zu erheben und daraus Kalkulationsmodelle für heutige Arbeitsverfahren der 1. Produktionsstufe zu erstellen, basierend auf Ergebnissen aus neueren Untersuchungen (Literatur) sowie, falls vorhanden, auf Daten direkt aus der Forstpraxis .

Die neuen Modelle sollen nach dem Muster der Holzernte-Produktivitätsmodelle HeProMo als frei verfügbare Berechnungsmodelle mit einer einfachen Benutzeroberfläche zur Verfügung stehen.

Mit der folgenden Umfrage versuchen wir

- **eine Übersicht über die heute in der Praxis angewendeten Arbeitsverfahren bei Bestandesbegründung und Jungwaldpflege zu gewinnen und**
- **Zahlen zu Zeitaufwänden und/ oder Kosten zu erhalten.**

Ihre Angaben werden vertraulich behandelt, die Ergebnisse der Auswertungen lassen keine Rückschlüsse auf die einzelnen Datenlieferanten zu.

Bitte senden Sie uns den Fragebogen mit beiliegendem frankierten Umschlag innerhalb der nächsten 14 Tage zurück.

Die Unterstützung der Forstpraxis ist für das Gelingen des Projektes sehr wichtig.

Wir bedanken uns bereits jetzt für Ihre wertvolle Mithilfe!

Welche Bedeutung messen Sie folgenden Arbeitsbereichen zu?

Bitte kreuzen Sie bei den nachfolgend aufgeführten Tätigkeiten an, wie wichtig diese in Ihrem Betrieb/Revier sind. Mit diesen Angaben wollen wir eine Übersicht über die heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren und ihre Bedeutung gewinnen. Auf dieser Grundlage werden wir entscheiden, für welche Verfahren wir Kalkulationsmodelle erstellen wollen.

	<i>wichtig</i>	<i>eher wichtig</i>	<i>eher unwichtig</i>	<i>unwichtig</i>	<i>weiss nicht</i>
1 Vorbereiten von Verjüngungsfläche (Schlagräumung, Bodenschürfen, ..)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Pflanzungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Jungwaldpflege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Wertastung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Wildschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie wichtig sind die nachfolgend aufgeführten Teilarbeiten?

Bitte geben Sie in der letzten Spalte ("Ich habe Daten zu:....") an, ob Sie zu einzelnen Arbeiten Leistungszahlen haben bzw. in welchem Betrieb/Revier diese vorhanden sind und uns zur Verfügung gestellt würden.

Vorbereiten der Verjüngungsfläche

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht	Daten vorhanden zu:
7 Schlagräumung mit Krangreifer (Forwarder, Bagger, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Bodenschürfen, manuell oder mechanisiert)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Pflanzsteller und Kleinterrassen (Bermen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

Pflanzung / Bestandesbegründung

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht	Daten vorhanden zu:
Pflanzmethode:						
11 Pflanzung mit Haue	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Lochpflanzung (Lochspaten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Lochpflanzung (Handbohrgerät)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Lochpflanzung (maschinell)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pflanzgut:						
16 Nacktwurzler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 Ballenpflanzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 Quickpot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

Jungwaldpflege

	<i>wichtig</i>	<i>eher wichtig</i>	<i>eher unwichtig</i>	<i>unwichtig</i>	<i>weiss nicht</i>	<i>Daten vorhanden zu:</i>
Kulturpflege						
20 ganzflächiges Ausmähen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21 Austrichtern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jungwuchspflege in Naturverjüngungen						
22 Mischungsregulierung ¹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dickungspflege						
23 Mischungsregulierung ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stangenholzdurchforstung						
24 Z-Baum-Durchforstung ³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25 Flächige Stammzahlreduktion ⁴	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26 Nachwuchspflege im Plenterwald / Dauerwald ⁵	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27 Rottenpflege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28 Waldrandpflege ⁶	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

¹ Förderung einzelner Exemplare von konkurrenzschwachen Baumarten

² Förderung von maximal 100 vitalen Exemplaren pro ha von konkurrenzschwachen Baumarten

³ Z-Baum-Durchforstung: Bestimmen der Z-Bäume im Endabstand, Entnahme von Konkurrenten, ohne Eingriff im Füllbestand. Möglich ist auch eine reduzierte Anzahl Z-Bäume (für bestimmte Mischbaumarten oder bei ungenügender Auswahl).

⁴ Stammzahlreduktion auf ca. 2'500 Stück/ha (Abstand 2m) als Vorbereitung für Vollerntereinsatz. Dieser fakultative Eingriff erfolgt im frühen Stangenholz, d.h. erst nachdem eine gewisse Selbstdifferenzierung durch Konkurrenz erkennbar ist.

⁵ Negative Auslese von beschädigten Bäumen (soweit nötig), kombiniert mit positiver Auslese von Z-Bäumen. Eingriffe immer nur auf Teilflächen.

⁶ Pflegeeingriff in der Strauch- und Baumschicht (bis max. BHD 20cm) zur ökologischen Aufwertung, ohne Holzernte.

Wertastung

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht	Daten vorhanden zu:
30 Kronenschnitt ⁷	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wertastung (1. Etappe bis 6m)						
31 Mit Leiter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32 Mit Stangensäge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hochastung (2. Etappe 6 bis 12m)						
34 Mit Distelleiter ⁸	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35 Mit "Klettermethode" ⁹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verwendete Geräte						
37 Handsäge	<input type="checkbox"/>					
38 Akku-Schere	<input type="checkbox"/>					
39 Andere:	<input type="checkbox"/>					

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

⁷ Entfernen einzelner Zwiesel, Steiläste oder Starkäste an Z-Bäumen zur Einzelbaumerziehung (durchgehende Schaftachse, Begrenzung der Astdurchmesser), auch "dynamische Astung" genannt

⁸ Vertikal stehende Leiter aus Elementen, welche mit Gurten am Baum befestigt werden.

⁹ Aststummel dienen als Steighilfe, beim Hinuntersteigen werden die Aststummel entfernt

Wildschutzmassnahmen

	<i>wichtig</i>	<i>eher wichtig</i>	<i>eher unwichtig</i>	<i>unwichtig</i>	<i>weiss nicht</i>	<i>Daten vorhanden zu:</i>
Einzelerschutz						
40 Wuchshülle (DOK)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41 Drahtkorb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42 hemisch z.B. streichbare Mittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43 Schälenschutz z.B. Polynet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flächenschutz						
45 Drahtgeflecht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46 Holzgatter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47 Schutzziel: Rehwild (1.30m)	<input type="checkbox"/>					
48 Schutzziel: Rotwild (2.20m)	<input type="checkbox"/>					

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

Feinerschliessung planen und anlegen

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht	Daten vorhanden zu:
49 Rückegassen planen und markieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rückegassen anlegen (freischneiden)						
50 motormanuell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51 mulchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

Besondere Massnahmen

	wichtig	eher wichtig	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht	Daten vorhanden zu:
52 Begehungswege erstellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53 Massnahmen gegen Schneegleiten/-kriechen ¹⁰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54 Ringeln ¹¹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55 Andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mögliche Datenquelle (Betrieb) _____

¹⁰ Dreibeinböcke, Querhölzer, ...

¹¹ Neophytenbekämpfung

Vielen Dank für das Ausfüllen der Umfrage!

Für allfällige Rückfragen zu den Arbeitsverfahren oder zu Leistungsdaten bitten wir Sie, uns ihre Kontaktdaten anzugeben:

Name:

Email:

Telefon:

Produktivitätsmodell "Rückegassen planen"

Teil A: Grundlagen

Oliver Thees

Fritz Frutig

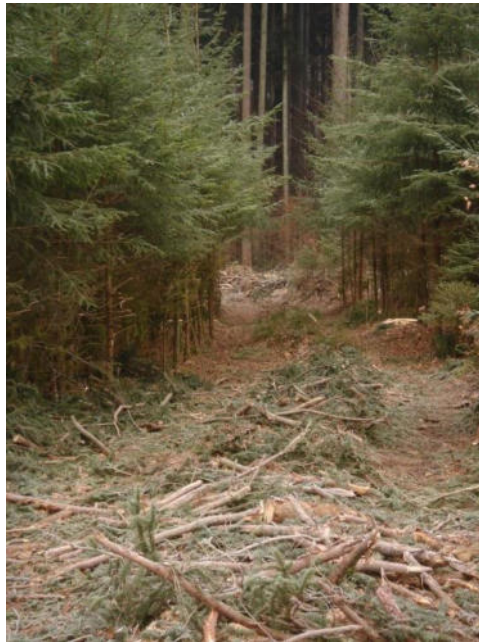


Bild: Fritz Frutig, WSL

FE Waldressourcen und Waldmanagement
Gruppe "Nachhaltige Waldwirtschaft"
Eidg. Forschungsanstalt WSL

Entwurf, 03.06.2021

Das Produktivitätsmodell "Rückegassen planen" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen "Juwapfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell "Rückegassen planen" wurde im Jahr 2021 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	O. Thees / F. Frutig	03.06.2021	Entwurf der Dokumentation

Inhalt

1	Grundlagen	3
2	Modell	4
2.1	<i>Zeitsystem.....</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen</i>	<i>4</i>
2.3	<i>Zeitaufwand und Kosten.....</i>	<i>5</i>
2.3.1	Planungsverfahren	5
2.3.2	Zeitaufwand.....	5
2.3.3	Kosten.....	7
3	Benutzerführung.....	8
4	Literatur.....	8
5	Beurteilung der Qualität des Modells "Rückegassen planen"	9

1 Grundlagen

Im Hinblick auf die Erstellung von Kalkulationsgrundlagen für Arbeiten der Jungwaldpflege wurde 2017 eine Umfrage bei allen Betriebsleitern/Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Mit der Umfrage wurde erhoben, welche Bedeutung den einzelnen Arbeiten heute in der Praxis zukommt. Gleichzeitig sollten die Betriebsleiter angeben, zu welchen Arbeitsverfahren sie Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung stellen könnten (Datenquellen). Der Fragebogen wurde in Absprache mit der Fachstelle Waldbau und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt.

Tabelle 1 zeigt die Umfrageergebnisse bezüglich der Wichtigkeit des Planens und Erfassens von Rückegassen. Gemäss Umfrage erachten 91% der Betriebsleiter aus der Region Flachland (Forstregionen Mittelland und Jura) die Feinerschliessungsplanung als *wichtig* oder *eher wichtig*, in der Region Gebirge (Forstregionen Voralpen, Alpen, Alpensüdseite) sind es noch 46%. Auch in den Regionen mit steilem Gelände gibt es flachere Partien, in denen die Feinerschliessung mit Rückegassen erfolgt. Erwartungsgemäss wurden nur wenige Datenquellen gemeldet. Von den 6 Datenquellen aus der Region Flachland erwies sich nur eine Einzige als brauchbar für ein Produktivitätsmodell.

Tabelle1: 90% der Betriebsleiter aus den Forstregionen Mittelland und Jura erachten die Planung der Feinerschliessung als wichtig (Umfrage 2017).

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
49	Rückegassen planen und erfassen	91	46	6	0

Die für das Modell verwendeten Werte stammen aus Erhebungen des Staatsforstbetriebes Bern, der Abteilung Wald des Kantons Aargau, der Landesforstverwaltungen Thüringen und Niedersachsen sowie von Sachsenforst. Zusätzlich in Aussicht gestellt sind Daten aus Rheinland-Pfalz.

Hinweis:

Aufgrund des geringen Datenumfangs und der Heterogenität der Planungsverfahren sehen wir davon ab, zum jetzigen Zeitpunkt ein Berechnungsmodell für den Aufwand beim Planen der Rückegassen zu erstellen und in das IT-gestützte Tool JuWaPfl umzusetzen. Hingegen werden die bisherigen Erkenntnisse für eine spätere Weiterentwicklung in diesem Dokument festgehalten.

2 Modell

2.1 Zeitsystem

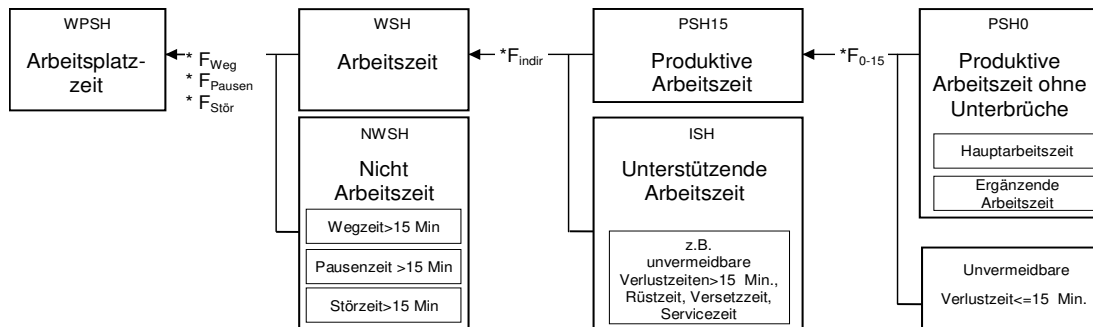


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 1 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tab. 2). Für das Modell "Planen von Rückegassen" sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH₁₅ wichtig. Wegzeiten und Pausen sind mit einem Defaultwert im Modell hinterlegt, können jedoch im Einzelfall individuell gewählt werden.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

2.2 Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen

Tabelle 3: Faktoren für indirekte Zeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Defaultwert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Pausen >15 Min.		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Wegzeiten >15 Min.		≥ 1.0	[-]
$F_{Stör}$	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.1133$ ²⁾	1.133	≥ 1.0	[-]
WPPH	$Arbeitsplatzzeit = PMH_{15} \times F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$			

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

²⁾ Auf der Benutzeroberfläche können die tägliche Arbeitszeit und der Anteil bezahlte Wegzeiten und Pausen eingegeben werden. Damit kann der Faktor individuell berechnet werden.

2.3 Zeitaufwand und Kosten

2.3.1 Planungsverfahren

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, wie die Planung eines Rückegassennetzes im Einzelfall abläuft. Dennoch kann ein grundsätzliches Vorgehen ("roter Faden") für den Planungsablauf skizziert werden: Die Vorarbeiten im Büro erfassen das Abgrenzen der Feinerschliessungseinheit und die Markierung aller bestehenden Rückegassen, soweit dies mit den zur Verfügung stehenden Unterlagen (Pläne, Luftbilder, Lidar-Bilder, ...) möglich ist. Allenfalls ist anschliessend noch eine Geländebegehung nötig, bei der fehlende Gassen aufgenommen werden (mit Kompass oder GPS). Auf dem komplettierten Plan der bestehenden Rückegassen erfolgt die neue Planung der Feinerschliessung nach einem gewählten Konzept (Richtung, Abstand), wobei im Interesse des Bodenschutzes möglichst viele bestehende Rückegassen übernommen werden sollen. Anschliessend werden die neu geplanten Feinerschliessungslinien im Gelände verifiziert und nötigenfalls in der Linienführung leicht angepasst (Hindernisse, Mikrotopografie, feuchte Stellen, ...).

Für die Erfassung des definitiven Gassennetzes kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Die über lange Zeit gebräuchliche Erhebung mit Kompass und Messband wird zunehmend von der Erfassung mit GPS-Systemen abgelöst. Auch bei letzterer gibt es verschiedene Varianten. Die Rückegassen können durch Abschreiten mit einem mobilen GPS-Gerät aufgenommen werden. Beim Einsatz von vollmechanisierten Arbeitsverfahren kann die Erfassung der Rückegassen auch direkt mit dem GPS des Harvesters erfolgen. Die Linien können anschliessend auf die jeweils verwendete Kartengrundlage übertragen werden. Bei diesem Vorgehen kann der Arbeitsgang der Erfassung zu Fuss mit dem GPS-Gerät eingespart werden.

Vor allem in Deutschland kommt vermehrt eine weitere Methode zur Anwendung, die sogenannte Richtlaser-Technologie, bei welcher eine Forstmaschine (in der Regel ein Harvester) einem zuvor eingerichteten Laserstrahl folgt und die Gasse beim Freischneiden auch gerade aufzeichnet, so dass sie direkt in die digitalen Bestandskarten übertragen werden kann. Diese Methode wird hier mangels Grundlagendaten noch nicht einbezogen.

Wir beschränken uns vorerst auf zwei prinzipiell unterschiedliche "Standardverfahren": Erhebung der Rückegassen mit Kompass oder mit einem GPS-Gerät.

2.3.2 Zeitaufwand

Der Zeitaufwand für das Planen und Dokumentieren von Rückgassen hängt im Wesentlichen von folgenden Einflussgrössen ab:

- Geländeschwierigkeiten: Topografie, Hangneigung, Mikrotopografie, Bodentragfähigkeit
- Bodenbewuchs/Sicht (Jahreszeit)
- Neuplanung oder Ergänzung eines Rückegassen-Netzes (Anteil vorhandener Rückegassen)
- Umfang und Qualität der vorhandenen Plangrundlagen (LIDAR; Orthofotos, Terramodelle, ...)
- Rückegassendichte (RG-Abstand bzw. Lfm/ha)
- Erfassen der Rückegassen manuell oder mit GPS
- Erfahrung der planenden Person

Die meisten dieser Einflussfaktoren sind sogenannte "soft factors", die sich nur schwer quantifizieren lassen. Deshalb müssen wir uns hier mit einer gutachtlichen Abstufung behelfen.

1) Angaben des Staatforstbetriebes Bern (Martin Küng), 2018

Erfahrungswerte aus der Region Bern Mittelland

Tabelle 4: Erfahrungswerte aus dem Staatsforstbetrieb Bern.

Verhältnisse	Planung ohne vorhandene Gassen [h/ha]	Nachzeichnen von bestehenden Gassen [h/ha]
leicht	1.3	0.7
mittel	1.6	1.1
erschwert	2.0	1.5

Die oben angegebenen Zeiten umfassen nur die Arbeiten im Gelände. Für das Übertragen der Daten ins Geodaten-System und die Editierung ist mit einem **zusätzlichen Aufwand** von ca. **0.1 h/ha** zu rechnen (Mitteilung von Martin Küng, email vom 21.05.2021).

leicht: flaches Gelände; unbelaubter Zustand, übersichtlich, weitsichtig

mittel: Hanglage, Frühling oder Herbst mit wenig Laub, Jungwaldpassagen

erschwert: Hang, Bodenrauigkeit erhöht, vernässte Stellen, belaubter Zustand
viele alte Rückegassen zu berücksichtigen, viel Jungwald oder Stangenholz, hoher Nadelholzanteil

Der durchschnittliche Gassenabstand betrug 25-28m (Gassenmitte).

Abstecken der Rückegassen mit Kompass.

2) Angaben von Thüringen Forst (Maschinenstützpunkt Gehren, Stefan Peschel), 2020

Tabelle 5: Erfahrungswerte aus dem Maschinenstützpunkt Gehren von Thüringen Forst.

Datenlieferant	Zeitaufwand [h/ha]		
	Gelände- und Bestandesverhältnisse		
	leicht	mittel	schwer
1	1.0	1.5-2.0	>=2.0
3	3.0-4.0	4.0-6.0	>=6.0
4	2.5	3.5	5.5
5	3.0	4.0	5.0
6	0.8	1.5	2.0
Range	0.8-4.0	1.5-6.0	2.0-6.0
Mittelwert	2.2	3.2	4.1

Noch unbekannt ist der durchschnittliche Rückegassenabstand, bei dem die oben dargestellten Zeiten für die Planung aufgewendet wurden.

Anmerkungen von S. Peschel:

- Die Abgrenzung von Planung und Markierung von Rückegassen ist oft nicht einfach, weil das Markieren in der Regel zusammen mit dem Anzeichnen des Holzes erfolgt.
- Eine wichtige Einflussgrösse auf den Zeitbedarf für die Gassenplanung scheint das Alter des Planenden zu sein (Erfahrung). Bei Älteren war der Zeitbedarf signifikant geringer.

3) Angaben der Niedersächsischen Landesforsten (Forstamt Seesen, Henning Geske), 2020

Zeitaufwand geschätzt [h/ha]	2.0
------------------------------	-----

Die Gassenanlage erfolgt recht schematisch, der Gassenabstand beträgt mehrheitlich 20m (70% vollmechanisierte Aufarbeitung). Abstecken der Gassen mit Kompass und Fadenmessgerät/Entfernungstaschenlaser. Heute werden zunehmend die Geoinformationssysteme der Harvester benutzt.

4) Angaben der Abteilung Wald des Kantons Aargau, Andreas Freuler, 2019

Richtgrösse Zeitaufwand [h/ha]	0.5
Schwierige Neuplanung [h/ha]	5.0

Der Abstand der Rückegassen lag je nach Bodentragfähigkeit zwischen 30 und 50m.

Die Feinerschliessungsplanung umfasste folgende Arbeiten:

- Abgrenzen der Feinerschliessungseinheit
- Bestehende Fahrlinien anhand von Orthofotos oder LIDAR-Bildern soweit wie möglich auf dem Plan bereits einzeichnen (Büro)
- Aufnahme der bestehenden FE-Linien mit GPS im Gelände
- Planung des künftigen Rückegassennetzes auf dem Grundlagenplan
- Abschreiten und gegebenenfalls anpassen des geplanten Verlaufes der Fahrlinien, laufende Aufnahme mit dem GPS
- Bereinigen der Linien im GIS-System (Büro)

(Grundlage: Pilotprojekt Feinerschliessung Habsburg).

5) Angaben von Sachsenforst (Schönheide) 2020

Zeitaufwand geschätzt [h/ha]	2.9
------------------------------	-----

6) Daten aus Rheinland-Pfalz sind in Aussicht gestellt (Ossweiler, Ritter), 2021

Der Zeitaufwand/Hektare muss in Bezug zum Rückegassenabstand gesetzt werden (Planungsaufwand pro Laufmeter Rückegasse).

Die reine Arbeitszeit wird mit den Faktoren für indirekte Arbeitszeit und für bezahlte Wegzeiten und Pausen multipliziert.

2.3.3 Kosten

Die Gesamtkosten bestehen vorwiegend aus den Personalkosten. Die Amortisationskosten für GPS-Gerät, Bussole und übriges Material haben einen sehr kleinen Anteil.

Personalkosten [CHF] = Personalzeit WPH [h] * F_{indir} * F_{Pause} * F_{Weg} * Personalkostensatz [CHF/h]

Gerätekosten [CHF] = separat zu ermitteln, je nach verwendetem Gerät

Fahrzeugkosten $_{weg}$ [CHF] = Pauschale für die Fahrt zum Arbeitsort und zurück

Gesamtkosten = Personalkosten + Gerätekosten + Fahrzeugkosten $_{weg}$

3 Benutzerführung

Tabelle 6: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells "Rückegassen planen".

	Bewuchs/Sicht	Geländeschwierigkeit	Zeitaufwand [h/ha]
manuell		einfach	
		schwierig	
GPS		einfach	
		schwierig	
Kostensätze [CHF/h] (Defaultwerte)	Personal		70
	GPS-Gerät		?

4 Literatur

Björheden, R., Thompson, M.A. (1995): An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden.

Heinimann, H.R., (1997), Skript Forstl. Verfahrenstechnik I, ETH Zürich.

5 Beurteilung der Qualität des Modells "Rückegassen planen"

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren		
Technische Aktualität (Verfahren)		
Umfang der Datengrundlage		
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse		
Dokumentation der Auswertung		
Anhand Grundlagendaten überprüft		
Detaillierungsgrad des Modells		

Gesamturteil: Mit dem Modell lassen sich einzig grobe Werte schätzen.



X

Produktivitätsmodell "Austrichtern im Jungwuchs"

Grundlagen



Bild: Ulrich Wasem, WSL

Peter Ammann

Im Auftrag für:

FE Waldressourcen und Waldmanagement

Gruppe "Nachhaltige Forstwirtschaft"

Eidg. Forschungsanstalt WSL

13.03.2020

Das Produktivitätsmodell "Austrichtern im Jungwuchs" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt wurden und unter dem Namen "Jungwaldpflege JuWaPfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell „Austrichtern im Jungwuchs“ wurde im Jahr 2019 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	P. Ammann	01.02.2019	Dokument
1.0	F. Frutig	13.03.2020	Redaktionelle Überarbeitung

Inhalt

1	Grundlagen	3
1.1	Entstehung und Verwendung.....	3
1.2	Beurteilung und Besonderheiten	3
2	Prozessbeschreibung.....	3
2.1	Verwendete Methoden	3
2.2	Definitionsbereich und Abgrenzungen.....	4
2.3	Prozess.....	4
3	Modell	5
3.1	Zeitsystem	5
3.2	Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen- und Wegzeiten.....	6
3.3	Produktivitätsmodell	6
3.3.1	Zeitaufwand in Abhängigkeit von der Anzahl Kulturpflanzen (Grundfunktion).....	6
3.3.2	Verunkrautung (KF1)	8
3.3.3	Hangneigung (KF2)	8
3.3.4	Rückegassen (KF3)	8
3.3.5	Einzelschutz oder Zaun (KF4).....	9
3.3.6	Lufttemperatur (KF5).....	9
3.3.7	Vollständiges Modell mit allen Korrekturfaktoren.....	10
3.3.8	Maschinenkosten	10
3.3.9	Gerätekosten für Austrichern mit Sichel.....	11
3.3.10	Gesamtkosten der Jungwaldpflege pro Hektare (Systemkosten)	12
4	Benutzerführung	13
5	Literatur.....	13

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung

Grundlagen des Produktivitätsmodells „Austrichtern im Jungwuchs“ sind Arbeitsrapporte von Forstunternehmern und Forstbetrieben sowie Angaben aus der Literatur.

1.2 Beurteilung und Besonderheiten

Das Austrichtern von Kulturen oder einzelnen im Weitabstand eingebrachten Pflanzen in der Entwicklungsstufe Jungwuchs hat sich arbeitstechnisch in den letzten Jahrzehnten nicht wesentlich verändert. Weil weniger gepflanzt wird, muss auch weniger Jungwuchspflege gemacht werden. In Naturverjüngungen erfolgen Eingriffe im Allgemeinen noch nicht im Jungwuchs. Falls aber gepflanzt wird, ist eine jährliche Kulturpflege in den allermeisten Fällen notwendig. Beim Austrichtern im Jungwuchs gibt es keine Möglichkeit der „biologischen Rationalisierung“, ausser dass auf Pflanzungen verzichtet wird.

Verändert haben sich im Laufe der Zeit der Pflanzabstand bzw. die Pflanzdichte. Die Anzahl Bäumchen pro Hektare hat stark abgenommen. Während früher mit rund 10'000 Stück/ha (1m x 1m) ein flächiges Ausmähen fast unumgänglich war, wird heute in grösseren Abständen (oft 2.5m x 2.5m bis 3m x 3m) gepflanzt. Für Lärchen oder Douglasien sind auch Weitverbände (5m x 5m oder 6m x 6m) beliebt. Möglich sind auch Pflanzungen im Endabstand oder Reihenverbände (z.B. 12m x 3m). Oft werden auch einzelne Pflanzen in lückige Naturverjüngungen eingebracht (Ergänzungspflanzungen). Eine weitere Möglichkeit sind Trupp-Pflanzungen, bei denen in grossen Abständen (Endabstand oder mehr) Gruppen von Bäumen gepflanzt werden.

2 Prozessbeschreibung

2.1 Verwendete Methoden

Unter Austrichtern wird das Zurückschneiden der Konkurrenzvegetation um die Zielpflanze verstanden. Flächiges Ausmähen ist aufgrund der hohen Kosten und aufgrund der ökologischen Nachteile nicht mehr gebräuchlich und wird deshalb im Modell nicht berücksichtigt.

Primäre Eingangsgrösse für das Produktivitätsmodell „Austrichtern im Jungwuchs“ ist die Anzahl Kulturpflanzen pro Hektare oder pro Bestandesfläche. Diese errechnet sich aus dem Pflanzabstand (bei geometrischem Pflanzmuster) oder entspricht der Anzahl eingebrachter Pflanzen (bei Ergänzungspflanzungen oder Trupp-Pflanzungen). Nicht ausgeschlossen ist auch, einzelne Pflanzen in naturverjüngten Jungwüchsen zu fördern; in diesem Fall muss ebenfalls eine Anzahl Bäumchen pro Fläche eingegeben werden können, welche ausgetrichtert werden.

Ausgeführt wird die Jungwuchspflege am häufigsten mit dem Freischneider; dies ist bei stammzahlreichen Kulturen der Normalfall, hier kommen auch die ergonomischen Vorteile zum Tragen. In gewissen Situationen ist die Motorsäge zu bevorzugen, speziell bei sehr starker Verunkrautung und an steilen Hanglagen, sowie bei bereits verholzter Konkurrenzvegetation (Bäume, Sträucher). Möglich sind auch Eingriffe mit der Sichel. Früher kam auch oft die klassische Sense zum Einsatz. Seit nicht mehr flächig und bodeneben ausgemäht wird, kommt die Handsense nicht mehr oft zum Einsatz; zum Austrichtern ist sie weniger geeignet als die flexibel einsetzbare Sichel. Aus diesem Grund beschränkt sich das Modell auf Freischneider, Motorsäge und Sichel.

Für Tätigkeiten mit der Motorsäge ist aus Sicherheitsgründen ein 2er-Team erforderlich. Für Arbeiten mit dem Freischneider und der Sichel ist dies nicht zwingend vorgeschrieben. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität.

2.2 Definitionsbereich und Abgrenzungen

Das vorliegende Produktivitätsmodell "Austrichtern" bezieht sich auf die Entwicklungsstufe Jungwuchs (bis h_{dom} 1.3m). Für die nächsten Entwicklungsstufen kommt das Produktivitätsmodell „Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1“ zur Anwendung.

In der Praxis erfolgt der Übergang vom Jungwuchs zur Dickung eher etwas später als nach der Definition der Entwicklungsstufen. Nach dieser ist das Stadium der Dickung erreicht, sobald die 100 höchsten Bäume pro Hektare eine mittlere Höhe von 1.3m erreicht haben. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich aber noch viele Kulturpflanzen in einem Stadium, in dem ein Austrichtern notwendig ist. Bei üppiger Konkurrenzvegetation können Brombeeren, Adlerfarn, Drüsiges Springkraut etc. zudem bis über 2m hoch werden. Insofern wird „Jungwuchs“ hier als Entwicklungsstufe verstanden, in welcher noch Jungwuchspflege (Austrichtern) angewandt wird. Dies wird auch in der Forstpraxis so verstanden.

2.3 Prozess

Der Arbeitsprozess "Austrichtern" umfasst folgende Teilarbeiten:

- Gehen zwischen den Bäumen, welche ausgetrichtert werden müssen (von Baum zu Baum)
- Mechanisches Entfernen der Konkurrenzvegetation, soweit dies für das optimale Gedeihen der Zielpflanzen notwendig ist. Dies umfasst Lichtkonkurrenz (Überwachsen, seitliches Bedrängen) aber auch mechanische Konkurrenz (Belastung durch Brombeerranken und Nielen, Würgen durch Schlingpflanzen, Bedecken von Pflanzenteilen durch Farne etc.)
- Säubern von Einzelschützen (Drahtkörbe, ...)
- Kontrolle und allfällige Reparatur von beschädigten Einzelschützen und Zäunen.

Auch wenn das vorliegende Produktivitätsmodell für das Austrichtern von Kulturpflanzen konzipiert wurde, kann es ebenfalls für Eingriffe in Jungwüchsen aus Naturverjüngung angewandt werden.

3 Modell

3.1 Zeitsystem

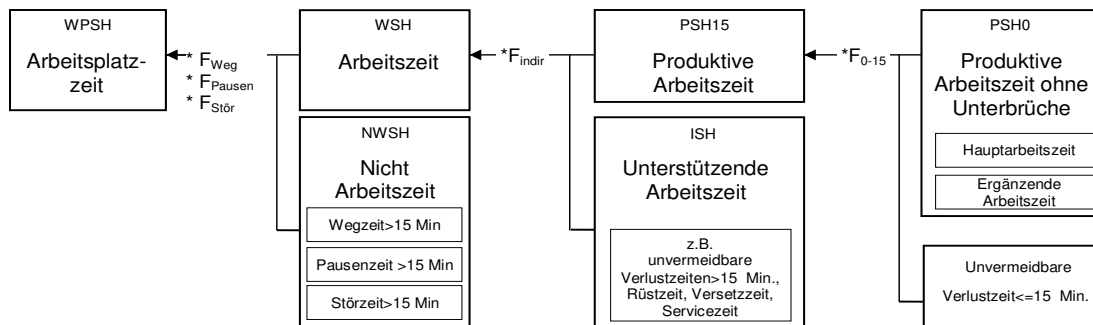


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 1 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Freischneider/Motorsäge, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tab. 1). Für die Jungwaldpflege sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig (Personalarbeitszeiten).

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen- und Wegzeiten

Tabelle 2: Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Default-wert	Definitions-bereich	Einheit
F_{indir}	Indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1		
F_{Pause}	Bezahlte Pausen >15 Min.		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Bezahlte Wegzeiten >15 Min.		≥ 1.0	[-]
	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ Annahme: von 510 Min. Arbeitszeit/Tag sind 60 Min. bezahlte Wegzeiten und Pausen. Hinweis: Die Wegzeiten innerhalb der Arbeitsfläche (von Baum zu Baum) sind bereits in der Grundzeit enthalten!	1.133		

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

3.3 Produktivitätsmodell

3.3.1 Zeitaufwand in Abhängigkeit von der Anzahl Kulturpflanzen (Grundfunktion)

Es standen total 77 Datensätze zum Austrichern zur Verfügung. Diese stammen aus 3 verschiedenen Forstbetrieben. Im Forstbetrieb A wurde die Jungwuchspflege durch Unternehmer 1 und 2 ausgeführt. Forstbetrieb B und C haben die Arbeiten mit eigenem Personal ausgeführt. Im Gegensatz zu den Modellen „Z-Baum-Durchforstung in Dickung und Stangenholz 1“ war zwar eine grössere Anzahl Datensätze vorhanden, aber es fehlen genaue Angaben zu den Einflussfaktoren auf die Produktivität. Auch wurden die Daten teilweise weniger exakt erhoben (z.B. Vorarbeiter hat jeweils Ende Woche die Stunden rapportiert).

Als Haupteinflussfaktor für den Zeitaufwand des Austricherns wurde die Anzahl frei zu schneidende ("auszutrichernde") Pflanzen pro Hektare verwendet. Abbildung 2 zeigt den aus den vorhandenen Datensätzen abgeleiteten Zeitaufwand für das Austrichern in Abhängigkeit von der Anzahl Pflanzen pro Hektare.

Zur Datengrundlage sind folgende Punkte zu beachten:

- Die durch gelbe Punkte dargestellten Datensätze stammen von Forstbetrieb A und B. Davon wurden ausgeführt: In Forstbetrieb A von Forstunternehmer 1: 23 Aufträge, von Forstunternehmer 2: 22 Aufträge. Nur 2 Datensätze sind von Forstbetrieb B eingeflossen, diese wurden durch eigenes Personal ausgeführt.
- Die gelben Punkte variieren bezüglich Anzahl Pflanzen von 278/ha (6m x 6m) bis 2'268/ha (2.1m x 2.1m).
- Die Werte mit den roten Punkten stammen von Forstbetrieb C, es handelt sich um 29 Datensätze. Weil dieser Forstbetrieb ausschliesslich im Pflanzverband von 3m x 3m (1'111/ha) arbeitet, besteht bezüglich Pflanzenzahl keine Variabilität.
- Weiter gibt es eine Angabe aus der Literatur (Forstkalender 2020), basierend auf Beda (1966). Für „Austrichern mit Motorgerät auf Flächen mit 1.5m x 1.5m Pflanzverband (4'444/ha) und guter Pflanzensichtbarkeit“ wird ein Aufwand von 13.6 Stunden/ha angegeben. Erstaunlicherweise liegen die Angaben aus dem Forstkalender sehr tief. Dies ganz im Gegensatz zu weiteren Jungwald-pflegearbeiten, welche damals um ein Vielfaches höher lagen als heute.

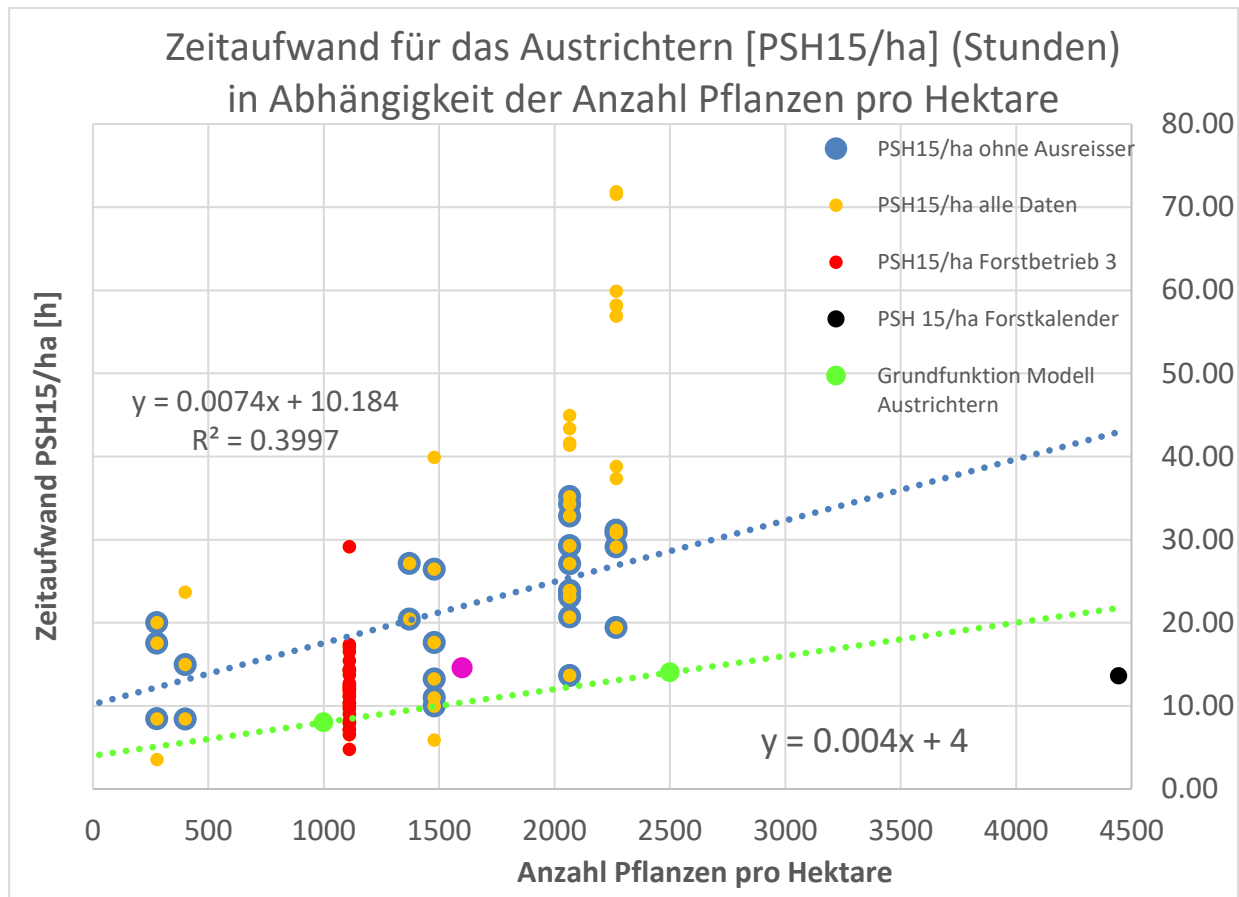


Abbildung 2: Grundzeit für das Austrichern in Abhängigkeit von der Anzahl Pflanzen pro Hektare.

Folgende Überlegungen sind in die Erstellung des Modells eingeflossen:

- Gemäss dem Betriebsleiter von Forstbetrieb A gibt es zwischen den beiden Unternehmen 1 und 2 Unterschiede in der Arbeitsproduktivität. Bei den Flächen aus Forstbetrieb A handelte es sich zum Teil um problematische Eichenkulturen auf sehr flachgründigen Rendzina-Böden mit schlechtem Wachstum der Eichen. Diese waren z.T. bereits 10-jährig, aber immer noch im Jungwuchsstadium, die Konkurrenz der gutwüchsigen Naturverjüngung war erheblich. Teil der Arbeiten war sogar das Nachpflanzen von Eichen sowie das Ersetzen von Einzelschützen in grossem Umfang. Diese Effekte erklären, zumindest teilweise, die überaus grosse Streuung der Daten.
- Ausreisser wurden eliminiert. Aus den verbleibenden blau-gelben Datenpunkten wurde eine lineare Regression erstellt. Diese zeigt den Einfluss der Pflanzdichte auf den Zeitaufwand.
- Die Angaben aus Forstbetrieb C (Daten nur für Pflanzdichte 1'111/ha) liegen deutlich tiefer als diejenigen der anderen Akteure, mit Ausnahme von einem einzigen Ausreisser. Diese Daten stammen von einem stark auf Effizienz getrimmten Forstbetrieb und sind als "best practice" anzusehen. Es wurden jeweils alle Jungwüchse eines Betriebsteils zusammengefasst (Flächen von bis 7.4 ha pro Datensatz), was einzelne Spezialfälle pro Bestand tendenziell glättet.
- Für die Grundfunktion wurde eine Funktion erstellt, welche im unteren Drittel der Werte von Forstbetrieb C verläuft. Die Steigung wurde gegenüber der Trendlinie der Forstbetriebe A und B ungefähr halbiert (grüne Punkte und Linie).

Somit ergibt sich folgende **Grundfunktion für das Austrichern**:

$$PSH15_{\text{Austrichern}} = 0.004 \times \text{Anzahl}_{\text{Pflanzen}} + 4.0$$

Alle weiteren Einflussgrößen werden als Korrekturfaktoren ins Modell integriert. Diese werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

3.3.2 Verunkrautung (KF1)

Die vorkommenden Konkurrenzpflanzen sowie deren Deckungsgrad bzw. Üppigkeit bestimmen den Aufwand entscheidend. Weil die Arbeit des Austrichters in erster Linie darauf abzielt, die Konkurrenzpflanzen einzudämmen, wirkt sich dieser Faktor stärker aus als bei der Z-Baum-Durchforstung, wo er nur erschwerend wirkt. Aus diesem Grund erfolgt eine andere Gewichtung des Korrekturfaktors KF1 als im Modell „Z-Baum-Durchforstung“. Die Verunkrautung ist nicht einfach zu objektivieren, deshalb wird sie in Tabelle 3 näher beschrieben. Im Gegensatz zur Z-Baum-Durchforstung gibt es den Fall "keine Verunkrautung" nicht, weil dann gar nicht eingegriffen werden müsste.

Tabelle 3: Korrekturfaktoren für den Grad der Verunkrautung

Verunkrautung	KF1	Umschreibung
schwach	0.80	neue Flächen, wenig Konkurrenzvegetation, einfache Unkraut-Pflanzen
mittel	1.00	einfachere Pflanzen wie Springkraut, mässiger Brombeerbewuchs
stark	1.40	Adlerfarn, starker Brombeerbewuchs
extrem stark	2.00	viele Nielen, sehr starker Brombeerbewuchs, vernachlässigte Flächen

Der Korrekturfaktor 1.0 wird für "mittel" eingesetzt, weil bei schwacher Verunkrautung ein Eingriff tendenziell noch gar nicht notwendig ist. Mit dem Korrekturfaktor KF1 von 0.8 für schwache Verunkrautung ist es auch möglich, Werte im Bereich der am tiefsten liegenden Daten aus dem Forstbetrieb C zu erreichen.

3.3.3 Hangneigung (KF2)

Mit zunehmender Hangneigung erhöht sich der Zeitaufwand. Es wurden dieselben Korrekturfaktoren verwendet wie im Modell „Z-Baum-Durchforstung“.

Tabelle 4: Korrekturfaktoren für die Hangneigung

Hangneigung	KF3
0-24%	1.00
25-44%	1.10
45-64%	1.25
65-84%	1.50
>=85%	2.00

Weil in sehr steilen Lagen ein weniger intensiver Waldbau betrieben wird, kommen die hohen Korrekturfaktoren im Mittelland kaum zur Anwendung.

3.3.4 Rückegassen (KF3)

Mit einem vorhandenen Feinerschliessungssystem reduziert sich die zu bearbeitende Fläche. Im Gegensatz zu späteren Eingriffen in Dichtung und schwachem Stangenholz ist die Übersicht im Jungwuchs noch kein Problem. Deshalb hat das Fehlen von Rückegassen einen geringeren Einfluss als im Modell "Z-Baum-Durchforstung".

Tabelle 5: Korrekturfaktor für das Fehlen von Rückegassen

Rückegassen vorhanden	KF3
Ja	1.00
Nein	1.10

Das Vorhandensein von Rückegassen wird als Normalfall angenommen (best practice, KF3=1.0). Rückegassen sollten permanent vorhanden bzw. ihre Linienführung bekannt sein. Falls dies noch nicht so ist, sind sie **vor** einem Pflegeeingriff zu planen und im Gelände zu markieren. Bei fehlenden Rückegassen erhöht sich der Aufwand um den Faktor 1.1.

3.3.5 Einzelschutz oder Zaun (KF4)

Im Einzelschutz ist die Pflanze gut erkennbar und besser geschützt. Dies spart Zeit und erhöht die Erfolgsquote. Auf Flächen innerhalb von Wildschutzzäunen sind die Pflanzen weniger gut erkennbar; die Gefahr, dass sie beim Austrichern irrtümlich abgeschnitten werden ist grösser. Dies gilt auch für Fälle, in denen kein Wildschutz vorhanden ist.

Tabelle 6: Korrekturfaktor für Jungwuchs ohne Einzelschutz

Einzelschutz oder Zaun	KF4
Einzelschutz	1.00
Zaun oder kein Wildschutz nötig	1.20

Steck (2018) hat den Zeitaufwand für die Jungwuchspflege in Eichenkulturen im Falle von Zaun oder Einzelschutz (Typ DOK) in einer einfachen Zeitstudie erhoben. Er kommt auf einen um 33% höheren Aufwand für die Arbeiten auf umzäunten Flächen gegenüber DOK-Einzelschützen, welche vorwiegend für Laubbäume eingesetzt werden. Bei Drahtkörben (für Koniferen) ist die Pflanze zwar auch recht gut erkennbar und geschützt, die Zeitersparnis im Vergleich zu DOK-Einzelschützen ist jedoch geringer, weil z.B. Brombeerranken in den Drahtkorb hineinwachsen und gezielt entfernt werden müssen. Für das Produktivitätsmodell wird deshalb für umzäunte Flächen oder für den Fall ohne Wildschutzmassnahmen mit einem gegenüber den Erkenntnissen von Steck (2018) tieferen Faktor von 1.20 gerechnet.

3.3.6 Lufttemperatur (KF5)

Als letzter Einflussfaktor enthält das Modell die Lufttemperatur. Austrichern ist eine typische Arbeit im Sommerhalbjahr. Warme Temperaturen sind deshalb normal. Die Korrekturfaktoren werden deshalb anders gewichtet als beim Modell „Z-Baum-Durchforstung“: Warm ist der Normalfall (Faktor 1.0). Bei heissen Temperaturen sinkt die Leistung entsprechend, der Aufwand wird höher. Bei kühlen Temperaturen ist der Aufwand tiefer, was aber aufgrund der Jahreszeit ein Ausnahmefall ist.

Tabelle 7: Korrekturfaktoren für die Produktivität in Abhängigkeit von der herrschenden Lufttemperatur

Lufttemperatur	KF8
angenehm (bis 10 Grad)	0.90
warm (10-20 Grad)	1.00
heiss (über 20 Grad)	1.20

3.3.7 Vollständiges Modell mit allen Korrekturfaktoren

Alle Korrekturfaktoren werden mit der Grundzeit (Abb. 2) multipliziert. Das Produktivitätsmodell für das Austrichtern lautet somit:

$$\begin{aligned} PSH_{15}^{\text{Austrichtern}} &= (0.004 \times \text{Anzahl}_{\text{Pflanzen}} + 4.0) \times KF1_{\text{Verunkrautung}} \times KF2_{\text{Hangneigung}} \times KF3_{\text{Rückegassen}} \\ &\times KF4_{\text{Einzelschutz oder Zaun}} \times KF5_{\text{Temperatur}} \end{aligned}$$

3.3.8 Maschinenkosten

Die eingesetzten Geräte sind hauptsächlich Motorsense/Freischneider. Einige Datensätze beruhen auf Motorsägenarbeit. Die beiden Gerätearten werden im Produktivitätsmodell **nicht unterschieden**. In der Praxis ist der Freischneider für die Arbeit des Austrichterns wesentlich häufiger als die Motorsäge. Separat betrachtet wird dagegen das händische Verfahren mit der Sichel. Hier entstehen nur minimale Gerätekosten, welche separat berechnet werden.

Beim Austrichtern mit dem Freischneider ist der Anteil Maschinenstunden relativ hoch, es handelt sich um eine eher "schematische" Tätigkeit. Der Freischneider wird oft nicht nur zum eigentlichen Austrichtern eingesetzt, sondern auch um den Weg von Baum zu Baum frei zu schneiden. Es bietet sich deshalb an, die Maschinenkosten (ausgedrückt in Treibstoffverbrauch pro Fläche) direkt aus dem Zeitaufwand (PSH_{15} pro Fläche) abzuleiten.

Von den 77 vorhandenen Datensätzen enthalten 49 Angaben zum Treibstoffverbrauch (Abb. 3). Eingriffe, die nur mit der Sichel erfolgten, fallen hier weg. Ob es sich um Freischneider (in den meisten Fällen), Motorsäge oder einen kombinierten Einsatz handelt, ist in den Datensätzen nicht klar dokumentiert. Die beiden Gerätetypen werden folglich nicht unterschieden. Es wird vermutet, dass in einzelnen Datensätzen mit auffällig tiefen Werten für den Treibstoffverbrauch Freischneider und Sichel kombiniert wurden; diese Datensätze werden als Ausreisser betrachtet und nicht in die Auswertung des Treibstoffverbrauchs einbezogen.

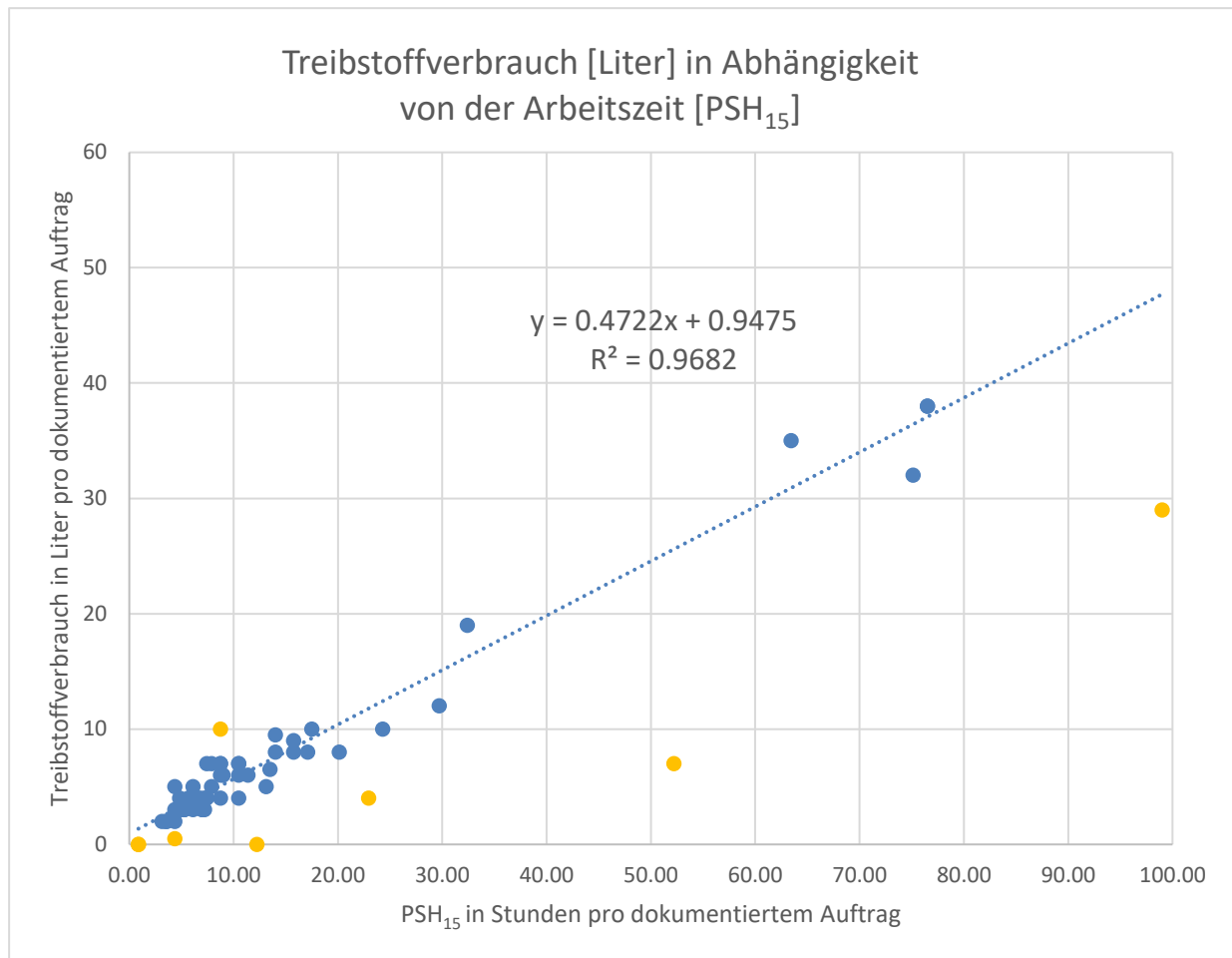


Abbildung 3: Treibstoffverbrauch der Freischneidegeräte in Abhängigkeit von der Arbeitszeit.

Die nicht in die Auswertung einbezogenen Ausreisser sind gelb dargestellt. Der Zusammenhang aus den verbleibenden Datenpunkten (blau) ist hoch korreliert ($R^2=0.9682$). Somit ergibt sich folgende Formel für den Treibstoffverbrauch:

$$\text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Austrichtern}} = (0.4722 \times \text{PSH15/ha}) + 0.9475$$

Mit dem Treibstoffverbrauch und dem Kostenansatz für die Treibstoffkosten lassen sich die Maschinenkosten berechnen:

$$\text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Austrichtern}} = (\text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Austrichtern}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Freischneider oder Motorsäge}})$$

Im Kostensatz pro Liter Treibstoff sind die Kosten für Amortisation und Unterhalt des Freischneiders enthalten.

3.3.9 Gerätekosten für Austrichtern mit Sichel

Die Gerätekosten für die Jungwuchspflege mit der Sichel wurden wie folgt hergeleitet: Bei Anschaffungskosten von Fr. 60.00 und einer Amortisation über 100 Hektaren ergeben sich Gerätekosten von Fr. 0.60 pro Hektare.

Tabelle 8: Gerätekosten für Sichel

Ausrüstung	Anschaffungskosten [Fr.]	Amortisation über Fläche [ha]	Kosten [Fr./ha]	Quelle
Sichel	60.00	100	0.60	https://wvs-shop.abacuscity.ch/de/home

Die Gerätekosten sind im Vergleich zu den Personalkosten sehr gering.

$$\text{Gerätekosten/ha}_{\text{Austrichern mit Sichel}} = 0.60 \text{ [CHF]}$$

3.3.10 Gesamtkosten der Jungwaldpflege pro Hektare (Systemkosten)

Die Personalkosten werden durch Multiplikation des Zeitaufwandes pro Hektare mit dem Personalkostensatz errechnet:

$$\text{Personalkosten/ha}_{\text{Austrichern}} = (\text{Zeitaufwand/ha}_{\text{Austrichern}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Personal}})$$

Die Maschinen- bzw. Gerätekosten resultieren aus dem Treibstoffverbrauch pro Hektare multipliziert mit dem Maschinenkostensatz oder den Gerätekosten für Sichel.

$$\begin{aligned} \text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Austrichern}} \\ = (\text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Austrichern}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Freischneider/Motorsäge}}) \end{aligned}$$

oder

$$\text{Gerätekosten/ha}_{\text{Austrichern}} = 0.60$$

Die Systemkosten pro Hektare setzen sich zusammen aus der Summe der Personalkosten und der Maschinen- oder Gerätekosten:

$$\begin{aligned} \text{Systemkosten/ha}_{\text{Austrichern}} \\ = \text{Personalkosten/ha}_{\text{Austrichern}} \\ + \text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Austrichern}} \text{ oder } \text{Gerätekosten/ha}_{\text{Austrichern}} \end{aligned}$$

Für die Kosten pro effektiver behandelter Fläche bzw. pro Auftrag werden die Kosten pro Hektare mit der Fläche des Bestandes multipliziert:

$$\text{Kosten pro Auftrag}_{\text{Austrichern}} = \text{Systemkosten/ha}_{\text{Austrichern}} \times \text{Fläche}$$

4 Benutzerführung

Tabelle 3: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells

Fläche [ha]	Eingabe: Zahl zwischen 0.1 und 10.0, <i>Default 1.0</i>	
Maschinen oder Geräte	<i>Freischneider/Motorsäge</i>	Auswahl, entweder oder
	Sichel	
Pflanzabstand in den Reihen	Eingabe: Zahl zwischen 2 und 20, <i>Default 5</i>	ganzzahlig
Pflanzabstand zwischen den Reihen	Eingabe: Zahl zwischen 2 und 20, <i>Default 5</i>	ganzzahlig
oder Anzahl Pflanzen/ha ¹⁾	Eingabe: Zahl zwischen 1 und 2'500, <i>Default 400</i>	ganzzahlig
Verunkrautung	schwach	Auswahl, 1 Möglichkeit
	<i>mittel</i>	
	stark	
	extrem stark	
Hangneigung	0-24%	Auswahl, 1 Möglichkeit
	25-44%	
	45-64%	
	65-84%	
	>=85%	
Rückegassen vorhanden	<i>Ja</i>	Auswahl, entweder oder
	Nein	
Einzelschutz oder Zaun / kein Wildschutz ²⁾	<i>Einzelschutz</i>	Auswahl, 1 Möglichkeit
	Zaun	
	kein Wildschutz	
Temperatur	angenehm (bis 10 Grad)	Auswahl, 1 Möglichkeit
	<i>warm (10-20 Grad)</i>	
	heiss (über 20 Grad)	

Die für das IT-Tool gewählten Defaultwerte sind **kursiv** geschrieben.

¹⁾ Die Anzahl Pflanzen wird aus den Pflanzabständen berechnet. Anstelle der Pflanzabstände kann auch direkt die Anzahl Pflanzen/ha eingegeben werden. In beiden Fällen beträgt die maximale Anzahl Pflanzen pro Hektare 2'500; bei Überschreitung bekommt der Nutzer einen Hinweis.

$$\text{Anzahl Pflanzen/ha} = \frac{10'000 \text{ [m}^2\text{]}}{(\text{Pflanzabstand in der Reihe [m]}) \times (\text{Pflanzabstand zwischen den Reihen [m]})}$$

²⁾ Die beiden Varianten "Zaun" und "kein Wildschutz" werden mit dem gleichen Korrekturfaktor KF4 gerechnet. Es ist jedoch für die Praxisanwendung sinnvoll, auf der Benutzeroberfläche beide Varianten zur Auswahl anzubieten.

5 Literatur

Beda, G. 1966: Ein arbeitstechnischer Versuch über das Ausschneiden von Kulturen im Gebirge. Mitteilungen Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen Birmensdorf, Band 42, 66 S.

Forstkalender 2020: Tabelle über den Arbeitsaufwand von Kultur- und Pflegearbeiten. S. 237-240. Zusammengestellt von M. Breitenstein und V. Erni, WSL Birmensdorf (2004). Die Originaldaten wurden in den Jahren 1960 bis 1993 publiziert!

Steck, U. 2018: Kostenvergleich Zaun und Einzelschutz (DOK) bei der Eichenbegründung. Persönliche Mitteilung.

Produktivitätsmodell "Begehungswege erstellen"

Teil A: Grundlagen

Renato Lemm

Fritz Frutig



Bild: unbekannt

FE Waldressourcen und Waldmanagement
Gruppe "Nachhaltige Waldwirtschaft"
Eidg. Forschungsanstalt WSL

Das Produktivitätsmodell "Begehungswege" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen "Juwapfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell "Begehungswege erstellen" wurde im Jahr 2020 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	R. Lemm	01.09.2018	
1.1	R.Lemm	24.11.2020	Überarbeitung
	F. Frutig	27.04.2021	Schlussredaktion

Inhalt

1	Grundlagen	3
2	Modell	4
2.1	<i>Zeitsystem.....</i>	<i>4</i>
2.2	<i>Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen</i>	<i>4</i>
2.3	<i>Zeitaufwand und Kosten.....</i>	<i>5</i>
2.3.1	<i>Zeitaufwand.....</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>Kosten.....</i>	<i>6</i>
3	Benutzerführung	6
4	Literatur.....	6
5	Beurteilung der Qualität des Modells Begehungswege	7

1 Grundlagen

Im Hinblick auf die Erstellung von Kalkulationsgrundlagen für Arbeiten der Jungwaldpflege wurde 2017 eine Umfrage bei allen Betriebsleitern/Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Mit der Umfrage wurde erhoben, welche Bedeutung den einzelnen Arbeiten heute in der Praxis zukommt. Gleichzeitig sollten die Betriebsleiter angeben, zu welchen Arbeitsverfahren sie Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung stellen könnten (Datenquellen). Der Fragebogen wurde in Absprache mit der Fachstelle Waldbau und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt.

Tabelle 1 zeigt die Umfrageergebnisse bezüglich der Wichtigkeit von Begehungswegen. Diese sind naturgemäss vor allem im steilen, wenig erschlossenen Gelände von Bedeutung. Gemäss Umfrage erachten 64% der Betriebsleiter im Berggebiet Begehungswegen als "wichtig" und "eher wichtig". Die letzte Spalte mit der Anzahl genannter Datenquellen zeigt jedoch deutlich, dass die Datenlage hier sehr dürftig ist.

Tabelle1: Zwei Drittel der Betriebsleiter im Berggebiet erachten das Erstellen von Begehungswegen in ihrem Betrieb als wichtig (Umfrage 2017).

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
52	Begehungswegen erstellen	17	64	0	4

Die für das Modell verwendeten Werte stammen weitgehend aus Unterlagen der Kantone Bern und Graubünden (Amt für Wald und Naturgefahren BE und GR, 2020). Da in diesen Dokumenten mehrheitlich Kosten angegeben sind, mussten die Arbeitszeiten für das Modell mit Hilfe eines Einheitskostensatzes hergeleitet werden.

In grösseren Projekten müssen Begehungswegen eingeplant werden, welche auch für spätere Kontrollen von Bauwerken, Aufforstungen etc. sowie den Unterhalt notwendig sind. Gegebenenfalls (z.B. im Kanton Bern) ist für die Errichtung neuer Begehungswegen die Zustimmung des Wildhüters einzuholen. Sind für die Erstellung von Begehungswegen Terrainverschiebungen oder ein Maschineneinsatz vorgesehen, so ist eine Baubewilligung notwendig. Begehungswegen sind möglichst so zu planen, dass kein Zusammenschluss von Wegen entsteht, so dass eine Drittnutzung (Wandern, Biken) möglichst minimiert wird.

2 Modell

2.1 Zeitsystem

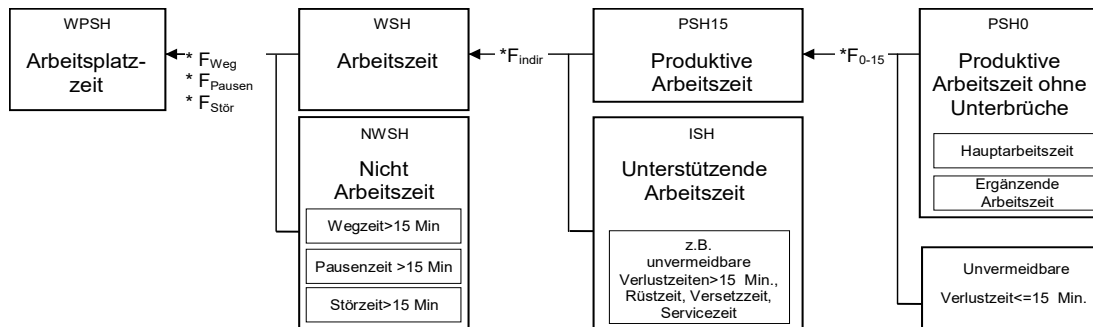


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 6 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 2). Für das Modell Begehungswegen erstellen und Massnahmen gegen Schneegleiten sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig. Wegzeiten und Pausen kann jeder individuell anpassen.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

2.2 Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen

Tabelle 3: Faktoren für indirekte Zeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Default-wert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Pausen >15 Min.		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Wegzeiten >15 Min.		≥ 1.0	[-]
$F_{Stör}$	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ ²⁾	1.133	≥ 1.0	[-]
WPPH	$Arbeitsplatzzeit = PMH_{15} \times F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$			

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

²⁾ Auf der Benutzeroberfläche kann die tägliche Arbeitszeit eingegeben werden und der Anteil bezahlte Wegzeiten und Pausen. Damit kann der Faktor individuell berechnet werden. Als Defaultwert wird eine tägliche Arbeitszeit von 510 Min. angenommen, davon sind 60 Min. bezahlte Weg- und Pausenzeiten.

2.3 Zeitaufwand und Kosten

2.3.1 Zeitaufwand

Der Zeitaufwand für das Erstellen von Begehungswegen hängt im Wesentlichen von folgenden Einflussgrößen ab: Hand- oder Maschinenarbeit, Geländeschwierigkeiten.

Erstellen von Hand:

$$\begin{aligned} \text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Erstellen_von Hand}_S &= \text{Zeit_Erstellen_von Hand}_S \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60 \\ \text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Instandstellen_von Hand}_S &= \text{Zeit_Instandstellen_von Hand}_S \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60 \end{aligned}$$

Erstellen maschinell:

$$\begin{aligned} \text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Erstellen_maschinell}_S &= \text{Zeit_Erstellen_maschinell}_S \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60 \\ \text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Instandstellen_maschinell}_S &= \text{Zeit_Instandstellen_maschinell}_S \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60 \end{aligned}$$

Schwierigkeitsgrad S: Gelände einfach oder schwierig.

Die Abschätzung "einfach" oder "schwierig" hat gutachtlich zu erfolgen, in den Grundlagen finden sich keine Kriterien dazu.

Die im Modell eingesetzten Zeitaufwände sind in Tabelle 4 zu finden.

Tabelle 4: Durchschnittliche Zeitaufwände, berechnet aus den Kosten in den Projektvorschriften
Sammelprojekte Waldbau (Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden, 2020)

	S=einfach	S=schwierig
$\text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Erstellen_von Hand}_S$ [Min/lfm]	13	19.5
$\text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Erstellen_maschinell}_S$ [Min/lfm]	2.5	4
$\text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Instandstellen_von Hand}_S$ [Min/lfm]	6.5	9.5
$\text{Zeitaufwand_Begehungswegen_Instandstellen_maschinell}_S$ [Min/lfm]	1	2

Anmerkung: Die reine Arbeitszeit wurde berechnet:

(Zeitangabe aus den Grundlagendokumenten) : (1.1 x 1.125) = reine Arbeitszeit.

Die reinen Arbeitszeiten werden später mit den Faktoren für indirekte Arbeitszeit und für bezahlte Wegzeiten und Pausen multipliziert.

2.3.2 Kosten

Erstellen von Hand:

$Kosten_{Begehungswege_Erstellen_S}$

$= Zeitaufwand_{Begehungswege_Erstellen_von\ Hand_S}$

$\times Kostenansatz_{Personal}$

$Kosten_{Begehungswege_Instandstellen_S}$

$= Zeitaufwand_{Begehungswege_Instandstellen_von\ Hand_S}$

$\times Kostenansatz_{Personal}$

Erstellen maschinell:

$Kosten_{Begehungswege_Erstellen_S}$

$= Zeitaufwand_{Begehungswege_Erstellen_{maschinell_S}} \times Kostenansatz_{Maschine}$

$Kosten_{Begehungswege_Instandstellen_S}$

$= Zeitaufwand_{Begehungswege_Instandstellen_{maschinell_S}}$

$\times Kostenansatz_{Maschine}$

3 Benutzerführung

Tabelle 5: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells "Begehungswege erstellen".

Belegungsweg neu erstellen	Ausführung	Geländeschwierigkeit	Zeitaufwand [min/m] ⁴⁾
	von Hand	einfach	13
		schwierig	19.5
	maschinell	einfach	2.5
		schwierig	4
Bestehenden Belegungsweg instand stellen	von Hand	einfach	6.5
		schwierig	9.5
	maschinell	einfach	1
		schwierig	2
Kostensätze [CHF/h] (Defaultwerte)	Personal		70
	Maschine ³⁾		65

³⁾ Kleinbagger oder Schreitbagger

Die Kostensätze variieren sehr stark (Minibagger ca. 50-70 CHF, Schreitbagger ca. 150-200 CHF/h).

⁴⁾ der Zeitaufwand wird pro Laufmeter Belegungsweg angegeben. Im Gegensatz zu den anderen Produktivitätsmodellen ist deshalb hier die Anzahl Arbeitskräfte keine Eingangsgrösse

Reine Arbeitszeit **ohne** indirekte Arbeitszeiten und **ohne** bezahlte Wegzeiten und Pausen.

4 Literatur

Amt für Wald und Naturgefahren Bern (2020): Kreisschreiben 6.1/7. 19 S.

Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden (2020): Projektvorschriften für Sammelprojekte Waldbau ab 2020. Handbuch Grüner Bereich. 22 S.

Björheden, R., Thompson, M.A. (1995): An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden.

Heinimann, H.R., (1997), Skript Forstl. Verfahrenstechnik I, ETH Zürich.

5 Beurteilung der Qualität des Modells Begehungswege

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	Dokumente aus 2020	
Technische Aktualität (Verfahren)		
Umfang der Datengrundlage		
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> schlecht	
Dokumentation der Auswertung		Keine statistische Auswertung von Daten
Anhand Grundlagendaten überprüft	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	Ja
Detaillierungsgrad des Modells		Anzahl Inputvariablen: 4

Gesamturteil: Mit dem Modell lassen sich einzig grobe Werte schätzen.



X

Produktivitätsmodell

„Pflanzung“

Teil A: Grundlagen

Renato Lemm

Fritz Frutig



Foto: U. Wasem, WSL

FE Waldressourcen und Waldmanagement

Gruppe „Nachhaltige Forstwirtschaft“

Eidg. Forschungsanstalt WSL

Das Produktivitätsmodell „Pflanzung“ ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt wurden und unter dem Namen "JuWaPfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell "Pflanzung" wurde im Jahr 2018 erstellt und im Jahr 2021 überarbeitet.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	R. Lemm	01.06.2018	
2.0	R. Lemm	27.10.2020	Überarbeitung
2.0	F. Frutig/S. Holm	05.05.2021	Schlussredaktion, Überarbeitung IT-Modell

Inhalt

1	Grundlagen	4
1.1	<i>Entstehung und Verwendung</i>	4
1.2	<i>Umfrage in der Forstpraxis.....</i>	4
2	Prozessbeschreibung.....	6
2.1	<i>Pflanzverfahren</i>	6
2.1.1	<i>Spaltpflanzung</i>	6
2.1.2	<i>Lochpflanzung.....</i>	7
2.1.3	<i>Topfpflanzung.....</i>	7
2.2	<i>Pflanzenarten</i>	7
2.2.1	<i>Nacktwurzler</i>	7
2.2.2	<i>Ballenpflanzen</i>	8
3	Modell	10
3.1	<i>Zeitsystem.....</i>	10
3.2	<i>Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen und Wegzeiten</i>	10
3.3	<i>Übersicht über die modellierten Pflanzverfahren.....</i>	11
4	Modelle für die einzelnen Pflanzverfahren	13
4.1	<i>Buchenbühler Schrägpflanzung.....</i>	13
4.1.1	<i>Zeiten.....</i>	14
4.1.2	<i>Kosten.....</i>	15
4.2	<i>Rhodener Pflanzverfahren (Hartmann-Haue)</i>	16
4.2.1	<i>Zeiten.....</i>	17
4.2.2	<i>Kosten.....</i>	18
4.3	<i>Hohlspaten-Verfahren</i>	19
4.3.2	<i>Kosten.....</i>	21
4.4	<i>Winkelpflanzung.....</i>	22
4.4.1	<i>Zeiten.....</i>	22
4.4.2	<i>Kosten.....</i>	24
4.5	<i>Lochpflanzung mit Erdbohrer</i>	25
4.5.1	<i>Zeiten.....</i>	25
4.5.2	<i>Kosten.....</i>	28
4.6	<i>Lochpflanzung mit Anbaugerät</i>	30
4.6.1	<i>Zeiten.....</i>	30

4.6.2	Kosten.....	32
5	Benutzerführung.....	33
6	Literatur.....	38

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung

Bestandesbegründung und Jungwaldpflege sind nach wie vor relevante Kostenfaktoren im Forstbetrieb. Die Kosten für die 1. Produktionsstufe haben für die Jahre 2008-2013 im Mittel über die gesamte Schweiz einen Anteil von 12% an den gesamten Waldbewirtschaftungskosten. Betrachtet man nur das Mittelland, sind es sogar rund 20%. Basierend auf Ergebnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen aus den Jahren 1960-1990 hat die WSL-Forschungsgruppe Forstliche Produktionssysteme (heute Nachhaltige Forstwirtschaft) im Jahr 1996 das IT-basierte Jungwaldpflegemodell JuWaPfl 1.0 erstellt (Erni et al, 2000). Aufgrund der inzwischen erfolgten Entwicklung bei den Arbeitsverfahren, den eingesetzten Geräten und dem verwendeten Material sind diese Kalkulationsgrundlagen nicht mehr aktuell. Leistungszahlen für ausgewählte Jungwaldpflegearbeiten wurden bis 2013 noch im Schweizerischen Forstkalender veröffentlicht, dann aber aus Gründen der mangelnden Aktualität nicht mehr weiter publiziert. Das IT-gestützte Instrument JuWaPfl 1.0 kann mit den heutigen Betriebssystemen nicht mehr verwendet werden.

Die jährliche Forststatistik des Bundesamtes für Statistik erfasst seit 1896 den Pflanzenverbrauch. Während früher zwischen Baumarten und auch zwischen Aufforstungen und Pflanzungen im Wald unterschieden wurde, findet heute nur noch eine Unterscheidung zwischen Nadel- und Laubholz statt. Bis in die 1970er-Jahre wurden jährlich zwischen 15 und 22 Millionen Pflanzen eingebracht. Ab dann ging der Pflanzenverbrauch mit kleinen Schwankungen massiv zurück, im Jahr 2016 wurde nicht einmal mehr die Millionengrenze erreicht. Seither ist wieder eine leichte Zunahme des Pflanzenbedarfs festzustellen. Ein deutlicher Mehrverbrauch an Pflanzen war in den Jahren nach dem Orkan Lothar festzustellen (2001-2003), bemerkenswert dabei ist, dass mehr Laubholz als Nadelholz gepflanzt wurde. Bisher dominierte stets das Nadelholz, mit wenigen Ausnahmen in den Jahren um 1950. Seit 2016 ist wieder ein Anstieg des Pflanzenverbrauchs festzustellen, der sich wahrscheinlich als Folge der Klimaveränderungen in Zukunft fortsetzen dürfte. Damit ist abzusehen, dass Pflanzarbeiten wieder eine grössere Bedeutung zukommen wird.

Die Forschungsgruppe hat sich deshalb entschlossen, die Leistungswerte zu den verschiedenen Pflanzverfahren zu aktualisieren. Diese stützen sich vorwiegend auf Ergebnisse aus neueren Untersuchungen sowie auf einige wenige Datenerhebungen aus der Forstpraxis. Die neuen Modelle werden nach dem Muster der Holzernte-Produktivitätsmodelle HeProMo als frei verfügbare, IT-gestützte Modelle mit einer einfach zu bedienenden Benutzeroberfläche gestaltet.

1.2 Umfrage in der Forstpraxis

Um eine Übersicht über die heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren zu gewinnen, haben wir im November 2017 eine Umfrage bei allen Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Gleichzeitig wollten wir wissen, zu welchen Arbeitsverfahren uns allenfalls Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung gestellt werden könnten. Der Fragebogen wurde in Absprache mit den Fachstellen Waldbau und Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt. Von den 711 postalisch versandten Fragebögen kamen 427 ausgefüllt zurück, was einen ausserordentlich hohen Rücklauf von 60% ergibt. 256 Fragebögen stammten aus den Forstregionen Mittelland und Jura, 171 aus den Forstregionen Voralpen, Alpen und Alpensüdseite. Dieses Ergebnis zeigt auch die Bedeutung auf, welche den Arbeiten der 1. Produktionsstufe in der Praxis zukommt.

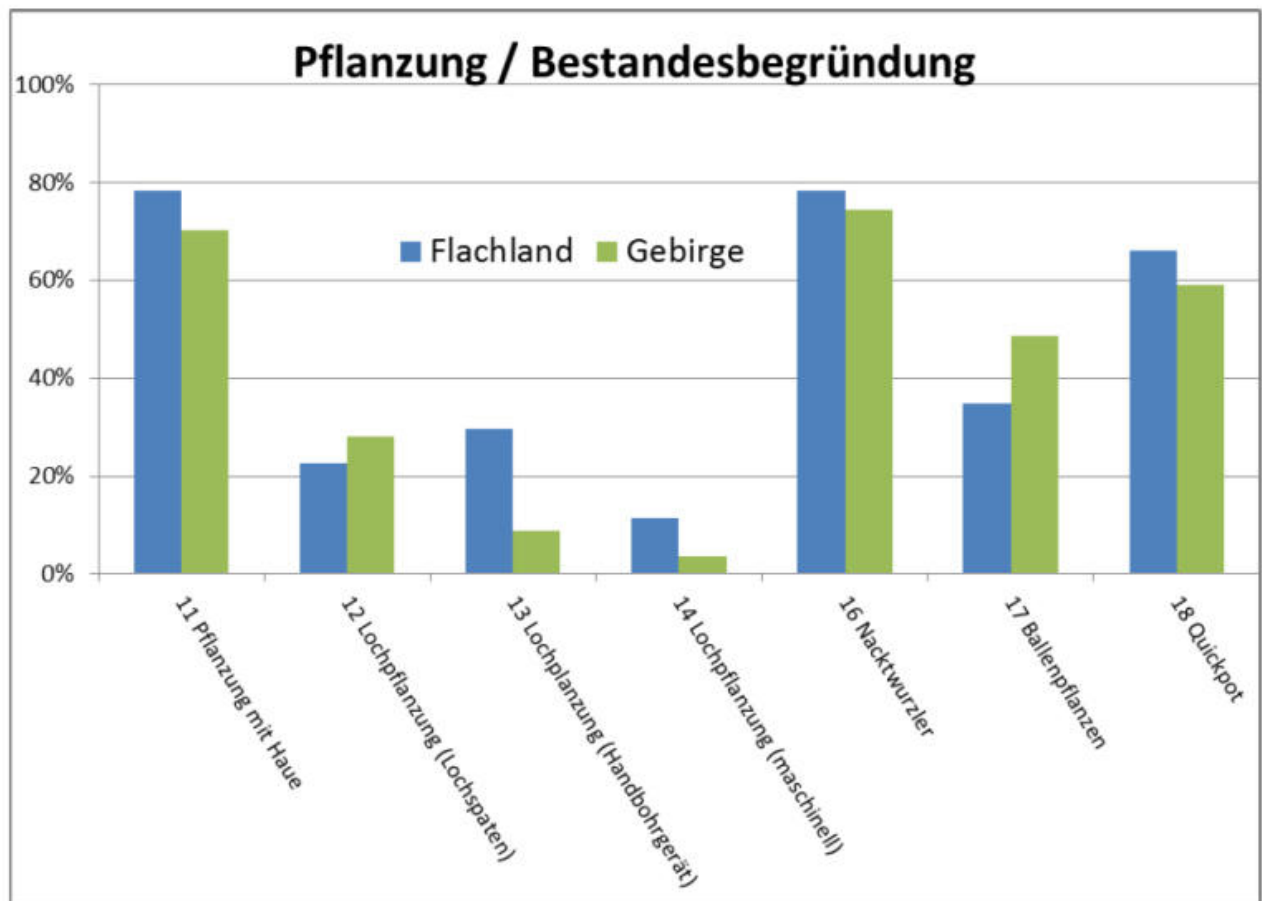


Abbildung 1: Ergebnisse aus der Umfrage bezüglich Pflanzung

In der Umfrage wurden folgende Pflanzmethoden mit über 70% Nennungen als wichtig oder eher wichtig angegeben: Pflanzung mit Haue, Nacktwurzelpflanzung und Quickpot (Abb.1). Zusätzlich wurde Ballenpflanzung als Alternative zur Nacktwurzelpflanzung ausgewählt. Inspiriert von der Umfrage und Literaturhinweisen wurden die im Folgenden beschriebenen Verfahren systematisiert und ausgewählt.

2 Prozessbeschreibung

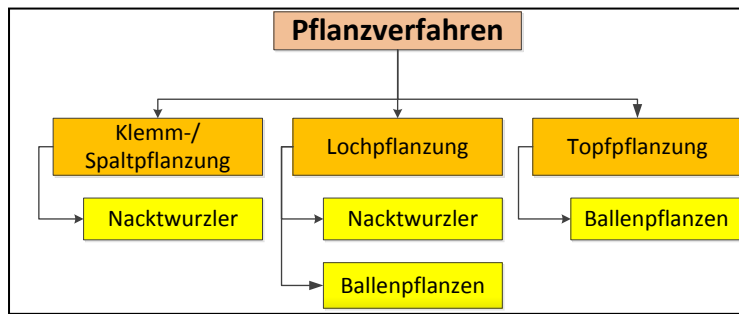


Abbildung 2: Für die Modellerstellung ausgewählte Pflanzverfahren.

Die Pflanzung gehört zu den wichtigen, zukunftsweisenden Arbeiten im Forstbetrieb. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass unsachgemäße Pflanzung in vielen Fällen zu dauerhaften Wurzeldeformationen führen kann (Nörr et al, 2003). Bei den Pflanzverfahren können drei Arbeitstechniken unterschieden werden: Klemm-/Spaltpflanzung, Lochpflanzung und Topfpflanzung (Abb. 2).

Weiter werden zwei unterschiedliche Formen des Pflanzgutes unterschieden:

- Nacktwurzler
- Ballenpflanzen (Pflanzen mit Erdballen). Bei den Ballenpflanzen unterscheidet man weiter:
 - Topfpflanzen (Behälter < ca. 2 Liter)
 - Containerpflanzen (Behälter > ca. 2 Liter).

Die Topfpflanzen werden von den Forstbaumschulen in der Regel in sogenannten Topf-Platten geliefert. Diese Gebinde gehen nach dem Pflanzen an die Lieferanten zurück.

2.1 Pflanzverfahren

Bei den Pflanzverfahren werden zusätzlich nach händischen, motormanuellen und grossmaschinellen Verfahren unterschieden. Erler et al (2010) schreiben dazu: „Der Praktiker muss also wissen, welches aktuelle Pflanzverfahren für den gegebenen Standort, die Pflanzengröße und die Wurzelausprägung der Baumart am besten geeignet ist. Dabei kann man sich als Regel merken, dass das Blatt der Haue, mit dem das Pflanzloch geöffnet wird, so gross sein sollte, dass die Wurzel locker hineinpasst“.

2.1.1 Spaltpflanzung

Für die Spaltpflanzung wird auch der Begriff "Klemmpflanzung" verwendet, da die Pflanze in den mit der Haue geöffneten Spalt geklemmt wird.

Vorteile:

- Schnelles Pflanzverfahren und damit eine hohe Leistung beim Pflanzen.
- Das natürliche Bodengefüge bleibt weitgehend erhalten. Damit steht das in den Bodenporen gespeicherte Wasser den Pflanzenwurzeln zur Verfügung.
- Je höher der Tonanteil im Boden ist, desto vorteilhafter ist die Spaltpflanzung.

Nachteile:

- Bei gleicher Pflanzlochtiefe bietet das Verfahren weniger Volumen im Pflanzloch. Daher steigt für ausladende Wurzelsysteme, insbesondere mit einem hohen Anteil an kräftigen Seitenwurzeln, die Gefahr der Wurzelverkrümmung.
- Nur für kleinere Pflanzen mit weitgehend zweidimensionaler Wurzelausformung anwendbar.
- Beim Einschwingen der Pflanze in den Pflanzspalt besteht erhöhte Gefahr des Umbiegens der Hauptwurzel.

2.1.2 Lochpflanzung

Die Pflanzlochgröße ist abhängig von der Wurzeldimension der einzusetzenden Pflanzen. Bei zu kleinem Loch oder zu grossen Pflanzen werden die Wurzeln umgebogen. Für die Lochpflanzung können verschiedene Werkzeuge verwendet werden. Häufig kommen maschinelle Pflanzlochbohrer zum Einsatz.

Vorteile:

- Der Einarbeitungsaufwand ist gering.
- Bei sorgfältiger Ausführung ist beste Setzqualität zu erwarten.

Nachteil:

- Die Arbeitsproduktivität ist geringer als bei der Spaltpflanzung.

2.1.3 Topfpflanzung

Topfpflanzen werden vor allem bei schwierigen Anwuchsbedingungen (z.B. Hochlagen, trockene Standorte) verwendet. Je ungünstiger der Standort oder die Pflanzzeit, desto vorteilhafter sind sie gegenüber der Spalt- oder Ballenpflanzung.

Vorteile:

- Erhöhte Anwuchssicherheit
- Grössere Flexibilität beim Pflanztermin
- Gezielte Pflanzenbehandlung ist möglich (Mykorrhiza, Fungizid, Insektizid)
- Versetzschock ist kaum zu erwarten
- Hohe Setzleistung
- Niedrige Übungsschwelle (einfaches Pflanzverfahren)
- Die Erhaltung der Pflanzenfrische ist einfacher (Zwischenlagerung) und Pflanzungsfehler können, z.B. bei Mangel an qualifiziertem Pflanzpersonal, leichter vermieden werden.

Nachteile:

- Höherer Preis im Vergleich zu wurzelnackten Pflanzen
- Bei Containerpflanzen nimmt mit zunehmendem Alter im Topf die Verfilzung des Feinwurzelwerkes zu und das Festigungswurzelwerk bleibt gegenüber normal aufgezogenem Pflanzgut in seiner Entwicklung zurück.
- Die Pflanzen können stärker unter Rüsselkäferfrass leiden
- In den ersten Jahren nach dem Pflanzen treiben Topfpflanzen öfters früher aus, was erhöhte Spätfrostgefahr zur Folge hat.
- Topfpflanzen sind meist relativ klein und müssen deshalb über eine längere Zeitspanne gegen Wildverbiss geschützt werden.

2.2 Pflanzenarten

2.2.1 Nacktwurzler

Als nacktwurzlige Pflanzen werden Pflanzen bezeichnet, bei denen die Samen beetweise ausgebracht und die daraus gewonnenen Pflanzen vor der Pflanzung ausgehoben werden. Durch das Ausheben wird der Boden von den Wurzeln abgeschüttelt. Die Pflanzen werden im Forstgarten während der Vegetationsruhe ausgehoben, nacktwurzlig in Bündeln transportiert und mit verschiedenen einfachen Techniken, meistens von Hand, in den Boden eingebracht.

Bei dieser traditionellen Pflanzmethode treten häufig Fehler auf. Besonders die Lagerung und der Transport in das Aufforstungsgebiet sind für Nacktwurzler problematisch. Bei der Feinverteilung im

Gelände ist das Wurzelwerk vor Wind und Sonneneinstrahlung zu schützen. Werden wurzelnackte Bäume in trockene Böden gepflanzt, ist ohne Bewässerung mit grösseren Ausfällen zu rechnen. Anwuchsprobleme (Pflanzschock) verzögern eine Aufforstung um Jahre und der Zusatzaufwand für Nachpflanzungen und damit verbundenen Pflegearbeiten ist hoch.

Bei Nacktwurzeln wird für Gebirgswaldaufforstungen in der Regel das Austreiben der Pflanzen im Frühling um ein bis zwei Monate verzögert. Die Pflanzen werden im Frühjahr vor dem Austreiben ausgehoben und in nicht zu nassem Zustand in speziellen Frischhaltesäcken unter Schnee, in kühlen Kellern oder in einem Kühlhaus gelagert. Direkte Sonneneinstrahlung auf die verschnürten Frischhaltesäcke führt zum Absterben der Pflanzen. Darum dürfen die in Schnee eingelagerten Pflanzen unter keinen Umständen ausapern. Ideale Schneelagerungsorte sind Schneelöcher unter Bäumen am Nordhang. Die Forstgärten liefern Pflanzen aus klimatisierten Räumen und übernehmen damit das Risiko der Zwischenlagerung.

2.2.2 Ballenpflanzen

Die Pflanzen werden in relativ kleinen Behältern (Topf, Topfplatten oder Container) im Forstgarten nachgezogen. Die Behälter dienen dem Transport und, je nach Material, auch der Lagerung bis zur Einbringung. Häufig kommt in der Forstwirtschaft noch die meist kostengünstigere Nacktwurzel-pflanzung zur Anwendung, weil relativ grosse, gegenüber der Umgebungsvegetation konkurrenz-fähige Pflanzen eingebracht werden können, was einen guten Anwuchserfolg verspricht. Der grosse Vorteil der Ballenpflanzung liegt in der relativen Unabhängigkeit von der Pflanzperiode und guten Anwuchserfolgen.

2.2.2.1 Topfpflanzen

Topfpflanzen sind Pflanzen mit kleinen Wurzelballen. Der Anwuchserfolg ist auf schwierigen Standorten wie zum Beispiel in steinigen Böden, stark sonnenexponierten Lagen, in Schutzwäldern oder auf Aufschüttungen deutlich höher im Vergleich zu Nacktwurzeln. Der Verpflanzschock fällt weg und das Risiko von Wurzeldeformationen wird gänzlich verhindert. Der Arbeitsprozess wird beschleunigt, da vor der Pflanzung kein Anschneiden der Wurzeln zur Verhinderung von Deformationen nötig ist.

Vorteile:

- Guter Anwuchserfolg auf schwierigen Standorten (steinige, trockene Böden, ...)
- Kein Pflanzschock
- Geringeres Risiko von Wurzeldeformationen
- Mittel- und langfristig preisgünstiger durch geringe Ausfallraten
- Wachstumsvorsprung von mindestens einem Jahr gegenüber den wurzelnackten Pflanzen
- Verlängerte Pflanzzeit von Frühjahr bis Spätherbst
- Gleichmäßige und optimale Faserwurzelbildung
- Homogene Grundversorgung, auch bei mageren Böden
- Erleichterte Pflege durch schnellen Wuchs aus der Unkrautzone
- Kein Anschneiden der Wurzeln vor der Pflanzung

Nachteil:

- Teurer im Vergleich zu den anderen Pflanzformen

Seit etwa 40 Jahren werden in der Schweiz für Hochlagenaufforstungen auf Extremstandorten meistens Topfpflanzen verwendet. Sie spielen dennoch zahlenmässig in der Produktion von Forstpflanzen nur eine untergeordnete Rolle, da in der Regel auch günstigere Varianten erfolgreich sind. Der Einsatz der Topfpflanzen beschränkt sich wegen des beträchtlichen Aufwandes in der Regel auf Standorte, auf denen mit Anwuchsproblemen gerechnet wird oder auf Wiederherstellungsprojekte im Berggebiet, wo der Wald schnell wieder wichtige Schutzfunktionen erfüllen soll. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Christbaumproduktion.

Die Anzuchtplatten werden laufend verbessert und sind auf die Wurzelbedürfnisse der jeweiligen Baumarten abgestimmt. Häufig verwendete Systeme sind z.B. Quick-Pot (HerkuPlast) und LIECO-Produkte.

In Anlehnung an die Entwicklung in den Gärtnereien besteht heute auf dem Markt eine Fülle von Behältern für die Nachzucht von Forstpflanzen mit Erdballen aus sehr unterschiedlichen Materialien, Grössen und Formen. Weil Forstpflanzen im Gegensatz zu Gärtnereipflanzen in recht grosser Zahl gebraucht werden, wird die Wahl des Behälters nicht nach der optimalen Wurzelentwicklung getroffen, sondern nach Kriterien der Optimierung des Transportes, des Ausfüllens mit Erds substrat und des Pflanzvorganges. Dies führt zur Verwendung von recht kleinen Behältern, im Normalfall von 10 cm Durchmesser und 15-20 cm Tiefe oder sogar noch kleiner (sog. Jiffy-Pots oder Paper-Pots). Darin stehen 1 bis 2-jährige Sämlinge. Die Vorteile der Pflanzung während der ganzen Vegetationsperiode werden teilweise wieder etwas gemindert durch die kleine Dimension der Pflanzen. Weil die Behälter klein sind, lässt sich die Phase der Pflanzung relativ einfach lösen. Zur Bildung von entsprechend kleinen Löchern werden Werkzeuge wie Hohlbohrer, Handbohrer, tragbare motorangetriebene Spiralbohrer usw. verwendet. Für den Transport können Plastikkisten, Harasse und ähnliche Gebinde verwendet werden.

2.2.2.2 **Containerpflanzen**

Containerpflanzen werden in einem Behälter aufgezogen, der etwas grösser ist, als derjenige der Topfpflanzen. In der Regel wird der Container erst unmittelbar vor der Pflanzung vom Wurzelballen abgestreift.

Vorteile:

- Sehr pfleglich für Wurzel und Spross
- Aufgrund der beschränkten Topfgrösse eher geeignet für kleinere Pflanzen
- Geeignet für Standorte mit kurzer Vegetationszeit, wo die Pflanze ohne „Pflanzschock“ rasch anwachsen muss

Nachteile:

- bei grösseren Pflanzen besteht die Gefahr von Wurzeldeformationen innerhalb des Containers
- oberirdisch einwandfreie Pflanzen, Wurzeln jedoch in der Entwicklung eingeeengt.

3 Modell

3.1 Zeitsystem

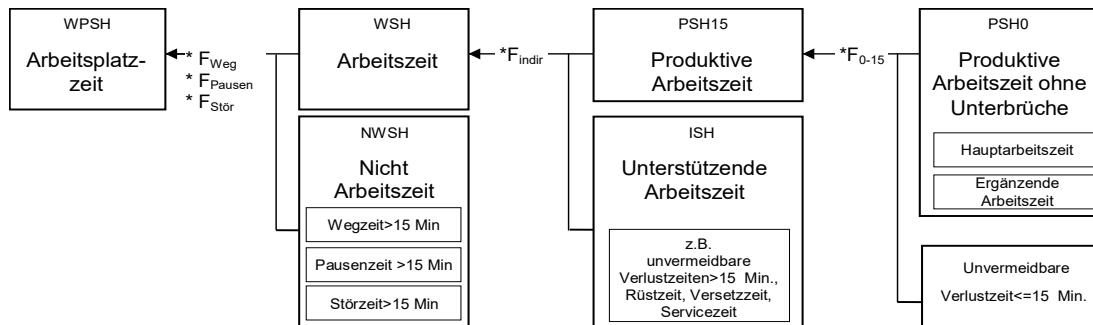


Abbildung 3: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 3 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tab. 1). Für die Pflanzung sind vor allem die Arbeitsplatzzeit (WPSH) und die Produktive Arbeitszeit (PSH15) wichtig.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
			work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen und Wegzeiten

Tabelle 2: Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Default-wert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	Indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Bezahlte Pausen		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Bezahlte Wegzeiten zur Arbeitsfläche und zurück		≥ 1.0	[-]
	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$	1.133		
	Annahme: von 510 Min. Arbeitszeit/Tag sind 60 Min. bezahlte Wegzeiten und Pausen.			
	Die Wegzeiten innerhalb der Arbeitsfläche (von Pflanze zu Pflanze) sind bereits in der Grundzeit (Tab. 3) enthalten.			

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

3.3 Übersicht über die modellierten Pflanzverfahren

Für das Produktivitätsmodell „Pflanzung“ werden folgende Pflanzverfahren berücksichtigt (Tab. 3):

- Buchenbühler Schrägpflanzung mit Nacktwurzeln
- Rhodener Pflanzverfahren (Hartmann-Haue) mit Nacktwurzeln und Ballenpflanzen
- Hohlspaten Verfahren mit Nacktwurzeln und Ballenpflanzen
- Winkelpflanzung mit Nacktwurzeln
- Lochpflanzung mit Erdböhrer (manuell und motorisiert)
- Lochpflanzung mit Anbaugerät

Tabelle 3: Übersicht über die modellierten Pflanzverfahren und dazugehörige Pflanztechniken (Ndh = Nadelholz, Lbh = Laubholz; e/m/s = einfach, mittel, schwierig).

	Pflanztechnik	Haupt- baumart	Wurzelaus- dehnung Länge/Breite	Ausschluss	Schwierig- keiten ¹⁾	Produktivität [Pflanzen/h] ²⁾ (e/m/s)
Buchenbühler Schrägpflanzung	Spalt	Kiefer, Lärche, Lbh	21/11	Sperrige Wurzeln	e/m/s	120/100/80
Rhodener Pflanzverfahren	Spalt	Ndh, Lbh	20/25		e/m/s	81/65/49
	Loch	Ndh, Lbh			e/m/s	65/43/27
	Topf	Ndh, Lbh			e/m/s	65/49/32 65/52/37
Hohlspaten Verfahren	Spalt	Ndh, Lbh	23/17	stark lehmige Böden	e/m/s	65/54/43
	Loch	Ndh, Lbh			e/m/s	54/43/27
	Topf	Ndh, Lbh			e/m/s	60/45/30
Winkelpflanzung	Spalt	Ndh, Lbh	15/12	Lbh-Pfahl- wurzeln	e/m/s	50-100 ³⁾ 91/67/50
Lochpflanzung mit Erdböhrer	manuell	Ndh, Lbh	30/30	stark lehmige Böden	e/m/s	27/14/10
	maschinell	Ndh, Lbh	30/30		e/m/s	71/40/29 43/32/22
Lochpflanzung mit Anbaugerät	maschinell	Ndh, Lbh	30/30		e/m/s	143/77/56

¹⁾ Die Schwierigkeiten (Gelände, Boden, Witterung, ...) sind gutachtlich einzuschätzen.

²⁾ In der Produktivität sind folgende Zeitaufwände berücksichtigt: Pflanzung sowie Arbeitswege innerhalb der Pflanzfläche.

Falls in den Grundlagen Werte inkl. Pausen- und Wegzeiten angegeben waren (Gesamtzeiten) wurden diese mit unserem Standardfaktor aus den Holzernte-Produktivitätsmodellen für indirekte Arbeitszeit sowie Weg- und Pausenzeiten ($1.1 \times 1.125 = 1.238$) auf reine Arbeitszeit umgerechnet. Unser Modellaufbau sieht generell

vor, dass die reinen Arbeitszeiten mit den Faktoren für indirekte Arbeitszeiten und bezahlte Weg- und Pausenzeiten multipliziert werden.

³⁾ Quelle: Auf die Wurzeln kommt es an. LWF-Merkblatt Nr. 4, Oktober 1998.

4 Modelle für die einzelnen Pflanzverfahren

Hinweis zu den Pflanzenkosten:

Die Stückkosten für die verschiedenen Pflanzenarten finden sich im Internet in den Preislisten der Forstbaumschulen und kantonalen Forstgärten. Beispiele:

www.emme-forstbaumschulen.ch

<https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/wald/waldplanung-bewirtschaftung/forstpflanzgarten-finsterloo.html>

4.1 Buchenbühler Schrägpflanzung

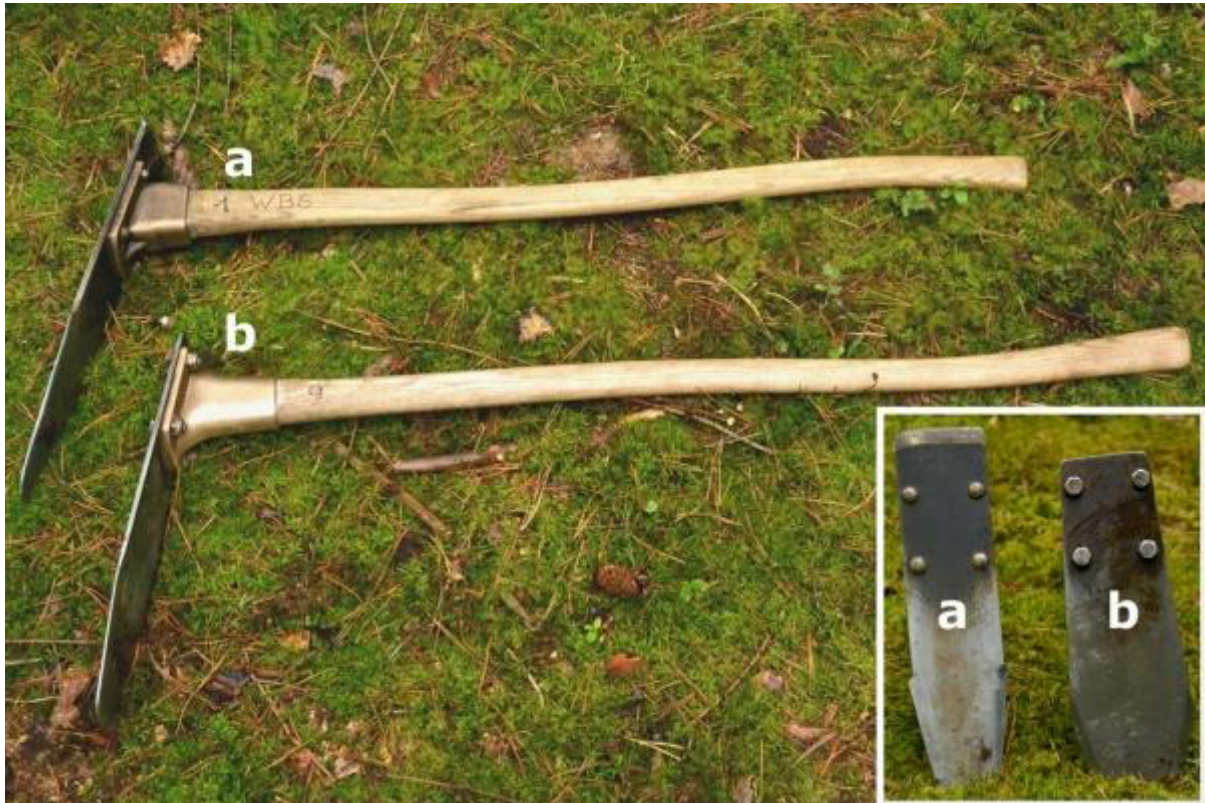


Abbildung 4: Buchenbühler Pflanzhaue (a) im Vergleich zur Rhodener Pflanzhaue (b). Die Buchenbühler Pflanzhaue hat ein schmaleres Blatt und eine andere Stielform. Sie eignet sich für kleine Pflanzen mit schmalen Wurzeln. Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Foto: J. Böhm.

"Mit einer ovalen Hacke oder einem Pflanzhäckchen wird bis zum Stielansatz schräg in den Boden geschlagen und der Spalt zunächst durch Drücken nach oben aufgewinkelt, um den Wurzelraum aufzureissen. Dann wird durch Drücken der Hacke nach unten der Spalt geöffnet und mit der freien Hand die Pflanze mit Schwung eingeführt, die Hacke mit dem Knie herausgehoben und der Erdlappen angetreten. Die Schrägpflanzung wird bei kräftigen Eichen-, Kiefern-, Tannen- und Fichten-Sämlingen angewendet, insbesondere auch bei Wildlingen und Kleinpflanzen bis etwa 30 cm Sprosslänge" (Mayer, 1980).

4.1.1 Zeiten

4.1.1.1 Pflanzenbeschaffung

$\text{Zeitaufwand_Schrägpf\text{lanzung_Beschaffung}_{TS}} = x \text{ Std}$

Z1

Der Aufwand für die Pflanzenbeschaffung ist individuell einzugeben.

Defaultwert = 1 Std.

4.1.1.2 Transport

$\text{Zeitaufwand_Schrägpf\text{lanzung_Transport}_{TS}} = x \text{ Std}$

Z2

Der Transport an den Pflanzort erfolgt bei guter Erschliessung zu Fuss. In unerschlossenem Gelände können auch Seilbahnen oder Helikopter zum Einsatz kommen. Diese Werte sind individuell sehr verschieden und müssen für die Berechnung von Fall zu Fall eingegeben werden.

Defaultwert im Modell: 1 Std.

4.1.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	Leistung [Pflanzen/h]
Buchenbühler Schrägpf\text{lanzung}	Klemm-/Spalt-pf\text{lanzung}	Kiefer, Lärche Lbh	21/11	Sperrige Wurzeln	77/50/40 ¹ 129/108/86 ² 100-130 ³

Für das Modell werden folgende Leistungszahlen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad verwendet:

		[Pflanzen/h]
Schwierigkeitsgrad S der Klemm/Spaltpf\text{lanzung}	einfach	120
	mittel	100
	schwierig	80

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Schrägpf\text{lanzung_Pflanzung}_S} = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung}_S} \times F_{\text{Weg}} \times$

$F_{\text{Pausen}} \times F_{\text{indir}}$

Z3

Default: Anzahl Pflanzen = 200

Leistung_S : Leistung der Klemm – oder Spaltpf\text{lanzung}

bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden (einfach, mittel und schwierig)

Default = 120 (einfach)

4.1.1.4 Unterhalt

$\text{Zeitaufwand_Schrägpf\text{lanzung_Unterhalt}_S} =$

$\text{Faktor Unterhalt} \times \text{Zeitaufwand_Schrägpf\text{lanzung_Pflanzung}_S}$

Z4

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

¹ Strehlke, E.G. 1960: Kostensenkung durch billigere Kulturen. Der Forst-Holzwirt 15: 61-64.

² Quelle: Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten. Pflanzung im Bayerischen Staatswald - Pflanzwerkzeuge und Pflanztechnik. WNJF -AA-007, 18 S., Stand 2012.

³ Auf die Wurzel kommt es an. LWF Merkblatt Nr. 4, Oktober 1998.

4.1.1.5 Gesamtzeitaufwand

$$\text{Zeitaufwand_Schrägpfanzung_Gesamt}_{TS} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

S = einfach, mittel, schwierig

4.1.2 Kosten

4.1.2.1 Beschaffung

$$\text{Kosten_Schrägpfanzung_Beschaffung}_S = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Schrägpfanzung_Beschaffung}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad K1a$$

$$K1b = \text{Kosten_Schrägpfanzung_Pflanzen}_S = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{Kosten_pro_Pflanze} \quad K1b$$

S = einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten pro Pflanze= 2.40 CHF.

4.1.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Schrägpfanzung_Transport}_S = \text{Zeitaufwand_Schrägpfanzung_Transport}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad K2$$

S= einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten Transportmittel 120 Fr.

4.1.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Schrägpfanzung_Pflanzung}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Schrägpfanzung_Pflanzung}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K3

S = einfach, mittel, schwierig

4.1.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Schrägpfanzung_Unterhalt}_S = 0.1 \times \text{Zeitaufwand_Schrägpfanzung_Unterhalt}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad K4$$

S= einfach, mittel, schwierig

4.1.2.5 Gesamtkosten

$$\text{Kosten}_{\text{Schrägpfanzung}_{\text{Gesamt}}:S} = K_{1a+b} + K_2 + K_3 + K_4$$

S= einfach, mittel, schwierig

4.2 Rhodener Pflanzverfahren (Hartmann-Haue)



Abbildung 5: Rhodener Pflanzhaue (Hartmann-Haue)(b). Sie hat im Vergleich zur Buchenbühler Pflanzhaue (a) ein breiteres Blatt und eignet sich für tief wurzelnde Baumarten. Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Foto: J. Böhm.

Im Gegensatz zum Buchenbühler Verfahren benutzt der Pflanzler beim Rhodener Verfahren beide Hände. Das Rhodener Pflanzverfahren sieht drei Arbeitstechniken vor: die Klemmpflanzung, die Lochpflanzung, und die Topfpflanzung. Das Verfahren ist in der Schweiz noch wenig verbreitet und erst wenige Forstleute beherrschen diese Pflanztechnik. Für in manueller Arbeit geübte Personen ist die Technik rasch erlernbar, doch eine ausreichende Schulung ist notwendig. (Hartmann-Haue, Wald und Holz (1997) 8: 12-13.) Die Hartmann-Haue⁴ hat ein deutlich längeres Hauenblatt als die Wiedehopphaue und ist damit für Herz- und Pfahlwurzler besser geeignet. Alle Baumarten lassen sich bis zu einer Wurzellänge von 25 cm ohne Abknicken pflanzen. Die Wurzeln müssen nicht mehr so stark beschnitten werden. Oft erübrigt sich sogar ein Wurzelschnitt. Durch Blatt- und Flanschwechsel kann das Verfahren optimal auf Boden und Wurzeltyp angepasst werden. Dieses Verfahren ist flexibel und variierbar und sollte deshalb auch im Gebirgswald ausprobiert werden.

⁴ Hartmann-Haue, Wald und Holz (1997) 8: 12-13.

4.2.1 Zeiten

4.2.1.1 Beschaffung

$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Beschaffung}_{TS} = x \text{ Std}$ oder frei wählbar **Z1**
 Defaultwert = 1 Std.

4.2.1.2 Transport

$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Transport}_{TS} = x \text{ Std}$ **Z2**
 abhängig von Pflanzenart (Grösse, Nacktwurzler oder Topfpflanzen, Gelände, Transportart)
 Defaultwert = 3 Std

4.2.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Rhodener Verfahren	Klemm/-Spaltpflanzung	Ndh, Lbh	20/25		81/65/49 ⁵
	Lochpflanzung	Ndh, Lbh			65/43/27 ⁱ
	Topfpflanzung	Ndh, Lbh			(65/49/32) ⁱⁱ 65/52/37 ⁱⁱⁱ

Für das Modell werden folgende Leistungen in Anzahl Pflanzen pro Stunde verwendet:

		Pflanztechnik [Pflanzen/h]		
		Spalt	Loch	Topf
Schwierigkeitsgrad S	einfach	81	65	65
	mittel	65	43	52
	schwierig	49	27	37

Bei der **Topfpflanzung** wird die Pflanze **mitsamt dem Topf** (Jiffy-Pot und dergleichen) in das Loch gesteckt, der Topf (Torf, Papier, ...) verrottet dann.

$$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Pflanzung}_{TS} = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung}_{TS}} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$$

Z3

Default: Anzahl Pflanzen = 200 Stück

$\text{Leistung}_{\text{RhodenerPflanzung}_{TS}}$: Leistung im Rhodener Pflanzverfahren bei unterschiedlichen Techniken (Spalt, Loch und Topf) sowie unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden (einfach, mittel und schwierig)

Default Leistung (Anzahl Pflanzen/h) = 81

⁵ bis ⁸ Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten; Pflanzung im Bayerischen Staatswald - Pflanzwerkzeuge und Pflanztechnik WNJF-AA-007 18 S. Stand 2012.

Die Pausen sind in den Leistungen bereits enthalten. Deswegen wurden die Leistungen um den Faktor für Pausen 40 min/540 Min also 1.075 erhöht: Der Modellanwender kann so frei seine Faktoren vorgeben.

4.2.1.4 **Unterhalt**

$$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Unterhalt}_{TS} = \%_Anteil \times \text{Zeitaufwand_Rhodener_Pflanzung}_{TS}$$

Z4

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

4.2.1.5 **Gesamtzeitaufwand**

$$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Gesamt}_{TS} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

4.2.2 **Kosten**

4.2.2.1 **Beschaffung**

$$\text{Kosten_Rhodener_Beschaffung}_{TS} = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Rhodener_Beschaffung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \textbf{K1a}$$

$$K1b = \text{Kosten_Pflanzen}_{TS} = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{KostenproPflanze} \quad \textbf{K1b}$$

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Default Kosten pro Pflanze: = 2.40 Fr.

4.2.2.2 **Transport**

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Rhodener_Transport}_{TS} = \\ \text{Zeitaufwand_Rhodener_Transport}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \\ \text{Kosten_Transportmittel} \quad \textbf{K2} \end{aligned}$$

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Default: Kosten Transportmittel = 120 Fr.

4.2.2.3 **Pflanzung**

$$\text{Kosten_Rhodener_Pflanzung} =$$

$$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Pflanzung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \textbf{K3}$$

4.2.2.4 **Unterhalt**

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Rhodener_Pflege} \\ = 0.1 \times \text{Zeitaufwand_Rhodener_Unterhalt}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \end{aligned}$$

K4

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

4.2.2.5 **Gesamtkosten**

$$Kosten_Rhodener_Gesamt_{TS} = K_{1a+b} + K_2 + K_3 + K_4$$

T =Spalt, Loch, Topf

S =einfach, mittel, schwierig

4.3 **Hohlspaten-Verfahren**



Abbildung 6: Hohlspaten für wurzelschonende Pflanzung und tief wurzelnde Baumarten.

Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,
Foto: J. Böhm.

Bei diesem Verfahren unterscheidet man ebenfalls die Arbeitstechniken Klemmpflanzung, Lochpflanzung und Topfpflanzung.

Für das Setzen von Pflanzen mit grösseren Wurzelsystemen können auch Hohlspaten (Abb. 6) eingesetzt werden, die in verschiedenen Größen angeboten werden. Beim Standardpflanzverfahren drückt der Pflanze den Hohlspaten mit Beinkraft zunächst senkrecht in den Boden, verdreht ihn etwas nach rechts und links und zieht ihn wieder heraus. Im zweiten Arbeitsschritt sticht er um 180° versetzt den Spaten schräg so in den Boden, dass die Spatenspitze den senkrechten Spalt des ersten Einstiches erreicht. Nunmehr hebt er mit dem Hohlspaten den entstandenen konischen Bodenpfropfen aus dem Loch heraus, führt die Pflanzenwurzeln an der senkrechten Rückwand in das Loch ein und lässt den Pfropfen wieder in das Loch zurückfallen.

Bei der Klemmpflanzung wird nur ein flacher Bodenspalt geöffnet und die Pflanze hineingedrückt, was oft Wurzeldeformationen zur Folge hat. Dieses einfache Verfahren eignet sich am ehesten für Sandböden und Pfahlwurzler.

4.3.1.1 **Beschaffung**

$$Zeitaufwand_Hohlspaten_Beschaffung_{TS} = x \text{ Std}$$

Z1

Defaultwert = 1 Std.

4.3.1.2 Transport

$Zeitaufwand_Hohlspaten_Transport_{TS} = x \text{ Std}$

abhängig von Pflanzentyp (Grösse, Nacktwurzler oder Topfpflanzen, Gelände, Transportart) Z2

Defaultwert = 3 Std

4.3.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	Leistung pro Stunde
Hohlspatenpflanzung	Klemm./Spalt-pflanzung	Ndh Lbh	23/17	Stark lehmig-tonige und lehmige Böden	65/54/43 ^{6iv} 50-60 ⁷
	Lochpflanzung	Ndh Lbh		?	54/43/27
	Topfpflanzung	Ndh Lbh		?	60/45/30

Für das Modell werden folgende Leistungen in Anzahl Pflanzen pro Stunde verwendet:

		Pflanztechnik [Pflanzen/h]		
		Spalt	Loch	Topf
Schwierigkeitsgrad S	einfach	65	54	60
	mittel	54	43	45
	schwierig	43	27	30

$Zeitaufwand_Hohlspaten_Pflanzung_{TS} = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung}_{TS}} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$ Z3

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Default = 100

$Leistung_Hohlspaten_Pflanzung_{TS}$

: Leistung im HohlspatenPflanzverfahren bei unterschiedlichen Techniken (Spalt, Loch und Topf) sowie unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden (einfach, mittel und schwierig)

Default = 65

⁶ Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten; Pflanzung im Bayerischen Staatswald- Pflanzwerkzeuge und Pflanztechnik WNJF -AA-007 18 S. Stand 2012. Die Pausen sind in den Leistungen bereits enthalten. Deswegen wurden die Leistungen um den Faktor für Pausen 40 min/540 Min also 1.075 erhöht: Der Modellanwender kann so frei seine Faktoren vorgeben.

⁷ mb-4-pflanzerfolg-wurzel.pdf

4.3.1.4 **Unterhalt**

$$\text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Unterhalt}_{TS} = 0.1 (\text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Pflanzung}_{TS})$$

Z4

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

4.3.1.5 **Gesamtzeitaufwand**

$$\text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Gesamt}_{TS} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

4.3.2 **Kosten**

4.3.2.1 **Beschaffung**

$$\text{Kosten_Hohlspaten_Beschaffung}_{TS} = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Beschaffung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K1a}$$

$$K1b = \text{Kosten_Pflanzen}_{TS} = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{KostenproPflanze} \quad \text{K1b}$$

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Defaultwert Kosten pro Pflanze: 2.40 Fr.

4.3.2.2 **Transport**

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Hohlspaten_Transport}_{TS} = \\ \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Transport}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \\ \text{Kosten_Transportmitte} \quad \text{K2} \end{aligned}$$

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Defaultwert Kosten Transportmittel = 120 Fr.

4.3.2.3 **Pflanzung**

$$\begin{aligned} \text{Kosten}_V \text{_Hohlspaten_Pflanzung} = \\ \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Pflanzung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K3} \end{aligned}$$

4.3.2.4 **Unterhalt**

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Hohlspaten_Unterhalt} \\ = \% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Pflege}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \end{aligned}$$

K4

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Defaultwert: Faktor = 1.1 (10%)

4.3.2.5 **Gesamtkosten**

$$\text{Kosten_Hohlspaten_Gesamt}_{TS} = K_{1a+b} + K_2 + K_3 + K_4$$

T =Spalt, Loch, Topf

S =einfach, mittel, schwierig

4.4 **Winkelpflanzung**



Abbildung 7: Wiedehopfhaxe. Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Foto: J. Böhm.

Die Winkelpflanzung ist eine der meist verwendeten Pflanzarten, weil sie sehr kostengünstig ist. Sie erfolgt mit der sog. Wiedehopfhaxe, einem speziell zu diesem Zweck entwickelten Werkzeug mit rechtwinklig zu einander stehenden Hauenblättern. In begrastem, nicht zu steinigem Böden erlaubt sie, einen Halbziegel aufzuschneiden und in einem Winkel anzuheben. Die Wurzeln werden einseitig in den Boden gepflanzt, was oft zu Wurzeldeformationen führt. Bei grösseren Bäumen müssen die Wurzeln zu kurz geschnitten werden, oder das Wurzelwerk wird bei der Pflanzung deformiert und es entstehen die bekannten "Entenfüsse". Diese Pflanztechnik ist begrenzt auf Bäume mit einem kleinen, flachen Wurzelwerk (z.B. Sämlinge). Die Wiedehopfhaxe dringt etwa 15 cm tief in den Boden ein. Man verwendet die Winkelpflanzung heute noch für kleine Fichten. Ein bedeutender Nachteil ist die Ergonomie: Der Pflanzler bewegt sich zu 70 bis 80 % seiner Tätigkeit in gebückter Haltung.

4.4.1 **Zeiten**

4.4.1.1 **Beschaffung**

$$\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Beschaffung}_S = x \text{ Std}$$

Z1

S =einfach, mittel, schwierig

4.4.1.2 Transport

Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Transport = x Std **Z2**

Der Transport in die Fläche erfolgt bei guter Erschliessung zu Fuss. In schlecht erschlossenem Gelände kommen auch Seilbahn oder Helikopter zum Einsatz.

Defaultwert = 3 Std

4.4.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Winkelpflanzung	Klemm/Spalt-pflanzung	Ndh Lbh	15/12 cm	Lbh Pfahlwurzeln	50-100 ⁸ 91/67/50 ⁹ 50-100 ¹⁰

Für das Modell wurden folgende Grundzeiten und Zuschläge für abweichende Verhältnisse gewählt:

Grundzeit

Grundzeit [Min/100 Pflanzen]		Grundzeit [Std/100 Pflanzen]	
Nadel	Laub	Nadel	Laub
60	50	1	0.83

Zuschläge

	Ausprägung	Zuschläge [Min/100 Pflanzen]		Zuschläge [Std/100 Pflanzen]	
		Nadel	Laub	Nadel	Laub
Hinderliche Bodenvegetation EF1	keine	0	0	0	0
	wenig	15	8	0.25	0.14
	mittel	20	11	0.33	0.19
	viel	25	15	0.42	0.25
Beseitigung von Schlagabraum EF2	keine	0	0	0	0
	wenig	10	10	0.17	0.17
	viel	20	20	0.33	0.33
	sehr viel	30	30	0.50	0.50
Hangneigung EF3	<10%	0	0	0	0
	10-45%	7	3	0.12	0.05
	>45%	15	6	0.25	0.10
Pflanzenhöhe EF4	<40 cm	0	0	0	0
	40-60 cm	4	4	0.07	0.07
	60-100 cm	14	10	0.23	0.17
	>100 cm	18	35	0.30	0.58
Pflanzentransport zu Fuss (Distanz) EF5	<100 m	0	0	0	0
	>100 m NormPfl	12	5	0.20	0.08
	>100 m GrossPfl	18	15	0.30	0.25

⁸ mb-4-pflanzerfolg-wurzel.pdf

⁹ Bothe, G., 1972: Vorgabezeiten für Winkelpflanzung von Fichte (Lärche) sowie Buche und anderen Laubhölzern. Der Forst u. Holzwirt 27, 12: 270-272.

¹⁰ mb-4-pflanzerfolg-wurzel.pdf

$$\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung} = (\text{Grundzeit_pro_100_Pflanzen} + EF1 + EF2 + EF3 + EF4 + EF5) \times \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{100} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$$

Z3

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Default =200

Zeitaufwand_Winkelpflanzung : Grundzeit der Klemm – oder Spaltпflanzung

EF1: Zuschlag für Schwierige Bodenvegetation

EF2: Zuschlag für Beseitigung von Schlagabraum

EF3: Zuschlag für Hangneigung

EF4: Zuschlag für Pflanzenhöhe

EF5: Zuschlag für Transportdistanz

Defaultwerte für Zuschläge: jeweils oberster (geringster) Wert

4.4.1.4 Unterhalt

$$\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Unterhalt} = \%_Anteil \times \text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung}$$

Z4

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

4.4.1.5 Gesamtzeitaufwand

$$\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Gesamt} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

4.4.2 Kosten

4.4.2.1 Beschaffung

$$\text{Kosten_Beschaffung} = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Beschaffung} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K1a}$$

$$K1b = \text{Kosten_Pflanzen} = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{Kosten_pro_Pflanze} \quad \text{K1b}$$

Defaultwert Kosten pro Pflanze= 2.40 Fr.

4.4.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Transport} = \text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Transport} \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad \text{K2}$$

Default Kosten_Transportmittel = 120 Fr.

4.4.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Pflanzung}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K3

4.4.2.4 **Unterhalt**

$\begin{aligned} \text{Kosten_Unterhalt}_{TS} &= \% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Pflege}_{TS} \\ &\times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K4} \end{aligned}$
--

4.4.2.5 **Gesamtkosten**

$\text{Kosten_Winkelpflanzung_Gesamt:} = K_{1a+b} + K_2 + K_3 + K_4$
--

4.5 **Lochpflanzung mit Erdborher**

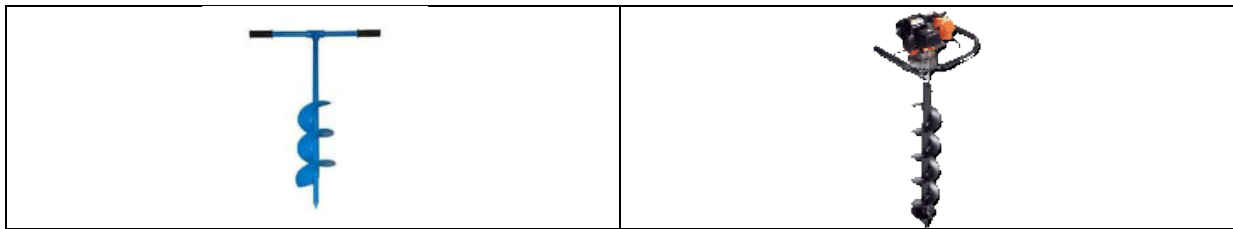


Abb. 8: Hand-Erdborher (manuell) und Motor-Erdborher (maschinell)

Dieses Pflanzverfahren eignet sich für Topfpflanzen, Nacktwurzler und Kleinballenpflanzen. Wichtig ist das Anpassen der Pflanzlöcher an das Pflanzensortiment, damit das Wurzelwerk eine natürliche Lage im Pflanzloch findet.. Das Einsetzen von Pflanzlochbohrern ist im Gebirgswald nur auf wenig flache und tiefgründige Standorte beschränkt.

Vorteile

Bei gleicher Pflanzlochtiefe ist das Bodenvolumen im Pflanzloch größer. Daher verringert sich die Gefahr der durch die Pflanzung verursachten Wurzelverkrümmungen. Die Tendenz, die Pflanze durch einen zu starken Wurzelschnitt erheblich zu schwächen, wird bei Anlage eines entsprechend großen Pflanzlochs reduziert.

Risiken

Das Verfahren ist ergonomisch ungünstig und die Leistung ist gering. Die Zerstörung des Porenvolumens im Umfeld der Pflanzenwurzeln kann bei Wasserknappheit nachteilig wirken. „Die Förderung einer guten regelmässigen Verankerung und Entwicklung des Feinwurzelsystems bedarf hier mehr Beachtung als es bei Winkel-, Spalt- oder Klemmmethoden der Fall ist. Die Lochpflanzung empfiehlt sich für eine sorgfältige Pflanzung. Je grösser die Pflanze, desto ausgedehnter müssen die Löcher sein. Allerdings können sie maschinell ausgeführt werden, was bei grösseren Pflanzungen zu einer Rationalisierung führt. Dabei kommen tragbare oder an Trägerfahrzeugen montierte (Kap. 4.6), helikoide Bohrer oder Hohlbohrmesser (30 bis 50 cm breit) zur Anwendung. In diesem Fall empfiehlt es sich, das Erstellen der Löcher und die Pflanzung in zeitlich getrennten Schritten vorzusehen,“¹¹

4.5.1 **Zeiten**

4.5.1.1 **Beschaffung**

$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Beschaffung}_S = x \text{ Std}$	oder frei wählbar Z1
$\text{Defaultwert} = 1 \text{ Std.}$	

¹¹ETH Zürich, Skript Waldbau 3, 2003.

4.5.1.2 Transport

$Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Transport_s = x \text{ Std}$

abhängig von Pflanzenart (Grösse, Gelände, Transportart) frei wählbar

Z2

Defaultwert = 3 Std

4.5.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Lochpflanzung		Ndh Lbh	30/30	Stark lehmig-tonige Böden Bohrdurchm. < 30 cm	20-35 ¹² manuell 27/14/10 maschinell 71/40/29 ¹³ 43/32/22 ¹⁴

Für das Modell werden folgende Leistungen in Anzahl Pflanzen pro Stunde verwendet:

		Leistung Lochpflanzung		Faktor FB _s für Maschinenlaufzeit bei maschinell
		manuell	maschinell (2 Arbeitskräfte)	
Schwierigkeitsgrad S	einfach	27	71 *	0.40
	mittel	14	40 *	0.25
	schwierig	10	29 *	0.20

Quelle: Beda 1963

* Diese Pflanzleistungen werden **beim maschinellen Verfahren mit 2 Arbeitskräften erbracht**. Deshalb ist für die Kostenberechnung die Systemzeit des Personals mit dem Faktor 2 zu multiplizieren. Zusätzlich wird die Laufzeit des Bohrgerätes berechnet. Eingesetzt werden weiter 2 Pflanzhauen, diese werden aber wie die Handgeräte bei den anderen Verfahren nicht berechnet.

Manuell:

$Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_manuell_s = \frac{AnzahlPflanzen}{Leistung_manuell_s} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$

Z3

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Defaultwert Anzahl Pflanzen = 200

$Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_manuell_s = Zeitaufwand_Personal_manuell_s$

¹²

¹³ Die Systemzeiten bei der Lochpflanzung beinhalten das Erstellen des Lochs und das Einbringen der Pflanzen. (Beda, G., 1963: Arbeitstechnische Beiträge zur Aufforstung und Kulturpflege in der Kastanienzone des Tessins. Schw. Ztsch. Forstwes. 114: 172 - 206.)

¹⁴ Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten; Pflanzung im Bayerischen Staatswald- Pflanzwerkzeuge und Pflanztechnik WNJF-AA-007 18 S. Stand 2012. Die Pausen sind in den Leistungen bereits enthalten. Deswegen wurden die Leistungen um den Faktor für Pausen 40 min/540 Min also 1.075 erhöht: Der Modellanwender kann so frei seine Faktoren vorgeben.

*Leistung_manuell_s : Leistung_manuell bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden
(einfach, mittel und schwierig)*

Defaultwert = 27

Maschinell

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell}_S = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung_maschinell}_S} \times F_{\text{Weg}} \times F_{\text{Pausen}} \times F_{\text{indir}} \quad \text{Z3a}$$

Die ausgewiesene Pflanzleistung wird bei dieser Methode mit 2 Arbeitskräften erbracht.

Das muss später bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät}_S = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung_maschinell}_S} \times FB_S \quad \text{Z3b}$$

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Default Anzahl Pflanzen = 200

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell}_S = \text{Zeitaufwand_Personal_maschinell}_S$$

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät}_S = \text{Zeitaufwand_Bohrgerät_maschinell}_S$$

$\text{Leistung_maschinell}_S$
: Leistung_maschinell bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden S
(einfach, mittel und schwierig)

Defaultwert = 71

FB_S = Maschinenlaufzeit nach Schwierigkeitsgrad

Defaultwert = 0.4

4.5.1.4 Unterhalt

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Unterhalt_manuell}_S = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_manuell}_S \quad \text{Z4}$$

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Unterhalt_maschinell}_S = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell}_S \quad \text{Z4}$$

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

4.5.1.5 Gesamtzeitaufwand

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Gesamt}_{TS} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

S=einfach, mittel, schwierig

4.5.2 Kosten

4.5.2.1 Beschaffung

$$\text{Kosten_Beschaffung}_{TS} = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Beschaffung}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K1a

$$K1b = \text{Kosten_Pflanzen}_S = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{KostenproPflanze}$$

K1b

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten pro Pflanze: 3.50 Fr.

4.5.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Transport}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Transport}_S \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad \mathbf{K2}$$

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten_Transportmittel : 120 Fr.

4.5.2.3 Pflanzung

Kosten_Pflanzung_manuell

$$= \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_manuell}_S \times \text{KostenAnsatzPersonal}$$

K3

Kosten_Pflanzung_maschinell

$$= 2 \times \text{Zeitaufwand_Lochpfl_Erdborher_Pflanzung_maschinell}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

$$+ \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_maschinell_Pflanzung_Bohrgerät}_{TS}$$

$$\times \text{KostenAnsatz_Bohrgerät}$$

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert für Erdborhergerät: 15.00 Fr./h

4.5.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Unterhalt_manuell} =$$

$$\% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Unterhalt_manuell}_S \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} \quad \mathbf{K4}$$

$$\text{Kosten_Unterhalt_maschinell} =$$

$$\% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Unterhalt_maschinell}_S \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} \quad \mathbf{K4}$$

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert für %-Anteil (Faktor): 0.1 (10%)

4.5.2.5 Gesamtkosten

$$\text{Kosten_Lochpflanzung_Erdborher_manuell_Gesamt}_S = K_{1a+b} + K_2 + K_3 + K_4$$

$$\text{Kosten_Lochpflanzung_Erdborher_maschinell_Gesamt}_S = K_{1a+b} + K_2 + K_{3a} + K_{3b} + K_4$$

S=einfach, mittel, schwierig

4.6 Lochpflanzung mit Anbaugerät



Abb. 9 Beispiele für Erdbohrer als Anbaugerät auf verschiedenen Trägerfahrzeugen

Für das maschinelle Erstellen von Bohrlöchern für die Lochpflanzung gibt es Anbaugeräte für sehr viele verschiedene Trägerfahrzeuge (Abb. 9). Bei der Verwendung von Anbaugeräten für forstliche Pflanzarbeiten ist darauf zu achten, dass der Boden wegen möglicher Beeinträchtigung durch Verdichtungen nicht flächig befahren wird. Deshalb eignen sich Geräte, welche an Baggerauslegern montiert sind prinzipiell besser für diese Arbeiten. Allerdings ist bei den eingesetzten Kleinbaggern die Auslegerreichweite meist recht gering.

4.6.1 Zeiten

4.6.1.1 Beschaffung

Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Beschaffung _S = x Std	oder	frei
wählbar Z1		
Defaultwert = 1 Std.		

4.6.1.2 Transport

Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Transport _S = x Std	
abhängig von Pflanzenart (Grösse, Gelände, Transportart) frei wählbar	Z2
Defaultwert = 3 Std.	

4.6.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Lochpflanzung mit Anbaugerät	Lochpflanzung (Ballenpflanzen)	Ndh Lbh	30/30	Stark lehmig-tonige Böden, Bohr-Ø<30 cm	143/77/56 ¹⁵

Bei Pflanzungen mit angebautem Erdbohrer werden in der Regel 2 Arbeitskräfte eingesetzt. Demzufolge gehen wir im Modell von einem 2-Personen-Arbeitssystem aus. Der Faktor für die Maschinenlaufzeit beträgt 70%/50%/40% der Systemzeit des Personals.

¹⁵ Beda, G., 1963: Arbeitstechnische Beiträge zur Aufforstung und Kulturpflege in der Kastanienzone des Tessins. Schw. Z. Forstwes. 114: 172-206.

Für das Modell werden folgende Leistungen in Anzahl Pflanzen pro Stunde verwendet:

		Leistung Lochpflanzung mit Anbaugerät	Faktor FB für Maschinenlaufzeit
		maschinell	
Schwierigkeitsgrad S	einfach	143 *	0.70
	mittel	77 *	0.50
	schwierig	56*	0.40

* Diese Pflanzleistungen werden **beim maschinellen Verfahren mit 2 Arbeitskräften erbracht**. Deshalb ist für die Kostenberechnung die Systemzeit des Personals mit dem Faktor 2 zu multiplizieren. Zusätzlich wird die Laufzeit des Bohrgerätes berechnet. Eingesetzt werden weiter 2 Pflanzhauen, diese werden aber wie die Handgeräte bei den anderen Verfahren nicht berechnet.

Maschinell:

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_S} = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung_maschinell}_S} \times F_{\text{Weg}} \times F_{\text{Pausen}} \times F_{\text{indir}} \quad \text{Z3a}$$

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät}_S} = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung_maschinell}_S} \times FB_S \quad \text{Z3b}$$

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Defaultwert für Anzahl Pflanzen = 200

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_S} = \text{Zeitaufwand}_{\text{Personal_maschinell}_S}$$

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät}_S} = \text{Zeitaufwand}_{\text{Bohrgerät_maschinell}_S}$$

Leistung_maschinell_S : Leistung_maschinell bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden S (einfach, mittel und schwierig)

Defaultwert = 53

FB_S = Maschinenlaufzeit

Defaultwert = 0.7

4.6.1.4 Unterhalt

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Unterhalt_maschinell}_S} = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_S} \quad \text{Z4}$$

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert: Für Kontrolle/Unterhalt werden 10% der Pflanzzeit eingesetzt (Faktor 0.1).

4.6.1.5 Gesamtzeitaufwand

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Lochpflanzung_Anbaugerät_Gesamt}_{TS}} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

S=einfach, mittel, schwierig

4.6.2 Kosten

4.6.2.1 Beschaffung

$$\text{Kosten_Beschaffung}_{TS} = K1a + K1b$$

$$K1a = \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Beschaffung}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K1a

$$K1b = \text{Kosten_Pflanzen}_S = \text{AnzahlPflanzen} \times \text{KostenproPflanze}$$

K1b

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Default Kosten pro Pflanze = 3.50 Fr.

4.6.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Transport}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Transport}_S \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad K2$$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

Default Kosten_Transportmittel : 120 Fr.

4.6.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Pflanzung_maschinell} =$$

$$2x \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_{TS} \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} +$$

$$\text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_maschinell_Pflanzung_Bohrgerät}_{TS} \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Bohr} \quad K3$$

$T = \text{Spalt, Loch, Topf}$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

4.6.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Unterhalt_maschinell} =$$

$$\% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Lochpflanzung_Anbaugerät_Unterhalt_maschinell}_S \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} \quad K4$$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

4.6.2.5 Gesamtkosten

$$\text{Kosten_Lochpflanzung_Anbaugerät_maschinell_Gesamt}_S = K_{1a+b} + K_2 + K_{3a} + K_{3b} + K_4$$

$S = \text{einfach, mittel, schwierig}$

5 Benutzerführung

Tabelle 4: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells "Pflanzung".

Hinweise

Die Benutzerführung ist für alle Pflanzverfahren nach dem gleichen Schema aufgebaut, ausser bei der Winkelpflanzung, weil hier die Datengrundlage mehr Einflussgrössen enthält.

Der Zeitaufwand für die **Beschaffung der Pflanzen** wurde einheitlich mit 2 Stunden eingesetzt, lässt sich aber im konkreten Fall anpassen (Eingabefeld).

Der Zeitaufwand für den **Transport der Pflanzen** vom Pflanzgarten oder von der Forstbaumschule zum Pflanzort wurde mit 3 Stunden angenommen und lässt sich ebenfalls den konkreten Bedingungen anpassen (Eingabefeld).

Die **Kosten für das Transportfahrzeug** (Lieferwagen, Gelände-PW, ...) werden im Modell als Pauschal-kosten eingesetzt, der Defaultwert ist 120 Fr. Diese Kosten können je nach Fahrzeugart und Transportentfernung verändert werden (Eingabefeld).

Die angegebenen Pflanzleistungen basieren auf reinen Arbeitszeiten, welche um 10% erhöht werden (Faktor 1.1), um **Nachbesserungsarbeiten nach der Pflanzung** zu berücksichtigen (**Unterhalt**, in den Formeln auch als "Pflege" bezeichnet).

Wie bei allen anderen Modellen werden auch hier die reinen Arbeitszeiten mit dem Faktor für **indirekte Arbeitszeiten** (1.1) sowie **bezahlte Weg- und Pausenzeiten** (variabel, errechnet sich aus der Tagesarbeitszeit und der bezahlten Weg- und Pausenzeit) erhöht. Defaultwert ist 1.133.

				Defaultwerte
Buchenbühler Schrägpflanzung	Klemm- /Spaltpflanzung	Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00
		Kosten/Pflanze [Fr.]		2.40
		einfach	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	120
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		mittel	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	100
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		schwierig	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	80
			Unterhalt [Faktor]	1.1

				Defaultwerte	
		Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00	
Rhodener Pflanzverfahren	Klemm- /Spaltpflanzung	Kosten/Pflanze[Fr.]		2.40	
		einfach	Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	81	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		mittel	Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung[Pfl/h]	65	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		schwierig	Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	49	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		Lochpflanzung	Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
			einfach	Beschaffung[h]	1
				Transport[h]	3
	Pflanzung[Pfl/h]			65	
	Unterhalt [Faktor]			1.1	
	mittel		Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	43	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
	schwierig		Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung[Pfl/h]	27	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
	Topfpflanzung		Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
			einfach	Beschaffung [h]	1
				Transport [h]	3
		Pflanzung [Pfl/h]		65	
		Unterhalt [Faktor]		1.1	
		mittel	Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	52	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		schwierig	Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	37	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	

				Defaultwert	
Hohlspaten- Verfahren	Klemm- /Spaltpflanzung	Kosten/Pflanze [Fr.]		2.40	
		einfach	Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	65	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		mittel	Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung[Pfl/h]	54	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		schwierig	Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	43	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		Lochpflanzung	Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
			einfach	Beschaffung [h]	1
				Transport [h]	3
	Pflanzung[Pfl/h]			54	
	Unterhalt [Faktor]			1.1	
	mittel		Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	43	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
	schwierig		Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	27	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
	Topfpflanzung		Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
			einfach	Beschaffung [h]	1
				Transport [h]	3
		Pflanzung[Pfl/h]		60	
		Unterhalt [Faktor]		1.1	
		mittel	Beschaffung [h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	45	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	
		schwierig	Beschaffung[h]	1	
			Transport [h]	3	
			Pflanzung [Pfl/h]	30	
			Unterhalt [Faktor]	1.1	

			Defaultwerte		
		Beschaffung [h]	1		
Winkelpflanzung		Kostenansatz Personal [Fr./h]	70.00		
	Nadelholz	Kosten/Pflanze [Fr.]	2.40		
		Grundzeit [h/100 Pflanzen]	1.00		
		Zuschläge [h/100 Pflanzen]			
		Hinderliche Bodenvegetation	keine	0	
			wenig	0.25	
			mittel	0.33	
			viel	0.42	
		Beseitigung von Schlagabraum	keine	0	
			wenig	0.17	
			viel	0.33	
			sehr viel	0.50	
		Hangneigung	< 10%	0	
			10-45%	0.12	
			> 45%	0.25	
		Pflanzenhöhe	< 40 cm	0	
			40-60 cm	0.07	
			60-100 cm	0.23	
			> 100 cm	0.30	
		Pflanzentransport zu Fuss (Distanz)	< 100 m	0	
			> 100 m Normalpflanzen	0.20	
			> 100 m Grosspflanzen	0.30	
		Laubholz	Kosten/Pflanze [Fr.]	2.40	
			Grundzeit [h/100 Pflanzen]	0.83	
			Zuschläge [h/100 Pflanzen]		
			Hinderliche Bodenvegetation	keine	0
				wenig	0.14
				mittel	0.19
				viel	0.25
	Beseitigung von Schlagabraum		keine	0	
			wenig	0.17	
			viel	0.33	
			sehr viel	0.50	
	Hangneigung		< 10%	0	
			10-45%	0.05	
			> 45%	0.10	
	Pflanzenhöhe		< 40 cm	0	
			40-60 cm	0.07	
			60-100 cm	0.17	
			> 100 cm	0.58	
	Pflanzentransport zu Fuss (Distanz)		< 100 m	0	
			> 100 m, Normalpflanzen	0.08	
			> 100 m, Grosspflanzen	0.25	

				Defaultwerte
Lochpflanzung mit Erdböhrer	manuell	Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00
		Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
		einfach	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung[Pfl/h]	27
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		mittel	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung[Pfl/h]	14
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		schwierig	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	10
			Unterhalt [Faktor]	1.1
	maschinell	Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00
		Kosten/Pflanze [Fr.]		3.50
		Kostenansatz Bohrgerät [Fr./h]		15.00 ¹⁾
		einfach	Maschinenlaufzeit	0.40 ²⁾
			Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	71
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		mittel	Maschinenlaufzeit	0.25 ²⁾
			Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	40
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		schwierig	Maschinenlaufzeit	0.20 ²⁾
			Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	29
			Unterhalt [Faktor]	1.1

¹⁾ Der Benzinverbrauch für motorgetriebene Erdböhrgeräte beträgt 1-2 Liter/h, die Kosten rund 10.00 CHF/Liter (Wald&Holz, 3/2021). Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 1.5 Liter/h ergeben sich Kosten von 15.00 CHF/h.

²⁾ Basis für den Anteil Maschinenlaufzeit ist die reine Arbeitszeit (Systemzeit) des Personals.

			Defaultwerte	
Lochpflanzung mit Anbaugerät	maschinell	Kostenansatz Personal [Fr./h]	70.00	
		Kosten pro Pflanze [Fr.]	3.50	
		Kostenansatz Anbaugerät inkl. Trägerfahrzeug [Fr./h]	35.00	
		einfach	Maschinenlaufzeit	0.70 ¹⁾
			Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	143
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		mittel	Maschinenlaufzeit	0.50 ¹⁾
			Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	77
			Unterhalt [Faktor]	1.1
		schwierig	Maschinenlaufzeit	0.40 ¹⁾
			Beschaffung [h]	1
Transport [h]	3			
Pflanzung [Pfl/h]	56			
Unterhalt [Faktor]	1.1			

¹⁾ Basis für den Anteil Maschinenlaufzeit ist die reine Arbeitszeit (Systemzeit) des Personals.

6 Literatur

Hier wird nur diejenige Literatur aufgeführt, welche nicht bereits in den Fussnoten angegeben ist:

Erni, V., Frutig, F., Lemm, R., Oswald, K., Riechsteiner, D., Thees, O., 2000: Produktivitätsmodelle für Verjüngung, Jungwaldpflege und Holzernte mit Hilfe komponentenbasierter Softwaretechnologie. Schlussbericht zum Projekt Nr. 98.03 des Wald- und Holzforschungsfonds. Eidg. Forschungsanstalt WSL, 57 S.

Erler, J., Nimz, R., Purfürst, T., Hückel, N., 2010: Forsttechnische Grundlagen. Reihe Technikmanagement in der Forstwirtschaft. FIWA Fachinstitut für Waldarbeit e.V., Tharandt, 204 S.

Mayer, H., 1980: Waldbau. 2. Aufl. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 269 S.

Nörr, R., Mössmer, R. 2003: Deformierte Wurzeln – eine unterschätzte Gefahr für die Stabilität. Wald&Holz, 10: 39-42.

Strehlke, E.G. 1960: Kostensenkung durch billigere Kulturen. Der Forst-Holzwirt 15: 61 - 64.

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	bis 2012	
Technische Aktualität (Verfahren)	<input type="button" value="aktuell"/> <input checked="" type="button" value="teilw.veraltet"/> <input type="button" value="veraltet"/>	
Umfang der Datengrundlage	<input type="button" value="gross"/> <input checked="" type="button" value="mittel"/> <input type="button" value="klein"/>	
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<input checked="" type="button" value="gut"/> <input type="button" value="mittel"/> <input type="button" value="schlecht"/>	
Dokumentation der Auswertung	<input checked="" type="button" value="gut"/> <input type="button" value="mittel"/> <input type="button" value="gering"/>	Keine statistische Auswertung von Daten
Anhand Grundlagendaten überprüft	<input checked="" type="button" value="ja"/> <input type="button" value="nein"/>	Ja
Detaillierungsgrad des Modells	<input checked="" type="button" value="gut"/> <input type="button" value="mittel"/> <input type="button" value="gering"/>	Anzahl Inputvariablen: ?????

Gesamturteil:



X

Produktivitätsmodell

"Massnahmen gegen Schneegleiten"

Teil A: Grundlagen

Renato Lemm

Fritz Frutig

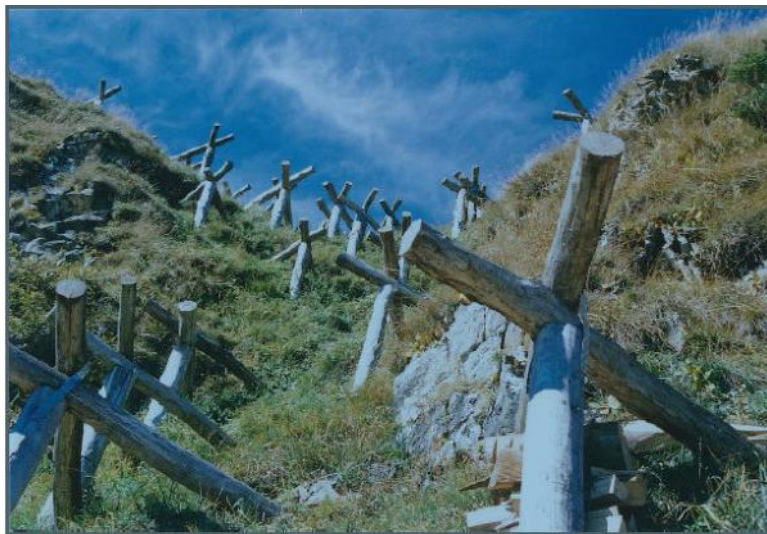


Bild: H. Tinner

FE Waldressourcen und Waldmanagement
Gruppe "Nachhaltige Waldwirtschaft"
Eidg. Forschungsanstalt WSL

Das Produktivitätsmodell "Massnahmen gegen Schneegleiten" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen "JuWaPfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell "Massnahmen gegen Schneegleiten" wurde im Jahr 2020 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	R. Lemm	01.09.2018	
1.1	R. Lemm	27.11.2020	Überarbeitung
1.1	F. Frutig	27.04.2021	Redaktion

Inhalt

1	Grundlagen	3
2	Bauwerke gegen Schneegleiten	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	Pfählung	4
2.3	Bermentritt	4
2.4	Schwellen	5
2.5	Dreibeinböcke	5
3	Modell	7
3.1	Zeitsystem	7
3.2	Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen	7
3.3	Zeitaufwand und Kosten	8
3.4	Pfählung	8
3.5	Bermen	8
3.6	Schwellen	9
3.7	Dreibeinböcke	9
3.8	Formale Darstellung	11
3.8.1	Erstellen	11
3.8.2	Kontrollle	11
3.8.3	Abbau- und Entsorgungskosten	11
3.8.4	Total Kosten pro Einheit	11
4	Benutzerführung	12
5	Literatur	13
6	Beurteilung der Qualität des Modells "Massnahmen gegen Schneegleiten"	14

1 Grundlagen

Im Hinblick auf die Erstellung von Kalkulationsgrundlagen für Arbeiten der Jungwaldpflege wurde 2017 eine Umfrage bei allen Betriebsleitern/Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Mit der Umfrage wurde erhoben, welche Bedeutung den einzelnen Arbeiten heute in der Praxis zukommt. Gleichzeitig sollten die Betriebsleiter angeben, zu welchen Arbeitsverfahren sie Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung stellen könnten (Datenquellen). Der Fragebogen wurde in Absprache mit der Fachstelle Waldbau und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt.

Tabelle 1 zeigt die Umfrageergebnisse bezüglich Massnahmen gegen Schneegleiten. 56% der Betriebsleiter im Berggebiet erachten diese als "wichtig" und "eher wichtig". Die letzte Spalte mit der Anzahl genannter Datenquellen zeigt deutlich, dass die Datenlage hier sehr dürftig ist.

Somit mussten zur Erstellung des vorliegenden Modelles Daten aus der Literatur verwendet werden, insbesondere Unterlage der Fachstelle für forstliches Bauwesen Fobatec.

Tabelle1: Mehr als die Hälfte der Betriebsleiter im Berggebiet erachten Massnahmen gegen Schneegleiten in ihrem Betrieb als wichtig (Umfrage 2017).

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
53	Massnahmen gegen Schneegleiten	4	56	0	6

Im Bereich der Gleitschneeschutz-Massnahmen haben sich insbesondere die Dreibeinböcke als sehr gut wirkende Massnahme gegen das Gleiten und Kriechen der Schneedecke erwiesen. Das Einhalten der vorgeschriebenen Geometrie, den Belastungen entsprechende Verankerungen sowie eine standort-gerechte Holzqualität hat bei all diesen Massnahmen sicher viel zum guten Ergebnis beigetragen (Leuenberger 2003).

2 Bauwerke gegen Schneegleiten

2.1 Allgemeines

Typische Gleitschneezonen sind glatte, grasbewachsene Hänge mit Neigungen ab etwa 25- 50° (50-120 %). Sie finden sich vorwiegend in Höhenlagen bis ca. 2500 m ü. M. und Expositionen von Ost über Süd bis West. Extreme Gleitschneesituationen sind an den sichel- oder halbmondförmigen, offenen Rissen in der Schneedecke sowie an lawinenartigen Rutschen feststellbar. Der Schnee gleitet aufgrund der geringen Reibung zwischen der Schneedecke und der glatten, ungefrorenen Unterlage ab (Leuenberger, 2003). Bei den langsamen Schneebewegungen unterscheidet man die zwei Ausprägungen Schneekriechen und Schneegleiten.

Schneekriechen bezeichnet die normale Setzung des Schnees am Hang bei rauer Bodenoberfläche. Die Schneebewegung ist an der Oberfläche am grössten, am Boden bewegt sich der Schnee hingegen nicht. Dabei wirken die Schneekräfte wie ein Hebel auf junge Bäume. Ein Kubikmeter Nassschnee hat eine Masse von 400 kg. Drückt solch schwerer Schnee gegen junge Bäume oder friert an den Ästen fest, können diese schief gedrückt, gebrochen oder sogar entwurzelt werden.

Das *Schneegleiten* ist, zusätzlich zur Kriechbewegung, ein langsames Abgleiten der Schneedecke auf glatter Bodenoberfläche, um einige Millimeter bis zu einem Meter pro Tag. Die Kräfte des Schneegleitens sind oft enorm. Sichtbar wird dies am Krummwuchs der Bäume am Stammfuss. Beim Schnee-

gleiten treten die gleichen Schäden an den Bäumen auf wie beim Schneekriechen, meist jedoch gravierender. Bei wiederholtem Schneegleiten über Jahre kommt es zum typischen Säbelwuchs. Dieser Krummwuchs am Stammfuss ist eine Reaktion der Bäume auf das alljährliche Schiefdrücken durch den Schnee.

Ein vorgängiges Beobachten der Aufforstungsfläche über mehrere Jahre ist sehr wichtig. Nur so kann der Gleitschneeschutz an der richtigen Stelle erstellt werden. Und nur so kann verhindert werden, dass die Dreibeine in die Sturzbahnen der von oben abgleitenden Schneemassen gelangen. Wichtig für die richtige Platzierung dieser Werke sind die Informationen des Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos.

Nachdem die Aufforstung die Schutzfunktion übernommen hat, müssen zumindest die oberirdischen Materialien, die nicht selbständig verrotten, entfernt und entsorgt werden. Stahlelemente anstelle von Holz können diese Arbeit massiv erschweren und verteuern.

Für die Stabilisierung von Hängen mit Gleitschneegefahr kommen Pfählung, Bermentritt, Schwellen und Dreibeinböcke in Frage. Die Ausführungen dazu wurden weitgehend Leuenberger (2003) entnommen.

2.2 Pfählung

Mit der Pfählung wird die Verankerung der bodennahen Schichten der Schneedecke erreicht. Dabei ist es wichtiger, einen möglichst engen Anordnungsraster anzustreben als hoch in die Schneedecke ragende Pfähle mit grossem Abstand einzuschlagen. Wichtig ist vor allem das Einschlagverhältnis: 2/3 im Boden, 1/3 über Boden. Gegen das Kriechen der Schneedecke sind Pfählungen lediglich in einem bescheidenen Ausmass wirksam.



Abbildung 1: Pfählung auf einem grasbewachsenen Hang (SLF Versuchsanlage Bleisa/Pusserein, Schiers GR (Leuenberger 2003)).

2.3 Bermentritt

Mit dem Bermentritt wird die Bodenrauigkeit erhöht, was zur erwünschten Verzahnung der Schneedecke mit dem Vegetationshorizont führt. Da die hier beschriebene Bermentrittvariante durchgehend im Abtrag gebaut wird, wird in den ersten Jahren auch die Vegetationskonkurrenz vermieden. Mit dem Einbau des umgedrehten Rasenziegels auf das Widerlager, senkrecht zur Hangfalllinie, gelangen zudem Mineralstoffe in den Wurzelbereich der neu eingesetzten Pflanze. Auch mikroklimatisch bilden die Bermen günstige Standorte für die Jungpflanze. Bermentritte eignen sich nicht für Erosionsgebiete.



Abbildung 2: Bermentrittanlage mit Jungpflanzung (SLF Versuchsanlage Bleisa/Pusserein, Schiers GR (Leuenberger 2003)).

2.4 Schwellen

Die Schwelle mit Seilanker wirkt ähnlich wie der Bermentritt, indem eine Verzahnung der Schneedecke mit dem Boden hergestellt wird. Ideal verankern lässt sie sich nur mit einem Spiralseil bei flachgründigen Böden oder anstehendem Fels. Neben dem Einsatz gegen das Schneegleiten kann die Schwelle auch gegen beginnende, lokal kleinflächige Bodenerosionen erfolgreich eingesetzt werden.



Abbildung 3: Hang mit Schwellen und junger Aufforstung (SLF Versuchsanlage Bleisa/Pusserein, Schiers GR (Leuenberger 2003)).

2.5 Dreibeinböcke

Dreibeinböcke zählen zu den Gleitschneeschutzmassnahmen und verhindern das Auftreten von Schneekriechen und Schneegleiten. Die Bodenrauigkeit wird durch die Dreibeinböcke etwas erhöht. Weiter findet eine Stabilisierung innerhalb der Schneedecke zwischen den Schneesichten statt. Typische Gleitschneegebiete sind glatte, langhalmige grasbewachsene Hänge mit Neigungen zwischen 25 und 50 Grad.

Dreibeinböcke sind heute das am häufigsten eingesetzte Mittel gegen Schneegleiten und -kriechen. Sie schützen junge Bäume nicht nur gegen das Schneegleiten, sondern im Dickungs- und Stangenholzalter auch gegen das Schneekriechen.



Abbildung 4: Hang mit Dreibeinböcken (Ennenda GL, in Leuenberger 2003).

Bei den Dreibeinböcken unterscheidet man abhängig von der Wirkungshöhe zwei verschiedene Typen (Weissensteiner 2018):

Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$ mit einer Wirkungshöhe von 0.80 m. Dieser Bautyp ist die einfachste Variante des Dreibeinbockes und zeichnet sich durch einfache Montage, geringen Arbeitsaufwand und geringen finanziellen Aufwand aus.

Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$ mit einer Wirkungshöhe von 1.50 m. Die gute Fundierung und die stabile Bauweise lassen eine Wirkungshöhe von 1.5 m zu. Dadurch kann dieser Bautyp sekundär auch als Lawinenanbruchschutz verwendet werden.



Abbildung 5: Dreibeinböcke (Weissensteiner 2018).

Im Handbuch von Leuenberger (2003) finden sich Detailzeichnungen für den Bau und die Anordnung von Dreibeinböcken. Anschauliche Informationen zur Ausführung liefern auch die Unterlagen der Fachstelle für forstliche Bautechnik (2015, 2016).

3 Modell

3.1 Zeitsystem

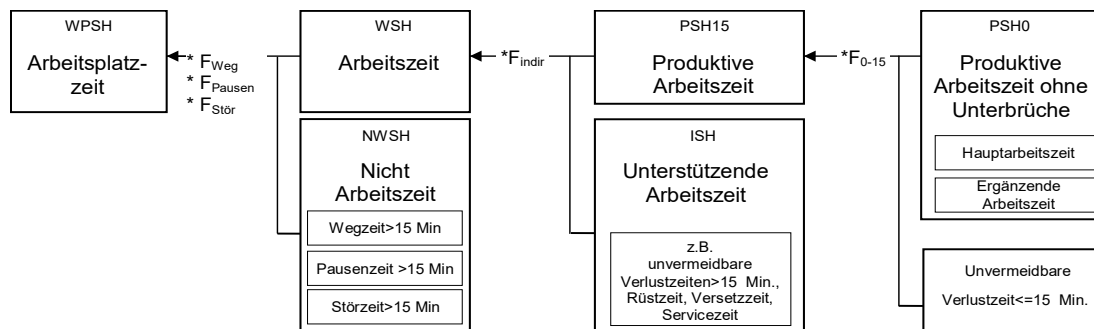


Abbildung 6: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinimann 1997; verändert).

Die in Abbildung 6 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 2). Für das Modell Begehungswege erstellen und Massnahmen gegen Schneegleiten sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig. Wegzeiten und Pausen kann jeder individuell anpassen.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen

Tabelle 3: Faktoren für indirekte Zeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Default-wert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Pausen >15 Min.		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Wegzeiten >15 Min.		≥ 1.0	[-]
$F_{Stör}$	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ ²⁾	1.133	≥ 1.0	[-]
WPPH	$Arbeitsplatzzeit = PMH_{15} \times F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$			

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

²⁾ Auf der Benutzeroberfläche kann die tägliche Arbeitszeit eingegeben werden und der Anteil bezahlte Wegzeiten und Pausen. Damit kann der Faktor individuell berechnet werden.

3.3 Zeitaufwand und Kosten

In den nachfolgenden Abschnitten werden Zeitaufwände und Kosten für die verschiedenen Bauwerkstypen angegeben. Häufig werden die Arbeiten an Bauunternehmungen oder spezialisierte Forstunternehmungen vergeben. Dabei sind für den Auftraggeber in erster Linie die Kosten relevant. Falls die Arbeiten in Eigenregie ausgeführt werden, interessieren aber auch die Zeitaufwände.

Die Kosten umfassen das Erstellen der Bauwerke, den Unterhalt und die Kontrolle sowie die allfällige Entsorgung. Kosten für Projektierung, Steinschlagschutz, Material-Seilbahnen, Helikoptertransporte und Erstellen von Begehungswegen **sind hier nicht enthalten**. Auch müssen die Kosten für die Pflanzung separat berechnet werden.

Bei allen Arten von Bauwerken gegen Schneegleiten/-kriechen werden im Modell folgende Zeit- und Kostenpositionen berücksichtigt:

- Arbeitszeit Personal
- Kosten für Maschinen/Geräte/Werkzeuge
- Materialkosten für das Bauwerk und die Verankerung
- Kosten Materialtransport (inkl. Personalkosten)
- Arbeitszeit Personal für die jährliche Kontrolle der Bauwerke
- Allfällige Entsorgung der Materialien

3.4 Pfählung

Das Erstellen von Pfählungen wird von Leuenberger (2003) mit 15 CHF /Pfahl veranschlagt. Indexiert auf 2020 entspricht dies 16 CHF/Pfahl. Diese Kosten sind eher tief, Weissensteiner (2018) veranschlagt umgerechnet rund 27 CHF/Pfahl. Die Kosten setzen sich wie folgt zusammen: 67% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 18% Materialaufwand, 2% Maschinenkosten und 13% Transportkosten.

Pro Pfahl ergeben sich daraus folgende durchschnittlichen Zeiten und Kosten:

- Zeitaufwand Personal 0.26 Stunden
- Materialkosten 5.00 CHF (für Eichenpfähle)
- Maschinenkosten etwa 0.50 CHF
- Transportkosten 3.50 CHF
- Kontrolle 0.02 Std.

In einer Stunde können im Schnitt etwa 50 Pfähle kontrolliert werden. Das ergibt einen Arbeitsaufwand von 0.02 Std/Pfahl.

3.5 Bermen

Für das Erstellen von Bermen in Handarbeit veranschlagt Leuenberger (2003) 15 CHF/Laufmeter. Indexiert auf 2020 würden diese Kosten rund 16 CHF/Laufmeter betragen. Das Erstellen von Bermen erfordert keinen Materialeinsatz. Für die Kontrolle werden 0.01 Arbeitsstunden/Laufmeter veranschlagt.

3.6 Schwellen

Das Erstellen von 4 m langen Schwellen mit zwei Seilankern wird von Leuenberger (2003) mit 180 CHF veranschlagt. Indexiert auf 2020 entspricht dies 190 CHF. Diese Kosten wurden aufgeteilt in 67% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 18% Materialaufwand, 2% Kostenaufwand für Maschinen und 13% für Transportkosten. Der Kontrollaufwand wird mit 0.02 Std./lfm veranschlagt.

Pro 4m-Schwelle ergeben sich daraus folgende Zeitaufwände und Kosten:

- Zeitaufwand Personal 2.1 Stunden
- Materialaufwand 35 CHF (Herleitung: Kosten für Eichenschwelle 4 m lang und 20-25 cm Durchmesser 15 CHF, Gewindestangen verzinkt, Drahtseile, Seilklemmen für Drahtseil und Ankerstab 12 CHF, Mörtelbett mit U-Profil 8 CHF)
- Maschinenkosten ca. 4 CHF
- Transportkosten 25 CHF
- Kontrolle 0.02 Std./lfm

3.7 Dreibeinböcke

Grundlagen für Zeitaufwände und Kosten liefern die Angaben der Fachstelle für forstliche Bautechnik aus Projekten in Lauterbrunnen (2015) und in Sennwald (2016).

Die Kosten für das Erstellen eines Dreibeinbockes betrugen 350 CHF. Mit 67% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 18% Materialaufwand, 2% Maschinenkosten und 13% für Transportkosten, ergeben sich daraus folgende durchschnittlichen Zeiten und Kosten **pro Dreibeinbock**:

- Zeitaufwand Personal 3.4 Stunden
- Materialkosten 63 CHF
(Kastanienrundholz 4.5 oder 5.0 m, Durchmesser 10-18 cm, Fundamentplatte 25x25x10 cm, Windrispenband und Kammnägels 50/5, Drahtstifte 245/7.5 (Verbindung Träger/Stütze), Drahtstifte 215/6.5 (Verbindung Träger/Pflöcke), evtl. Ankereisen Durchmesser 22 mm zugespitzt, evtl. Stahlseile verzinkt Durchmesser 11 mm, Ankermörtel)
- Maschinen- und Werkzeugkosten ca. 7 CHF
(Motorsäge, Presslufthammer mit Bohrstange 30mm, Luftschläuche, Linienöler, Neigungswasserwaage, Baulehre, Schaufel, Pickel, Wiedehopfhaut, Hebeisen, Steinschlegel, Hammer, Beisszange, Markierfarbe).
- Transportkosten 46 CHF
- Jährlicher Kontrollaufwand 0.04 Std.

Die Kosten hängen sehr stark von den Bodenverhältnissen und Transportwegen ab. Um dies zu berücksichtigen, werden die Werte der Personalzeiten ausgehend von normalen Geländebedingungen auf schwierige Geländebedingungen um 20% und von normalen Geländebedingungen auf sehr schwierige Geländebedingungen um 50% angehoben.

Die Gleitschneeböcke sind weitgehend wartungsfrei. Jedoch weisen alle natürlichen Materialien individuelle Qualitätsunterschiede auf, die deren Stabilität beeinflussen. Unvorhergesehene Ereignisse wie Steinschlag oder Fallholz können zu zusätzlichen Schäden führen. Eine jährliche Kontrolle um Einzelversagen zu beheben ist Voraussetzung, um grössere Schäden zu vermeiden. Im Frühling nach der Schneeschmelze werden alle Dreibeinböcke kontrolliert (verschobene Geometrie, nicht passende Verbindungen). Bei komplett abgelegten Dreibeinböcken bietet sich ein Neubau an.

Für den Abbau werden die Böcke zusammengesägt und alle Bestandteile in Big-Bags verladen und ausgeflogen. Diese Zeiten können im Einzelfall sehr stark variieren.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Zeitaufwände und Kosten. Diese Werte in der Tabelle werden im Modell als Defaultwerte eingesetzt, können aber im Einzelfall vom Benutzer des Modells abgeändert werden.

		Pfählung	Bermen ¹⁾	Schwellen	Dreibeinböcke
Erstellen	Personalzeit Erstellen [Std/Stk]	0.26	0.04*	2.30	3.40
	Material [CHF/Stk]	5.00	0	43.00	63.00
	Maschinen/Werkzeuge [CHF/Stk]	0.50	0	5.00	7.00
	Transport [CHF/Stk]	3.50	0	31.00	46.00
Kontrolle ²⁾	Personalzeit Kontrolle [Std/Stk]	0.02	0.01	0.02	0.04
	Fahrzeugkosten [CHF/Stk]	0.00	0.00	0.00	0.00
Abbau/ Entsorgung	Personalzeit [Std/Stk]	0		0	0
	Fahrzeugkosten [CHF/Stk]	0.00		0.00	0.00
	Entsorgungsgebühren [CHF/Stk]	0.00		0.00	0.00
Geländeverhältnisse (Multiplikationsfaktor für Personalaufwand)	normal	1.0	1.0	1.0	1.0
	schwierig	1.2	1.2	1.2	1.2
	sehr schwierig	1.5	1.5	1.5	1.5

¹⁾ bei Bermen werden die Personalzeiten und die Kosten **pro Laufmeter** angegeben [Std./lfm] bzw. [CHF/lfm].

²⁾ die jährlichen Kontrollen erstrecken sich über einen gewissen Zeitraum. Dieser hängt von verschiedenen örtlichen Gegebenheiten ab: Wüchsigkeit des Standortes, Lebensdauer des verwendeten Schutzmaterials u.v.m. Für das Modell wird eine jährliche Kontrolle über einen Zeitraum von 20 Jahren als Defaultwert angenommen.

3.8 Formale Darstellung

3.8.1 Erstellen

$$\text{Zeitaufwand_Erstellen} = \text{Zeit_Erstellen} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\text{Zeitaufwand_Kontrolle} = \text{Zeit_Kontrolle} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeit_Abbau_Entsorgung} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Erstellen}_S = \\ k \times \text{Zeitaufwand_Erstellen}_S \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Material} + \\ \text{Kosten_Maschinen} + \text{Kosten_Transport} \end{aligned}$$

Geländeverhältnisse S

normal $k=1.0$

schwierig $k=1.2$

sehr schwierig $k=1.5$

Z₁

3.8.2 Kontrolle

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Kontrolle} = \\ \text{Zeitaufwand_Kontrolle} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrzeug_Kontrolle} \end{aligned}$$

Z₂

3.8.3 Abbau- und Entsorgungskosten

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Abbau_Entsorgung}_S = \\ \text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \\ \text{Kosten_Fahrzeug_Abbau_Entsorgung} + \text{Kosten_Entsorgungsgebühr_Abbau_Entsorgung} \end{aligned}$$

Z₃

3.8.4 Total Kosten pro Einheit

Die gesamten Kosten addieren sich zu:

$$Z_{\text{pro Einheit}} = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z_{\text{Total}} = \text{Anzahl_Objekte} \times Z_{\text{pro Einheit}}$$

4 Benutzerführung

Tabelle 5: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells „Massnahmen gegen Schneegleiten“.

Zeiten [Std/Einheit], Kosten [CHF/Einheit]			
			Defaultwerte
Massnahmentyp	Pfähle		Dreibeinböcke
	Bermen		
	Schwellen		
	Dreibeinböcke		
Pfähle	Erstellen	Personalzeit	0.26
		Materialkosten	5.00
		Gerätekosten	0.50
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.02
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau/Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Pfähle		30
	Geländeverhältnisse	normal 1.0	normal
		schwierig 1.2	
		sehr schwierig 1.5	
Bermen	Erstellen	Personalzeit	0.04
		Materialkosten	0
		Gerätekosten	0
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.01
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau/Entsorgung (kommt hier nicht vor)	Personalzeit	
		Fahrzeugkosten	
		Entsorgungsgebühr	
	Anzahl Laufmeter Bermen		30
	Geländeverhältnisse	normal	normal
		schwierig	
		sehr schwierig	
Schwellen	Erstellen	Personalzeit	2.30
		Materialkosten	35.00
		Gerätekosten	5.00
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.02
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Schwellen		30
	Geländeverhältnisse	normal	normal
		schwierig	
		sehr schwierig	

Dreibeinböcke	Erstellen	Personalzeit	3.40
		Materialkosten	63.00
		Gerätekosten	7.00
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.04
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau/Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Dreibeinböcke		30
	Geländeverhältnisse	normal	normal
		schwierig	
		sehr schwierig	

5 Literatur

Björheden, R., Thompson, M.A. (1995): An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden.

Fachstelle für forstliche Bautechnik (2015): Gleitschneeverbau mit Dreibeinböcken. Staubern, Sennwald. 10 S. www.fobatec.ch.

Fachstelle für forstliche Bautechnik (2016): Gleitschneeverbau mit Dreibeinböcken. Schnürlai, Lauterbrunnen. 13 S. www.fobatec.ch.

Heinimann, HR. (1997), Skript Forstliche Verfahrenstechnik I, ETH Zürich.

Leuenberger, F. (2003): Bauanleitung Gleitschneeschutz und temporärer Stützverbau. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos. 97 S.

Margreth, S. (2007): Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, Davos. 101 S.

Margreth, S. (2016): Ausscheiden von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Bericht 47. 16 S.

Weissensteiner, M. (2018): Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur BOKU, Institut für Alpine Naturgefahren IAN, Wien. 122 S.

6 Beurteilung der Qualität des Modells "Massnahmen gegen Schneegleiten"

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	2003 bis 2020	
Technische Aktualität (Verfahren)	<input checked="" type="radio"/> aktuell <input type="radio"/> teilw.veraltet <input type="radio"/> veraltet	
Umfang der Datengrundlage	<input type="radio"/> gross <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> klein	
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> schlecht	
Dokumentation der Auswertung		Keine statistische Auswertung von Daten
Anhand Grundlagendaten überprüft	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	Ja soweit möglich
Detaillierungsgrad des Modells	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering	Anzahl möglicher Inputvariablen: 12

Gesamturteil:



X

Produktivitätsmodell „Wertastung“

Grundlagen

Peter Ammann

Im Auftrag für:

FE Waldressourcen und Waldmanagement

Gruppe „Forstliche Produktionssysteme“

Eidg. Forschungsanstalt WSL

24.01.2020

Das Produktivitätsmodell „Wertastung“ ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt wurden und unter dem Namen „JuWaPfl“ auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell „Wertastung“ wurde im Jahr 2018 erstellt.



Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	P. Ammann	03.09.2018	
1.0	F. Frutig	16.12.2019	Redaktionelle Arbeiten
1.0	F. Frutig/S. Holm	24.01.2020	Korrekturen

Inhalt

1	Grundlagen	3
1.1	Entstehung und Verwendung.....	3
1.2	Beurteilung und Besonderheiten	3
2	Prozessbeschreibung.....	3
2.1	Arbeitsverfahren	3
2.2	Arbeitsprozess und verwendetes Material	4
3	Modell	4
3.1	Zeitsystem	4
3.2	Faktoren für Indirekte Arbeitszeit, Weg- und Pausenzeiten	5
3.3	Modell Wertastung	5
3.3.1	Zeitaufwand für die Ausführung der Wertastung	5
3.3.2	Gehzeit von Baum zu Baum.....	9
3.3.3	Materialkosten	10
3.3.4	Zeitaufwand pro Baum und pro Hektare	11
3.3.5	Kosten pro Baum und pro Hektare.....	11
4	Benutzerführung	12
5	Literatur.....	13

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung

Grundlagen des Produktivitätsmodells „Wertastung“ sind Angaben aus der Literatur, Abrechnungen von Wertastungsaufträgen (P. Ammann) sowie einfache Zeitstudien zur Hochastung von Douglasien bis auf eine Höhe von 10-12m (P. Ammann).

Die aktuellen Methoden und Sicherheitsanforderungen wurden dem Leitfaden für die Praxis "Kronenschnitt und Wertastung" (Ammann 2018) entnommen.

1.2 Beurteilung und Besonderheiten

Gegenüber früher wird eher weniger geastet. Waldbauliche Risiken, besonders bei Fichte, haben zugenommen, weshalb die systematische Wertastung ganzer Bestände (Z-Bäume) nicht mehr so häufig ist. Oft werden nur einzelne Bäume in Mischbeständen geastet. Speziell bei Douglasien ist eine Hochastung bis 12m immer noch aktuell. Wertastung ist auch gebräuchlich bei Lärche, Kirsche und Nussbaum. Auch die Bedeutung von Kronenschnitten hat zugenommen.

Die Sicherheitsanforderungen der SUVA haben zugenommen. Deshalb ist die Abseilmethode (auch Alpinistenmethode bzw. Langseiltechnik genannt) wirtschaftlich nicht mehr konkurrenzfähig, weil ungesichertes Klettern ab einer Standhöhe von 3m nicht mehr zulässig ist. Auch die Methoden mit den Steiggeräten *Baumvelo* und *Baumrader* sind kaum mehr gebräuchlich. Ebenfalls nicht mehr aktuell ist die Klettersäge *Baumaffe*, u.a. auch wegen den Rindenschäden, welche diese Methode verursacht. Relativ neu und heute gebräuchlich ist die Wertastung mit dem Astungsleitersystem Distel ("Distelleiter").

Wertastung darf aus Sicherheitsgründen nicht in Alleinarbeit ausgeführt werden, es ist mindestens ein 2er-Team erforderlich. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität, da jeder Forstwart mit der gesamten Ausrüstung unabhängig und selbständig arbeitet. Für Rettungszwecke muss ein Rettungsset pro Team auf dem Platz sein.

2 Prozessbeschreibung

2.1 Arbeitsverfahren

Zu unterscheiden sind die Wertastung bis auf eine Höhe von 5-6m (1. Etappe) sowie die Hochastung bis auf eine Höhe von 10-12m (2. Etappe). In den Produktivitätsmodellen werden diese beiden gebräuchlichen Methoden abgebildet (d.h. über 6m Höhe wird nicht mit Anstellleitern gearbeitet). Einzig die Distelleiter kann für beide Astungsetappen verwendet werden.

Tabelle 1: Betrachtete Arbeitsverfahren für die Wertastung

Astungsetappe	0(3) bis (5-)6m 1. Etappe	(5-)6m bis 10(-12)m 2. Etappe
Methode		
Stangensäge	X	
Anstellleiter	X	
Distelleiter	X	X
Aststummelmethode		X

Es wird davon ausgegangen, dass in jedem Fall in Etappen geastet wird, wie dies in der Praxis üblich ist. Eine Aufastung in einem Schritt von 0-12m wird selten angewandt, weil dann der Baum oft schon zu dick ist (BHD Obergrenze für Wertastungen ca. 20cm) oder die Krone zu stark reduziert wird (Vitalitätsverlust).

Zielgrößen sind Zeitaufwand pro Baum und Kosten pro Baum. Mit der Anzahl Astungsbäume/ha können die Kosten pro Hektare oder pro Bestand ermittelt werden.

2.2 Arbeitsprozess und verwendetes Material

Der Prozess umfasst folgende Teilarbeiten:

- Ausführung der Wertastung
- Gehzeiten von Baum zu Baum.
Die mittleren Gehdistanzen sind abhängig von der Anzahl Z-Bäume pro Hektare.

Für die Wertastung eingesetztes Material:

- Anstelloiter, Distelloiter
- Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) bestehend aus Sitzgurt mit integriertem Haltegurt, Halteseil, Schutzhelm mit Kinnriemen
- Handsägen
- Stangensägen

3 Modell

3.1 Zeitsystem

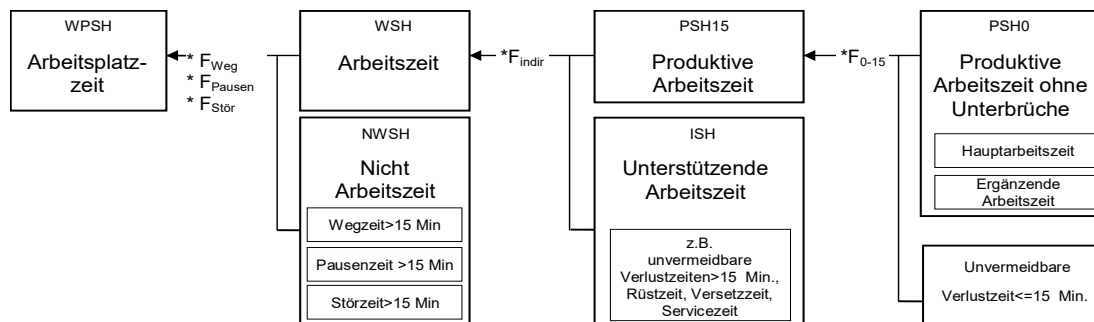


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 1 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 1). Für die Wertastungsarbeiten sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für Indirekte Arbeitszeit, Weg- und Pausenzeiten

Tabelle 3: Faktoren für das Modell "Wertastung".

Abkürzung	Definition	Default- wert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	Indirekte Arbeitszeiten	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Bezahlte Pausen		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Bezahlte Wegzeiten zur Arbeitsfläche und zurück. Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ (Annahme: von 510 Min. AZ/Tag sind 60 Min. bezahlte Wegzeiten zu den Arbeitsflächen sowie bezahlte Pausen). Die Wegzeiten innerhalb der Arbeitsfläche (von Baum zu Baum) werden separat berücksichtigt.	1.133	≥ 1.0	[-]

3.3 Modell Wertastung

3.3.1 Zeitaufwand für die Ausführung der Wertastung

Mit der erwähnten Zeitstudie an den 30 Douglasien (Hochastung, Aststummelmethode) wurde der Zeitaufwand für die Wertastung pro Baum separat (ohne Gehzeiten) ermittelt. Berücksichtigt wurden folgende Einflussfaktoren:

- Anzahl Astquirle, welche entfernt wurden
- Astigkeit bzw. Dicke der Äste (Astigkeit: fein, mittel, grob).

Die Dicke der Äste, bezeichnet als „Astigkeit“, hatte einen erheblichen Einfluss auf den Zeitaufwand. Bei „gröberen“ Bäumen waren nicht nur dickere, sondern oft auch mehr Äste pro Astquirl vorhanden.

Tabelle 4: Zeitaufwand für die Wertastung von Douglasien (Zeitstudie P. Ammann 2018).

Astigkeit	fein	mittel	grob
Mittlerer Zeitaufwand (Sekunden pro Astquirl)	96	142	194
Einfluss der Astigkeit in Prozent (%)	68	100	137

Gemäss Literatur spielt auch die Baumart eine Rolle. Gemäss Schweizerischem Forstkalender(2018) ist der Zeitaufwand für die Wertastung bei Douglasien rund 15% höher als bei Fichten. Der Wert für mittlere Astigkeit (142 Sekunden pro Astquirl) wurde deshalb für Fichte mit 120 Sekunden angenommen. Für die untersuchten Bäume entspricht ein Quirl ungefähr einem Meter Stammlänge. Für gute Standorte des Schweizer Mittellandes, auf welchen eine Wertastung in Frage kommt, ist diese Annahme realistisch. Bei extrem schnellwachsenden Bäumen mit z.B. einem Quirlabstand von 1.2m ist eher von größeren Ästen auszugehen, bei langsam wachsenden mit z.B. 0.7m eher von feineren Ästen, da innerhalb des Baumes auch eine Konkurrenz zwischen den Ästen bzw. eine apikale Kontrolle stattfindet; d.h. diese Effekte gleichen sich in etwa aus.

Für das Modell wird somit von folgendem Wert ausgegangen: Wertastung von Fichte (Basis) bei mittlerer Astigkeit benötigt 120 Sekunden oder 2 Minuten pro Laufmeter Astungsstrecke.

$$\text{Zeitaufwand pro Baum (Basis)} = 2 \text{ Minuten} \times \text{Astungsstrecke}$$

Die Astungsstrecke berechnet sich aus dem Zustand nach erfolgter Wertastung (Höhe oben), welche vom Ausgangszustand (Höhe unten) subtrahiert wird. Sie bezeichnet die Anzahl Laufmeter, welche geastet werden.

$$\text{Astungsstrecke} = (\text{Höhe}_{\text{oben}} - \text{Höhe}_{\text{unten}})$$

(nur ganzzahlige Werte)

Beispiel: Astung von 6 bis 10m = Astungshöhe 4m. Zeitaufwand (Basis) = 8 Minuten.

Es wird davon ausgegangen, dass bei der Astung der 1. Etappe mindestens bis zur Länge eines 5m-Trämel geastet wird. Im Normalfall wird von unten her geastet; es gibt aber auch Fälle, in denen bereits zu einem früheren Zeitpunkt eine Reichhöhenastung (Höhe, welche vom Boden aus erreicht werden kann) bis 2 oder 3m erfolgt ist. Bei Douglasien ist es empfehlenswert, den untersten Meter nicht zu asten, um das Fegen durch den Rehbock zu verhindern. Für die Hochastung der 2. Etappe wird davon ausgegangen, dass der Baum mindestens schon bis auf eine Höhe von 5m geastet wurde. Als Astungshöhe kommt der Bereich von hier bis auf eine Höhe von 10-12m (Doppelträmel) in Frage. Folgende Eingaben sind somit möglich (Auswahlbereich mit Dropdown-Liste):

Tabelle 5: Astungsetappen

Astungsetappe	Untere Höhenangabe [m]	Obere Höhenangabe [m]
1. Etappe	0, 1, 2, 3	5, 6
2. Etappe	5, 6	10, 11, 12

Bei abweichenden Eingaben wird der Benutzer auf den möglichen Wertebereich hingewiesen.

Korrekturfaktoren:

Gemäss Literatur (Schweiz. Forstkalender 2018) ist der Aufwand für Douglasie um 15% höher, für Lärche und Föhre 15% tiefer als für Fichte. Laubholz wird der Kategorie Lärche / Föhre gleichgestellt. Dazu wird der Korrekturfaktor für die Baumart, der KF1 mit 3 Klassen, eingeführt:

Tabelle 6: Korrekturfaktor Baumart

KF1 „Baumart“	
Douglasie	1.15
Fichte	1.00
Lärche, Föhre, Laubholz	0.85

Default: Fichte.

Der Korrekturfaktor für die Baumart wird mit der Astungszeit multipliziert.

Die Astigkeit ist eine einflussreiche, aber etwas subjektive Grösse. Sie wird im Korrekturfaktor 2 berücksichtigt. Gemäss den Resultaten der Zeitstudie werden folgende 3 Klassen ins Modell impliziert:

Tabelle 7: Korrekturfaktor Astigkeit

KF2 „Astigkeit“	
grob	1.35
mittel	1.00
fein	0.70

Weil die Kronengrösse und damit die Astdicke mit dem Alter bzw. mit der Baumhöhe zunehmen, kann davon ausgegangen werden, dass bei der Wertastung der 1. Etappe eher von feinen oder mittleren Ästen ausgegangen werden kann. Bei der Hochastung bis 12m wird von mittlerer Astigkeit bis Grob-astigkeit ausgegangen. Für die Wertastung bis 6m ist „grobastig“ nicht möglich, für die Hochastung bis 12m kann „feinastig“ nicht angewählt werden.

Tabelle 8: Mögliche Auswahl für die Astigkeit

Astungsetappe	Auswahlmöglichkeiten für die Astigkeit		
1. Etappe	fein	mittel	
2. Etappe		mittel	grob

Default: mittel.

Der Aufwand für die Astung bis 6m Höhe ist generell geringer als für die Astungshöhe von 6-12m. Die untersten 2 m können vom Boden aus geastet werden, danach genügt eine leichte Leiter. Eine Sicherung ist erst ab der Standhöhe von 3m vorgeschrieben, d.h. bis 5m Astungshöhe darf noch ungesichert gearbeitet werden. Bei Hochastung müssen die unteren Meter, welche bereits geastet sind, erstiegen und wieder abgestiegen werden. Die gesamte Arbeit wird mit der Persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) ausgeführt. Deshalb wird der Zeitaufwand für die 1. Etappe um 10% reduziert, für die 2. Etappe um 10% erhöht. Dies geschieht generell, unabhängig von der Methode, mit dem Korrekturfaktor 3 (Tab. 9)

Tabelle 9: Korrekturfaktor Astungsetappe

KF3 „Etappe“	
1. Etappe	0.90
2. Etappe	1.10

Mehraufwand für die Hochastung mit Distelleiter:

Für das Hochziehen und Aufstecken eines weiteren Leiterelements (je nach Typ mehrere Elemente), das Festzurren der Spanngurte sowie für den Rückbau der Leiterelemente wird von einem Mehraufwand von 10% gegenüber der Aststummel-Methode ausgegangen.

Tabelle 10: Korrekturfaktor für die Verwendung der Distelleiter auf einer Höhe über 6m

KF6 „DistelÜber6m“	
Distelleiter 2. Etappe	0.10
Alle anderen Kombinationen (Aststummelmethode)	0.00

Der Korrektur-Zuschlag KF6 ist unabhängig von Baumart und Astigkeit. Er ist deshalb nicht multiplikativ, sondern additiv zu den weiteren Faktoren.

Die Astungszeit pro Baum in Minuten setzt sich somit zusammen aus der Grundzeit pro Laufmeter Astung (2 Minuten), multipliziert mit der Astungsstrecke, sowie mit den Korrekturfaktoren (KF1 bis KF3 multiplikativ, KF6 additiv):

$$\text{Astungszeit} = 2 \text{ Min} \times (\text{Astungsstrecke}) \times ((\text{KF1}_{\text{Baumart}} \times \text{KF2}_{\text{Astigkeit}} \times \text{KF3}_{\text{Etappe}}) + \text{KF6}_{\text{DistelÜber6m}})$$

Gehzeit von Baum zu Baum

Aufgrund der häufig praktizierten Wertastung einer beschränkten Anzahl von Z-Bäumen (z.B. von einzelnen Douglasien oder Lärchen in Mischbeständen oder qualitativ besonders schönen Fichten in Fichtenbeständen) ist die mittlere Gehdistanz zwischen den Astungsbäumen nicht einheitlich, sondern kann variieren. Sie ist abhängig von der Anzahl Astungsbäume pro Hektare. Bei 80 Z-Bäumen pro Hektare beträgt die Distanz 12m, bei 10 Astungsbäumen pro Hektare sind es 33m.

Mit einer einfachen Zeitstudie an 30 Bäumen wurde bei der Wertastung mit der Aststummelmethode (Hochastung, 2. Etappe) der Zeitaufwand für die Verschiebung von Baum zu Baum ermittelt (Abb. 1).

Bei weniger Bäumen nehmen die Gehdistanz und damit die Gehzeit zu. Folgende Funktion dient der Berechnung der Gehzeiten:

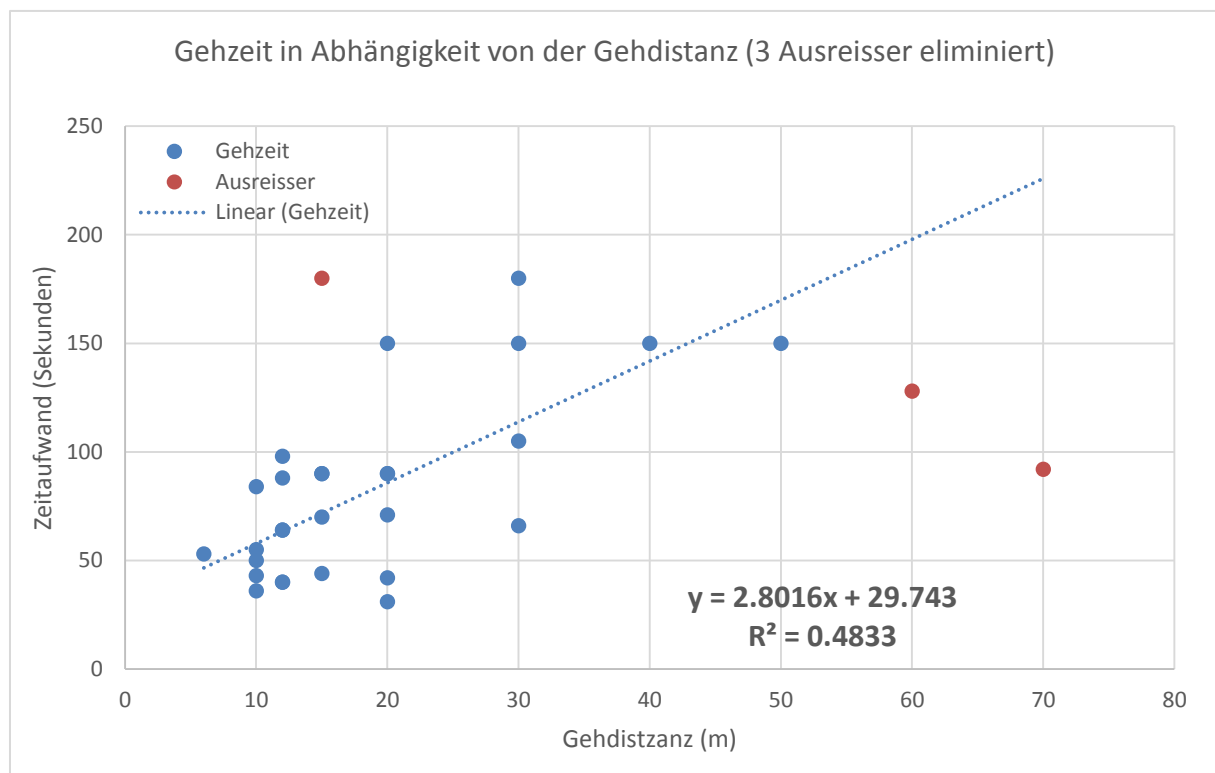


Abbildung 2: Gehzeit in Abhängigkeit von der Gehdistanz (mit 6m-Anstellleiter, Klettergurt, Halteseil und Handsäge)

Bei der Arbeit an Hanglagen ist das Gehen, speziell das Herumtragen der Leitern, erschwert. Für die Gehzeiten wird der Korrekturfaktor 4 mit 5 Hangneigungsklassen eingeführt (Tab. 11) Im Modell Z-Baum-Pflege werden die gleichen Hangneigungsklassen verwendet.

Tabelle 11: Korrekturfaktoren für die Hangneigung

KF4 „Hang“	
0-24%	1.00
25-44%	1.10
45-64%	1.25
65-84%	1.50
> 84%	2.00

Der Korrekturfaktor «Hang» wirkt nur auf die Gehzeit. Für die eigentliche Wertastung (Arbeit am bzw. auf dem Astungsbaum) spielt die Hangneigung keine Rolle.

Für die Hochastung mit Distelleitern müssen 2 (Leitertyp Distel I) oder mehrere (Leitertyp Distel II) Leitelemente verschoben werden. Beim Verfahren „Distelleiter“ über 6m Höhe wird deshalb die Gehzeit verdoppelt. Die beiden unterschiedlichen im Handel erhältlichen Distelleitern werden in den Produktivitätsmodellen nicht unterschieden. Für die Methode "Distelleiter" wird der Korrekturfaktor 5 eingeführt (Tab. 12).

Tabelle 12: Korrekturfaktor für die Gehzeit bei Verwendung einer Distelleiter in der 2. Astungsetappe

KF5 „Methode Distel“	
Distelleiter 2. Etappe	2.0
Alle anderen Methoden	1.0

Somit gilt für die Gehzeit (pro Person) folgende Formel:

$$Gehzeit \left[\frac{Min}{Baum} \right] = \frac{1}{60} \times (2.8016 \times \sqrt{\frac{1.05 \times 10^4 \times 000}{Anzahl_{AstungsbäumeProHektare}}} + 29.743) \times KF4_{Hang} \times KF5_{Distel}$$

Der Term unter der Wurzel berechnet den mittleren Abstand zwischen den Astungsbäumen aus der Anzahl Astungsbäume pro Hektare. Dabei wird nicht von einer Quadrat- oder perfekten Dreiecksverteilung ausgegangen, sondern von einer „natürlichen“ Verteilung der Bäume. Diese wird mit dem Faktor 1.05 berücksichtigt (Schütz 1987).

3.3.2 Materialkosten

Für das benötigte Material wie Leitern, Handsägen, PSAGa wurden die aktuellen Beschaffungskosten eruiert (Stand 2019). Für jedes Ausrüstungsteil wurde eine Lebensdauer angenommen (Anzahl Astungsbäume), über welche die Amortisation erfolgen muss. Dies ergibt die Materialkosten pro Astungsbaum. Zu berücksichtigen ist auch die materialtechnische Lebensdauer für Sitzgurte, Halteseile und Rettungsset, welche je nach Hersteller 5 oder 10 Jahre beträgt. Nach Ablauf dieser Frist müssen diese Ausrüstungsteile unabhängig vom Zustand ersetzt werden. Bei geringem Gebrauch erhöhen sich deshalb die effektiven Kosten gegenüber den Annahmen in untenstehender Tabelle (wird im Modell nicht berücksichtigt).

Tabelle 13: Zusammenstellung der Ausrüstung für die Berechnung der Materialkosten

Nr.	Ausrüstung	Anschaffungskosten [Fr.], gemittelt, gerundet	Amortisation [Anzahl Bäume]	Kosten pro Baum [Fr.]	Quelle
1	Anstelleiter bis 4.50m	150.00	1'000	0.15	
2	Anstelleiter bis 6m	300.00	1'000	0.30	
3	Distelleiter bis 6m	600.00	1'000	0.60	http://de.rolandschmid.ch/
4	Distelleiter bis 12m	1'200.00	1'000	1.20	http://de.rolandschmid.ch/
5	Sitzgurt mit Haltegurt	300.00	1'000	0.30	https://www.murer-shop.ch/
6	Halteseil mit Stahleinlage	250.00	500	0.50	https://wvs-shop.abacuscity.ch/de/home
7	Stangensäge	400.00	500	0.80	http://de.rolandschmid.ch/
8	Handsäge	60.00	150	0.40	https://www.murer-shop.ch/
9	Rettungsset 0.5	700.00	2'000	0.20	https://www.murer-shop.ch/
10	Kletterhelm mit Kinnriemen	100.00	1'000	0.10	https://www.murer-shop.ch/

Nr. Bemerkungen

- 1
- 2
- 3 Aufsteckelement 210/310cm=Fr. 580.-
- 4 Hundeleine zum Elemente hochziehen Fr. 75.-; Basiselement 510cm=Fr. 548.-; Aufsteckelement 210/310cm=Fr. 580.-

- 5 ab 229
- 6 Fr. 248.30; recht starke Abnutzung und Verschmutzung durch Harz
- 7 ab Fr. 327.-
- 8 ab Fr. 55.-, Abnutzung Sägeblatt ist relativ stark, vor allem bei Dürrrasten (was bei Wertastung unvermeidlich ist)
- 9 Fr. 679.-; ein Rettungsset pro 2er Team notwendig (Faktor 0.5), höhere Lebensdauer; gerundet
- 10 Fr. 99.-

Je nach Methode ist eine Kombination von Ausrüstungsbestandteilen notwendig. Daraus lassen sich die **Materialkosten pro Baum** berechnen (Tab. 14).

Tabelle 14: Konfigurationen der Ausrüstung für die Berechnung der Materialkosten

Methode	Notwendige Ausrüstung	Kosten pro Baum [Fr.]
Kronenschnitte bis Standhöhe 3m/Arbeitshöhe 5m	1+8	0.55 *)
Wertastung bis 6m mit Anstelleiter	1+5+6+8+9+10	1.65
Wertastung bis 6m mit Stangensäge	7+10	0.90
Wertastung bis 6m mit Distelleiter	3+5+6+8+9+10	2.10
Wertastung 6-12m mit Aststummelmethode	2+5+6+8+9+10	1.80
Wertastung 6-12m mit Distelleiter	4+5+6+8+9+10	2.70

*) Kronenschnitte werden im Modell "Jungwaldpflege Dichtung und Stangenholz" behandelt
Die Materialkosten werden unabhängig von der effektiven Astungslänge pro Abschnitt pauschal berechnet (unabhängig davon ob z.B. von 6-10m oder von 6-12m geastet wird).

$$Kosten_{Material} = f(Methode)$$

3.3.3 Zeitaufwand pro Baum und pro Hektare

Der Zeitaufwand pro Baum in Stunden setzt sich zusammen aus Gehzeit und Astungszeit:

$$Zeitaufwand \text{ pro Baum} = (Gehzeit + Astungszeit) \times F_{indir} \times F_{WegPausen} / 60$$

Für den Zeitaufwand pro Hektare wird der Zeitaufwand pro Baum mit der Anzahl Astungsbäume multipliziert:

$$Zeitaufwand \text{ pro Hektare} = Zeitaufwand \text{ pro Baum} \times Anzahl_{AstungsbäumeProHektare}$$

Für den Zeitaufwand pro effektiver Fläche bzw. pro Auftrag wird der Zeitaufwand pro Hektare mit der Fläche des Bestandes multipliziert:

$$Zeitaufwand \text{ pro Auftrag} = Zeitaufwand \text{ pro Hektare} \times Fläche$$

3.3.4 Kosten pro Baum und pro Hektare

Für die Kosten pro Baum wird der Zeitaufwand pro Baum mit dem Kostenansatz des Personals multipliziert. Zusätzlich werden die Materialkosten (Amortisation der Ausrüstung) addiert:

$$Kosten \text{ pro Baum} = (Zeitaufwand_{pro \text{ Baum}} \times Kostenansatz_{Personal}) + Kosten_{Material}$$

Die Kosten pro Hektare ergeben sich aus den Kosten pro Baum multipliziert mit der Anzahl Astungsbäume pro Hektare:

$$\text{Kosten pro Hektare} = \text{Kosten pro Baum} \times \text{Anzahl}_{\text{AstungsbäumeProHektare}}$$

Für die Kosten pro effektiver Fläche bzw. pro Auftrag werden die Kosten pro Hektare mit der Fläche des Bestandes multipliziert:

$$\text{Kosten pro Auftrag} = \text{Kosten pro Hektare} \times \text{Fläche}$$

4 Benutzerführung

In Tabelle 15 sind die verschiedenen Elemente dargestellt, welche für einen konkreten Astungsbestand ausgewählt werden können.

Tabelle 15: Übersicht über den Aufbau des Modells

		Methode
Etappe	1.Etappe (bis max. 6m)	Anstellleiter
		Stangensäge
		Distelleiter bis 6m
	2. Etappe (bis max. 12m)	Distelleiter bis 12m
		Aststummelmethode
Baumart	Douglasie	
	Fichte	
	Lärche, Föhre, Laubholz	
Anzahl Astungsbäume/ha	30	
Fläche des Bestandes [ha]	1.5	
Höhe oben (nach Astung) [m]	0	
Höhe unten (vor Astung) [m]	6	
Hangneigung	0-24%	
	25-44%	
	45-64%	
	65-84%	
	85-200%	
Astigkeit	fein	
	mittel	
	grob	

Die für das IT-Tool gewählten Defaultwerte sind in der Tabelle kursiv geschrieben.

Literatur

Ammann, P. (2018): Leitfaden Kronenschnitt und Wertastung. Leitfaden für die Praxis. Herausgeber: Codoc. 41 S.

FVA Baden-Württemberg (2000): Merkblätter der FVA Baden-Württemberg, Nr. 20/2000: Wertastung. Online-Version: 27.09.2011.

Gregory, E., Schlegel, H., Hein, S. (2013): Zeitbedarf und Kosten der Birkenästung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald, Nr.11: 26-28.

Häne, K. und Sperisen, R. (1989): Wertastung. Merkblatt für den Forstpraktiker. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Nr. 14.

Häne, K. (2003): Wertastung. Lehrmittel zur natürlichen und künstlichen Wertastung. Herausgeber: CODOC.

Rotert, Friedrich (2000): Wertastung mit Zeitstudien. Broschüre zur 13. KWF-Tagung, Eigenverlag, Friedrich Rotert, Hasbergen-Gaste. 35 S.

Schütz, J.-P. (1987): Zur Auswahl der Ausleseebäume in der Schweizerischen Auslesedurchforstung. Schweiz Z Forstwes 138: 1037-1053.

Schweizerischer Forstkalender (2018): Tabelle über den Arbeitsaufwand für Kultur- und Pflegearbeiten. S.237-240.

Von Burg, U. (2016): Grundsätze bei der Grünastung. Stadt Schaffhausen, Revier Barga.

Produktivitätsmodell „Wildschutzmassnahmen“

Grundlagen

Renato Lemm

Oliver Thees



Foto: O. Odermatt, WSL

FE Waldressourcen und Waldmanagement
Gruppe „Nachhaltige Forstwirtschaft“
Eidg. Forschungsanstalt WSL

Das Produktivitätsmodell „Wildschutzmassnahmen“ ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen „JuWaPfl“ auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell „Wildschutzmassnahmen“ wurde im Jahr 2020 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	R. Lemm	24.05.2018	
1.0	F. Frutig	09.07.2018	Überarbeitung
1.1	R. Lemm	05.11.2020	Überarbeitung
1.1	F. Frutig	27.04.2021	Schlussredaktion

Inhalt

1	Grundlagen	3
2	Beschreibung der verschiedenen Schutzarten	3
2.1	Schutzmassnahmen und anfallende Teilarbeiten	3
2.2	Wuchshüllen	3
2.3	Drahtkörbe leicht	4
2.4	Drahtkörbe massiv	5
2.5	Chemischer Schutz	5
2.6	Schälschutz	6
2.7	Wildschutzzaun	6
3	Modell	8
3.1	Zeitsystem	8
3.2	Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen	9
3.3	Einzelerschutz	9
3.3.1	Zeitaufwand pro geschützte Pflanze	12
3.3.2	Kosten pro geschützte Pflanze	12
3.4	Flächenschutz mit Zaun	13
3.4.1	Zeitaufwand	13
3.4.2	Kosten	16
3.5	Kostenvergleich zwischen Wuchshülle und Zaun	17
4	Benutzerführung	20
4.1	Berechnung der Zeitaufwände für Einzel- und Flächenschutz	20
4.2	Kostenvergleich zwischen Einzelerschutz und Zaun	21
5	Literatur	22
6	Beurteilung der Qualität des Modells Wildschutzmassnahmen	23

1 Grundlagen

Mit geeigneten Schutzmassnahmen sollen Bäume, vornehmlich im bewirtschafteten Wald, vor schädlichen Einflüssen durch Wild geschützt werden. Das vorliegende Modell umfasst Schutzmassnahmen gegen Verbiss sowie Schäl- und Fegeschäden durch Reh- und Rotwild. Schutzmassnahmen gegen schädliche Wirkungen von Schwarzwild werden hier nicht behandelt.

Die Grundlagen für das Produktivitätsmodell „Wildschutz“ sind Angaben aus der Literatur, da keine grösseren systematischen Erhebungen zu Zeitaufwand und Kosten vorlagen. Die Literaturlauswertung hat ergeben, dass die Zeitaufwände und die berücksichtigten Teilarbeiten in Deutschland und in der Schweiz sehr unterschiedlich sind. Im vorliegenden Modell werden als Defaultwerte vor allem Werte aus der Schweiz eingesetzt. Im Bedarfsfall können diese jedoch mit eigenen Werten überschrieben werden. Die verwendeten Produktivitätswerte stammen vorwiegend aus dem erst kürzlich erstellten Handbuch "Wildschadenverhütungsmassnahmen" des Kantons St. Gallen (Gmür 2020).

Das Modell kann zur Schätzung von Arbeitsaufwand und Kosten für verschiedene Schutzmassnahmen verwendet werden. Insbesondere lässt sich auch ein Vergleich zwischen den Kosten für Einzelschütze und Wildschutzzäune vornehmen.

2 Beschreibung der verschiedenen Schutzarten

2.1 Schutzmassnahmen und anfallende Teilarbeiten

Als Wildschutzmassnahmen werden der Einzelschutz und der Flächenschutz mit Zaun modelliert. Beim Einzelschutz werden folgende Schutzarten unterschieden:

- Wuchshüllen
- Massive Drahtkörbe
- Leichte Drahtkörbe
- Chemischer Schutz
- Schälenschutz

Beim Flächenschutz wird zwischen rehwildsicherem und rotwildsicherem Zaun unterschieden.

Bei allen Arten von Wildschutzmassnahmen fallen folgende Teilarbeiten an:

- Schutzmaterial beschaffen
- Schutzmaterial an den Einsatzort transportieren
- Schutz aufstellen bzw. anbringen (Pfahl einschlagen, Hülle oder Drahtkorb montieren, chemischen Schutz periodisch anbringen, ...)
- periodische Kontrollgänge (Lücken im Zaun, Schiefstand Einzelschutz, ...)
- Abbau und Entsorgung der Einzelschütze bzw. des Zauns.

2.2 Wuchshüllen

Wuchshüllen verbessern das Wachstum der Pflanze und schützen sie gleichzeitig vor äusseren Gefahren, namentlich Verbiss und Schälen. Wuchshüllen können unterschiedlich hoch sein. Sie sind stabil und bestehen aus doppelwandigem Polypropylen. Gehalten wird die Hülle durch einen aussen angebrachten Holzpfehl, häufig aus unbehandelter Akazie. Ventilationslöcher regulieren das Innenklima. Eine Bruchstelle dient als Sollbruchstelle, falls der Baum so dick wird, dass er den Innenraum der Schutzhülle ausfüllt bevor die Hülle entfernt wird oder natürlich zerfällt. Wuchshüllen werden in erster Linie bei Laubbaumarten mit langsamem Jugendwachstum, bei Kleinpflanzen in üppiger Naturverjüngung oder bei starker Vegetationskonkurrenz eingesetzt. Die Vorteile kommen auf Kleinflächen unter 4 ha und/oder bei Pflanzverbänden mit weniger als 1000 Pflanzen/ha zum Tragen. Die bevorzugten

Anwendungsgebiete zum Schutz gegen Reh- und Rotwild sind daher "Anreicherungsplantagen" mit Laubbäumen in Naturverjüngungen.

Die Wuchshülle ist eine technische Innovation bei der Begründung von Laubbaumbeständen bei starkem Wilddruck und/oder bei starker Konkurrenzvegetation. Ihr Einsatz, d.h. die Anzahl und das Schutzziel, bedarf in jedem Einzelfall sorgfältiger Abwägung der Kosten und möglicher Alternativen bei der Regulierung der Konkurrenzvegetation und des Wilddrucks.

Gemäß aktuellen Forschungsergebnissen aus Frankreich (INRA, Waldwissen 2004) ist das optimale Mikroklima in den Röhren der Schlüssel für den Erfolg mit Wuchshüllen. Die besten Ergebnisse zeigen derzeit röhrenförmige Wuchshüllen aus hellem Material mit einer oder mehreren Öffnungen an der Basis. Sie bewirken den notwendigen Luftaustausch (Kenk 2004).

Wuchshüllen werden aus forstlicher Perspektive kontrovers beurteilt, als sinnvolle Alternative zum Zaunbau bis hin zum Vorwurf der wenig ästhetischen Vermüllung des Waldes. Durch ihre Vorteile haben sie jedoch in relativ kurzer Zeit eine grosse Verbreitung gefunden. Beim Laubholz verwendet man in der Regel den Einzelschutz mit Wuchshülle und beim Nadelholz den Draht- oder Kunststoffkorb mit Holzpfeiler oder andere vergleichbare Ausführungen.

Vorteile:

- Wirksamer und langanhaltender Schutz gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälen.

Nachteile:

- Material verrottet nicht, daher Abbau und Entsorgung erforderlich
- Jährlicher Unterhalt notwendig (Geweihträger können Baumschutzhüllen erheblich beschädigen)
- Verfahren ist vergleichsweise teuer
- In höheren Lagen aufgrund von Schneedruck und -höhe i.d.R. ungeeignet.

2.3 Drahtkörbe leicht

Leichte Drahtkörbe / Drahtgitter bzw. Baumschutzhüllen bestehen aus röhrenartigen Draht- oder UV-beständigen Kunststoffgeflechten. Zur Fixierung dienen 1-2 Pfähle aus Holz oder Eisen. Das Sechseckgeflecht wird am meisten verwendet und ist in diversen Höhen und Drahtstärken erhältlich. Die Baumschutzhüllen sind als Rolle (individuelles Ablängen) oder zugeschnitten erhältlich. Ab rund 1000 m ü. M. und im steilen Gelände ist das Verfahren aufgrund des Schneedrucks i.d.R. ungeeignet. Zudem ist in höheren Lagen bei der Höhe der Drahtkörbe die Schneehöhe einzuberechnen. Der Drahtkorb schützt Nadel- und Laubbäume gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälen (geringe Schutzhöhe). Er wird um die zu schützende Pflanze gestellt. Grosse Pfähle gegen Rotwild werden in die zuvor mit dem Loch-eisen vorbereiteten Löcher eingeschlagen. Kleinere Pfähle können in der Regel direkt mit dem Fäustel eingeschlagen werden. Armierungseisen (8-10 mm) lassen sich bei nassem Boden von Hand eindrücken. Anschliessend wird das Geflecht an 2 Punkten mit Agraffen (nicht bei Akazie), Bindendraht (1mm stark, verzinkt) oder Kabelbindern (4 Stück) befestigt.

Vorteile:

- Wirksamer und langanhaltender Schutz gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälen
- Geschützte, verbissgefährdete Mischbaumarten sind bei der Pflege (Ausmähen) gut sichtbar.

Nachteile:

- Geringe Schutzhöhe, weniger geeignet für den Schutz gegen Rotwild
- Material verrottet nicht, daher Abbau und Entsorgung erforderlich (Gefahr des Einwachsens und hinderlich bei der Pflege).
- Böcke (Geweihträger) können Baumschutzhüllen erheblich beschädigen (jährlicher Unterhalt wichtig)

- Jährliche Pflege von Hand nötig (Einwuchs)
- In höheren Lagen aufgrund von Schneedruck und -höhe i.d.R. ungeeignet.

2.4 Drahtkörbe massiv

Der «Drahtkorb massiv» besteht aus einem Drahtgeflecht und drei Holzpfehlen (Eiche, Lärche, Robinie oder Fichte) und wird primär zum Schutz junger Bäume vor Rotwild eingesetzt. Er schützt gegen Verbiss, Schälern und Fegen. Beim Bau des Drahtkorbs sind die vorkommenden Wildarten und die lokalen Schneemengen zu beachten. Sie beeinflussen die Bauhöhe und die Maschenweite. Für einen Drahtkorb mit einer Seitenlänge von 1 m werden rund 3 m Drahtgeflecht und ca. 1 m lange Querlatten für die Stabilisierung benötigt. Das Geflecht wird mit Agraffen oder Drahtklammern (Bostich) befestigt. Der Drahtkorb wird am besten zu zweit erstellt.

Vorteile:

- Wirksamer und langanhaltender Schutz gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälern
- Das Wild kann sich um die geschützten Pflanzen herum frei bewegen.

Nachteile:

- Verfahren ist vergleichsweise teuer und arbeitsaufwändig
- Hoher Materialaufwand pro Pflanze
- Viel Schnee kann Verbiss oberhalb des Schutzes ermöglichen und zum Abbrechen der Endtriebe führen
- Holzerntearbeiten in der Umgebung der Drahtkörbe erfordern besondere Vorsicht
- Die Schutzeinrichtungen müssen nach der Nutzung entfernt werden
- Kontrolle und Unterhalt sind jährlich erforderlich (Ausmähen).

2.5 Chemischer Schutz

Die Knospen können mit chemischen Mitteln gegen Wildverbiss geschützt werden. Diese zeichnen sich meist durch eine dreifache Schutzwirkung aus (Farbe, Geschmack und körnige Konsistenz). Sie können im Herbst an Laub- und Nadelbäumen als Schutz gegen Winterverbiss angebracht werden. Die Temperaturen müssen über 0°C liegen und es muss trockene Witterung herrschen (kein Regen, Nebel, Frost oder Schneefall). Die benötigte Menge ist abhängig von der Pflanzengröße und der Anzahl Seitentriebe, die mitgeschützt werden sollen. Erfahrungsgemäss beläuft sie sich auf 2-5 kg für ca. 1000 Pflanzen. Bei der Ausbringung der Paste sollten alte Kleider getragen werden, da sich die Paste aufgrund der guten Haftfähigkeit kaum mehr aus den Kleidern entfernen lässt. Mit Hilfe einer Bürste oder eines Pinsels wird das Mittel gleichmässig und als geschlossener Belag von unten nach oben über den Endtrieb und die Endknospe gestrichen. Dabei wird der Terminaltrieb vollständig umgriffen und die Hand mit einem Handschuh geschützt.

Vorteile:

- Einfaches, schnelles Verfahren mit wenig Materialaufwand
- Einstand und Äsung neben der geschützten Pflanze bleiben für die Wildtiere vollständig erhalten.

Nachteile:

- Schutz nur im Herbst und im Winter
- Jährlich erneutes Anbringen erforderlich
- Bei hohem Verbissdruck keine sichere Wirkung. Unter Umständen muss das Mittel periodisch gewechselt werden, da die abhaltende Wirkung mit der Zeit abnehmen kann.
- Die Ausbringung ist unangenehm (Gestank, Haftung an Kleidern und mögliche Gefahren für die Anwender).

- Chemisches Mittel wird in den Waldkreislauf eingetragen.
Es dürfen nur vom Bund bewilligte Pflanzenschutzmittel im Wald verwendet werden. Die Liste der zugelassenen Mittel findet sich unter <https://www.psm.admin.ch/de/schaderreger/10919> (Stand 03.12.2020).

2.6 Schälenschutz

Schälen bedeutet das Abziehen ganzer Rindenstreifen vom Baum. Vor allem Rotwild schält Bäume, Rehe hingegen nicht. Wird die Rinde stammumlaufend abgeschält, stirbt der Baum, weil die Wasser- und Nährstoffversorgung unterbrochen wird. Vom Rotwild geschält werden Bäume, wenn der Stamm im Zuge der Astreinigung für das Wild zugänglich wird und die Rinde noch dünn und weich ist. Am häufigsten werden Bäume mit ca. 4 bis 20 cm BHD geschält, d.h. insbesondere schwaches Stangenholz. Baumhölzer bzw. dickere Stämme werden selten geschält. Bevorzugt geschält werden Eiben, Fichten, Eschen, Bergulmen, Föhren, Buchen, Edelkastanien, Vogelbeeren, Weiden sowie z.T. Weisstannen und Lärchen. Da die Eibe nie eine dicke Rinde bekommt, bleibt diese immer schälbar. Mögliche Schutzmassnahmen bilden Matten oder Netze. Die stabile, wenig elastische Matte, lässt sich formstabil um den Stamm legen. Das Netz hingegen passt sich durch gute Dehnbarkeit an das Wachstum des Baumes an.

Vorteile:

- Dauerhafter Schutz von bis zu 20 Jahren
- Hohe Dehnfähigkeit verhindert ein Einwachsen des Materials
- Leichter Transport, individuelles Ablängen möglich und schnelle Montage.

Nachteile:

- Bei Nadelholz ist eine Astung notwendig
- Die Wurzelanläufe können nicht oder nur bedingt geschützt werden
- Das Material muss nach Gebrauch entsorgt werden
- Relativ wenig Erfahrungen vorhanden.

2.7 Wildschutzzaun

Für den Entscheid zwischen Einzel- oder Flächenschutz sind Vor- und Nachteile sowie ökonomische Aspekte zu betrachten.

Die Einzäunung von Wald oder Teilen davon ist nach Art. 4 des kantonalen Waldgesetzes (LS 921.1) unzulässig. Grundsätzlich muss der Wald überall für die Allgemeinheit zugänglich bleiben. Einschränkungen der Zugänglichkeit sind möglich, namentlich zum Schutz der Waldverjüngung. Wildschutzzäune sind demnach zulässig, wenn sie für die Verjüngung des Waldes oder zum Schutz wertvoller Pflanzen notwendig sind.

Wildschutzzäune aus Knotengittern bieten eine besonders günstige und leicht realisierbare Möglichkeit, grosse Zaunlängen zu erstellen. Wildzäune bestehen aus Maschendraht- oder Knotengeflecht, Spanndrähten und Drahtspannern sowie gegebenenfalls Bodenankern. Das Zaungeflecht wird mittels Agraffen oder Drahtklammern (Bostich) an den Pfählen befestigt. Wildschutzzäune müssen mit einem Ein- und Ausstieg versehen werden.

Zäune sind in der Regel bei starkem Wilddruck, Umwandlungsflächen oder grossflächigen Pflanzungen (z.B. Eichenförderung) erforderlich. Ideal ist wegen der minimalen Zaunlänge eine möglichst quadratische Form. Je grösser ein Zaun ist, desto schwieriger ist es, ihn wilddicht zu halten und zu überwachen. Andererseits sind bei grossen Zäunen deutlich weniger Laufmeter Zaun pro geschützte Fläche

erforderlich. Zudem dienen die Zäune als Anschauungsobjekte, um zu untersuchen und zu demonstrieren, wie sich die Vegetation mit und ohne Wildeinfluss entwickelt (Weiserflächen).

Bei weiten Abständen der Pfähle sind Bodenanker (Heringe aus Holz oder Metall) sowie ein starker Spanndraht erforderlich. Wildzäune sollten immer verzinkt sein, damit sie witterungsresistent und langlebig sind.

Vorteile:

- Ganzjähriger, flächiger Schutz gegen Verbiss, Fegen und Schlagen
- Das Geflecht ist teilweise wiederverwendbar
- Es können viele starke Bäumchen und oft mehr verschiedene Arten aufwachsen.

Nachteile:

- Reduzierung der Einstands- und Äsungsflächen
- Häufige Kontrollen erforderlich. Zerstörung durch umfallende Bäume und Äste möglich
- Hohe Kosten
- Ungeeignet für steiles oder stark coupiertes Gelände
- Abbau zwingend.

Im Folgenden werden die Besonderheiten der Wildschutzzäune in den Varianten "rehwildsicher" und "rotwildsicher" behandelt:

Die Bezeichnung 180/23/15 bedeutet folgendes:

- Die erste Zahl ist die Zaunhöhe in cm.
- Die zweite Zahl gibt die Anzahl der horizontalen Drähte an. Im unteren Bereich sind die Abstände der Querdrähte meist gering, nach oben hin werden sie weiter.
- Die dritte Zahl gibt den Abstand der vertikalen Drähte in cm an; je größer die Zahl desto weitmaschiger ist das Knotengeflecht.

Ein Wildschutzzaun muss so stabil und dicht gebaut sein, dass die bedrohende Wildart über einen Zeitraum von mehreren Jahren nicht durch den Zaun gelangen kann. Die für die jeweilige Wildart erforderliche Zaunhöhe, Drahtstärke und Maschengröße wirkt sich auf die Erstellungskosten pro Laufmeter aus.

Der rehwildsichere Zaun sollte mindestens 150 cm hoch sein und das Drahtgeflecht eine Drahtstärke von min. 2.0-2.5 mm sowie eine variable Maschenweite aufweisen, im unteren Bereich enger, gegen oben weiter. Der Abstand der Pfähle sollte 4-6 m betragen (i.d.R. 4 m). Die Setztiefe der Pfähle beträgt 40-60 cm d.h. die Pfähle sollten min. 2 m lang sein und eine Zopfstärke von 8-10 cm und für Eckpfähle von 12-14 cm aufweisen.

Zusammengefasst für **Rehwild**: Höhe 1.50 m; Pfahlabstand 4m, Geflecht 150/13/15.

Der rotwildsichere Zaun sollte mindestens 18 -200 cm hoch sein und das Drahtgeflecht eine Drahtstärke von min. 2.0-3.0 mm sowie eine variable Maschenweite aufweisen, im unteren Bereich enger, gegen oben weiter. Der Abstand der Pfähle sollte 4-6 m betragen (i.d.R. 5 m). Die Setztiefe der Pfähle beträgt 60-80 cm, d.h. die Pfähle sollten min. 2.60 m lang sein und eine Zopfstärke von 12-14 cm und für Eckpfähle von 14-16 cm aufweisen.

Zusammengefasst für **Rotwild**: Höhe 1.80-2.00 m; Pfahlabstand 5 m, Geflecht 180/24/15 oder 200/22/15.

Lebensdauer von Holzpfofen

Das gängigste Pfofenmaterial ist Holz. Die Haltbarkeit der Zaunpfofen hängt stark von der Holzart bzw. der Holzbehandlung ab. Druckimprägnierte Holzpfofen aus Nadelholz (Klasse A) haben je nach Witterungsverhältnissen eine Lebensdauer von 6 bis 10 Jahren.

- Fichte: bis 5 Jahre
- Kiefer: 5-7 Jahre (druckimprägniert > 10 Jahre)
- Lärche: 12 Jahre
- Eiche: 8-12 Jahre
- Robinie (Akazie): > 20 Jahre, Hartholz mit sehr hohem Ölgehalt.

3 Modell

3.1 Zeitsystem

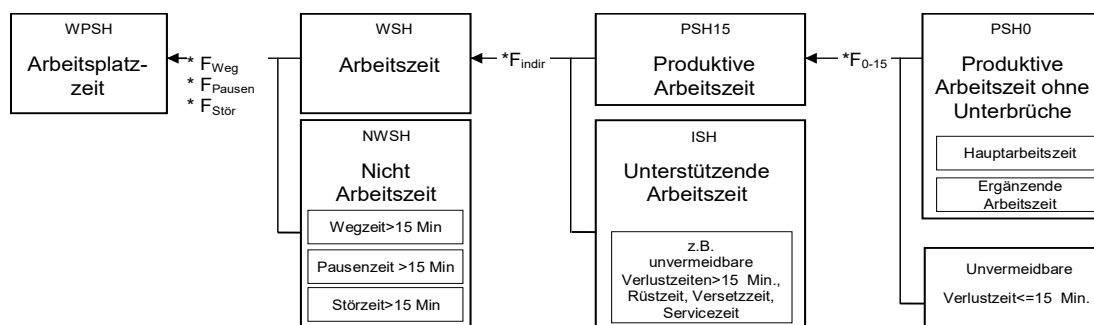


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 2 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 1). Für die Wildschutzmassnahmen sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen

Tabelle 2: Faktoren für indirekte Zeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Defaultwert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥ 1.0	[-]
F_{Pause}	Pausen >15 Min.		≥ 1.0	[-]
F_{Weg}	Wegzeiten >15 Min.		≥ 1.0	[-]
$F_{Stör}$	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.125$	1.125	≥ 1.0	[-]
WPPH	$Arbeitsplatzzeit = PMH_{15} \times F_{indir} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$			

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

3.3 Einzelschutz

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung der Zeitaufwände und Materialkosten beim Erstellen eines Einzelschutzes in Anlehnung an die Unterlagen des Kantonsforstamtes St. Gallen (Gmür 2020).

Tabelle 3: Zusammenstellung der Zeitaufwände und Materialkosten Einzelschütze (Gmür 2020). Die grau hinterlegten Werte werden im Modell als Defaultwerte verwendet.

		Wuchshülle	Drahtkorb leicht/ Kunststoffkorb	Chemisch
Baumartengruppe (keine Eingangsgrösse ins Modell)		Lbh/Ndh	Ndh/Lbh	Ndh
Schutzart		Verbiss/ Schälen/ Fegen	Verbiss/ Schälen	Verbiss
Schutzdauer in Jahren		10	7	1
Anzahl Kontrollen		10	2	0
Notwendigkeit der Entsorgung		Ja/Nein	Ja	Nein
Aufbau	Personal Zeit Aufbau [min/Einheit u.10 Jahre]	2	5	5
	Personal Zeit Astung [min/Einheit u.10 Jahre]	0	0	0
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0	0
	Hülle (Reh-/Rotwild) [CHF] Hüllentyp siehe Tab. 4/5	2.40/3.80	0	0
	Drahtgeflecht je nach Zaunhöhe (Reh-/Rotwild) [CHF/Drahtkorb] Kunststoffgeflecht [CHF/Korb]	0	2.50/4.50 6.80*	0
	Matte oder Netz [CHF]	0	0	0
	Wildverbiss-Schutzmittel [CHF]	0	0	0.20
	Akazienpfosten je nach Länge 150/200 [CHF]	0.85/1.95	0.85/1.95	0
	Kabelbinder [CHF]	0.03	0	0
	Querlatte [CHF]	0	0	0
Unterhalt/Kontrolle	Personal Zeit Unterhalt/Kontr. [min/Einheit und 10 Jahre]	8	2	0
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0	0

Abbau/Entsorgung	Personal Zeit Abbau/Entsorgung [min/Einheit und 10 Jahre]	3	3	
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0	0
	Entsorgungsgebühren [CHF]	0.035	0.2	0

* Höhe 120 cm, nur für Rehwild. Der Zeitaufwand für den Aufbau wird gleich angenommen wie für den Drahtkorb.

***Kursiv** geschriebene Werte gelten für **Rotwild**.*

Aus Literaturangaben (Göckel et al 2020) konnten folgende Richtzeiten abgeleitet werden: Stundenleistung von durchschnittlich 30 Stück/ha für Aufbauen an Pflanze, Stab einschlagen und befestigen sowie Gehzeit zur nächsten Pflanze. Zeitaufwand bzw. Kosten für den Transport der Wuchshüllen vom Fahrweg auf die Fläche sind bei der Kalkulation nicht berücksichtigt. Die Abbaukosten liegen über denen des Aufbaus, da der Zeitaufwand infolge der zwischenzeitlich gewachsenen Begleitvegetation auf der Fläche und der Größe der Pflanzen höher ist. Hinzu kommen die Entsorgungskosten. Sie werden beispielhaft mit 0.60 CHF/Wuchshülle angegeben. Sie setzen sich wie folgt zusammen: Die Transportkosten zur Deponie werden mit 0.57 CHF/Wuchshülle kalkuliert, ein durchschnittlicher Erfahrungswert, der in Abhängigkeit von der örtlichen Situation variieren kann. Darüber hinaus können Entsorgungsgebühren anfallen. Beispielsweise berechnet der Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald für die Entsorgung von 1 Tonne Polypropylen 192 € (Hein 2013). Unter der Annahme eines durchschnittlichen Wuchshüllengewichts von 150 Gramm ergibt sich umgerechnet eine Gebühr von 0.035 CHF pro Wuchshülle. Zu beachten ist gegebenenfalls die Erhebung von Mindestgebühren. In einigen Landkreisen wird dagegen auf die Erhebung von Entsorgungsgebühren verzichtet, da das Polypropylen einem Recycling zugeführt und vom Entsorgungsunternehmen kostenfrei übernommen wird.

Die Quellen aus Deutschland weisen viel niedrigere Zeitaufwände und Materialkosten für Wildschutzmassnahmen aus: Kalkulationen von Zeitaufwänden und Kosten mit Werten aus Deutschland ergeben z.B. Kosten von umgerechnet 5.10 CHF pro Einzelschutz mit Wuchshülle (Hein 2012). Kalkulationen mit Richtwerten aus der Schweiz weisen etwa sechs Mal höhere Werte aus. Die Bruttolohnkosten sind in der Schweiz aber nur knapp doppelt so hoch wie in Deutschland. Zudem bleiben teilweise die Aufwände für die Kontrollen unberücksichtigt. Die Kosten für die Kontrolle allein betragen in der Schweiz bereits rund 9.30 CHF/Wuchshülle. Kontrolle ist aber notwendig, denn wenn die Pfoften nicht tief genug eingeschlagen sind und nicht oft kontrolliert werden, ist mit hohen Ausfällen zu rechnen.

Inzwischen existiert in Europa eine fast unüberblickbare Vielfalt an Produkten mit sehr unterschiedlichen Kosten (Tabellen 2 und 3), einschliesslich der mit Folien bespannten Gittertypen oder der blossen Wuchsgitter. Bei der Auswahl von Wuchshüllentypen sollten die belüfteten den unbelüfteten Wuchshüllen vorgezogen werden, um optimale Wachstumsbedingungen im Inneren zu gewährleisten. Wuchshüllen sollten doppelwandig sein, um die zuweilen heiss werdenden äusseren Schutzwände von den empfindlichen Blättern fernzuhalten (Gefahr des Abwelkens). Der obere Rand von Wuchshüllen sollte nach aussen gebogen sein, damit sich die herauswachsenden Triebe sowie der junge Stamm bei Windbewegungen nicht abscheuern. In wenig belichteten Verhältnissen, z.B. unter Schirm, sind transparente Wuchshüllen oder offene Gitterhüllen sinnvoll (Hein 2013).

Tabelle 4: Kosten für verschiedene Wuchshüllentypen für den Schutz gegen **Rehwild** (Hein 2013).
Die Defaultwerte für das Modell sind grau hinterlegt.

Wuchshüllentyp	Höhe [cm]	Kosten [CHF]	
Tubex Ventex	90	2.20	
Tubex Ventex	120	2.40	
Tubex Ventex	150	3.00	
Plant Saver Wuchshülle "Microvent VarioWING"	90	1.20	
Plant Saver Wuchshülle "Microvent VarioWING"	120	1.60	
Plant Saver Wuchshülle "Microvent VarioWING"	150	1.90	
Tubex Ventex 12D	120	3.20	abbaubar
Forte Tube Makrovent	120	1.80	abbaubar
Forte Tube Makrovent	150	2.60	abbaubar

Tabelle 5: Kosten für verschiedene Wuchshüllentypen für den Schutz gegen **Rotwild** (Hein 2013).
Die Defaultwerte für das Modell sind grau unterlegt.

Wuchshüllentyp	Höhe [cm]	Kosten [CHF]	
Tubex Ventex	180	3.80	
Forte Tube Makrovent	180	3.50	abbaubar
Plant Saver Wuchshülle "Microvent VarioWING"	180	2.10	

Tabelle 6: Zusammenstellung der Zeitaufwände und Materialkosten beim Erstellen eines Einzelschutzes in Anlehnung an das Handbuch des Kantonsforstamtes St. Gallen (Gmür 2020).
Die Defaultwerte für das Modell sind grau hinterlegt.

		Drahtkorb massiv	Schälschutz mit Matte oder Netz
Baumartengruppe (keine Eingangsgrösse ins Modell)		Ndh/Lbh	Ndh/Lbh
Schutzart		Verbiss/ Schälen/Fegen	Schälen
Schutzdauer in Jahren		10	10
Anzahl Kontrollen		10	10
Entsorgung nötig?		Ja	Ja
Aufbau	Personal Zeit Aufbau [min/Einheit u.10 J]	44	7.1
	Personal Zeit Astung [min/Einheit u.10 J]	0	4.4
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0
	Drahtgeflecht je nach Höhe (Reh/Rotwild) [CHF/m]	2.50/5.60	--
	Wildverbisschutzmittel [CHF]	0	
	Matte oder Netz [CHF]	0	4
	Akazienstab je nach Länge 150/200 cm [CHF/Stk]	1.50/2.90	0
	Kabelbinder [CHF/Stk]	0	0
	Querlatte [CHF/Stk]	1.00	0
Unterhalt/Kontrolle	Personal Zeit Unterhalt/Kontrolle [min/Einheit und 10 Jahre]	53	8.9
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0
Abbau/Entsorgung	Personal Zeit Abbau/Entsorgung [min/Einheit und 10 Jahre]	9	2.7
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0

Kursiv geschriebene Werte gelten für **Rotwild**.

3.3.1 Zeitaufwand pro geschützte Pflanze

Für die Kalkulation der Einzelschutzmassnahmen (Wuchshüllen, Drahtkörbe und chemischer Schutz) sind Zeitaufwände für den Aufbau, den Unterhalt und ggfs. für die Entsorgung zu berücksichtigen:

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau} = (\text{Zeit_Aufbau} + \text{Zeit_Astung}) \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

$$\text{Zeitaufwand_Kontrolle_Unterhalt} = \text{Zeit_Unterhalt_Kontrolle} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

$$\text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeit_Abbau_Entsorgung} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

Falls die Wuchshülle biologisch abbaubar ist entfällt der Zeitaufwand für den Abbau. Drahtkörbe müssen abgebaut werden. Evtl. entfallen die Entsorgungsgebühren.

3.3.2 Kosten pro geschützte Pflanze

Die Kosten pro Stück setzen sich zusammen aus:

- Aufbaukosten bestehend aus
 - Personal- und Fahrkosten
 - Materialkosten (z.B. Wuchshüllen, Drahtkörbe, chemische Schutzmittel, Schälschutzmatten/-netze und Pfosten)
- Kontroll- und Unterhaltskosten: Personal- und Fahrkosten
- Abbau- und Entsorgungskosten: Personal- und Fahrkosten

3.3.2.1 Aufbaukosten

Kosten_Aufbau

$$= \text{Zeitaufwand_Aufbau} \times \text{Kostenansatz_Personal} \\ + \text{Kosten_Fahrzeug_Aufbau}$$

K₁₁

Falls Schutz mit **Wuchshülle**:

$$\text{Kosten_Material} = \text{Kosten_Wuchshülle} + \text{Kosten_Akazienpfahl} + 2 \times \text{Kosten_Kabelbinder}$$

K₁₂

Falls Schutz mit **leichtem Drahtkorb**:

$$\text{Kosten_Material} = \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 3 \times \text{Kosten_Akazienpfahl}$$

K₁₂

Falls Schutz mit Baumschutzgitter aus Kunststoff (**Kunststoffkorb**):

Kosten_Material

$$= \text{Kosten_Kunststoffkorb} + 2 \times \text{Kosten_Akazienpfahl} \\ + 2 \times \text{Kosten_Kabelbinder}$$

Falls Schutz **chemisch**:

$$\text{Kosten_Material} = 2.00 \text{ CHF/Pflanze}$$

K₁₂

Falls Schutz mit **massivem Drahtkorb**:

Kosten_Material

$$= \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 3 \times \text{Kosten_Akazienpfahl} + 3 \times \text{Kosten_Querlatte}$$

K₁₂

Falls **Schälschutz**:

$Kosten_Material = Kosten_Matte/Netz$

K_{12}

$K_1 = K_{11} + K_{12}$

Die Defaultwerte für das Modell sind in Tabelle 3 und 6 grau unterlegt.

3.3.2.2 Kosten Kontrolle und Unterhalt

$Kosten_Kontrolle_Unterhalt =$
 $Zeitaufwand_Kontrolle_Unterhalt \times Kostenansatz_Personal +$
 $Kosten_Fahrzeug_Kontrolle_Unterhalt$

K_2

3.3.2.3 Abbaukosten

Falls Schutzmaterial nicht biologisch abbaubar:

$Kosten_Abbau_Entsorgung =$
 $Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung \times Kostenansatz_Personal +$
 $Kosten_Fahrzeug_Abbau_Entsorgung$

K_3

Falls Schutzmaterial biologisch abbaubar:

$Kosten_Abbau_Entsorgung = 0$

3.3.2.4 Total Kosten

Die gesamten **Kosten pro Pflanze** addieren sich:

$K_{pro\ Pflanze} = K_1 + K_2 + K_3$

Alle zu schützenden Pflanzen verursachen Kosten von:

$K_{Total} = Anzahl\ Pflanzen \times K_{pro\ Pflanze}$

3.4 Flächenschutz mit Zaun

3.4.1 Zeitaufwand

- für den Aufbau
- für Kontrolle und Unterhalt
- für den Abbau und die Entsorgung

3.4.1.1 Zeitaufwand Aufbau

Falls Holzpfähle:

$$Zeitaufwand_Aufbau_{rehwildsicher} = \frac{Zeitaufwand_{rehwildsicher} \times F_{indir} \times F_{Weg+Pausen}}{60 \times 100}$$

$$Zeitaufwand_Aufbau_{rotwildsicher} = \frac{Zeitaufwand_{rotwildsicher} \times F_{indir} \times F_{Weg+Pausen}}{60 \times 100}$$

Falls Metallpfähle:

$$Zeitaufwand_Aufbau_{rehwildsicher} = \frac{Zeitaufwand_{rehwildsicher} \times F_{indir} \times F_{Weg+Pausen}}{60 \times 100}$$

$$Zeitaufwand_Aufbau_{rotwildsicher} = \frac{Zeitaufwand_{rotwildsicher} \times F_{indir} \times F_{Weg+Pausen}}{60 \times 100}$$

Die Defaultwerte sind in Tabelle 8 grau unterlegt.

Vergleich von Personalaufwänden

Tabelle 7: Vergleich der Angaben für Zeitaufwände für den Zaunaufbau von Nemestothy (2010) und Kantonsforstamt St. Gallen (Gmür 2020).

Art des Zaunes	Zeitaufwand für den Aufbau des Zaunes in Min/lfm (Nemestothy 2010)	Zeitaufwand für den Aufbau des Zaunes in Min/lfm (Gmür2020)
	Werte beinhalten Trassenfestlegung, Montage des Zaungeflechts und allfälliger Tore und Überstiege. Nicht enthalten ist die Beschaffung der Zaunmaterialien.	Werte für Aufbau des Zaunes wie linksstehend, ohne Beschaffung der Zaunmaterialien
Rehwildsicher , Pfähle aus Holz Abstand 4m, Geflecht: 150/11/15	6.7	10.0
Rehwildsicher , Pfähle aus Metall Abstand 4m, Geflecht: 150/11/15	5.2	7.8
Rotwildsicher , Pfähle aus Holz Abstand 5m, Geflecht: 200/17/15	13.5	25.0
Rotwildsicher , Pfähle aus Metall Abstand 5m, Geflecht: 200/17/15		19.4

Die Zeitaufwände in Tabelle 7 umfassen Wegzeiten und bezahlte Pausen. Sie werden deshalb mit unserem Standardfaktor 1.125 in reine Arbeitszeiten umgerechnet (siehe Tab. 8, Personalzeit Aufbau).

Tabelle 7 zeigt für die Schweiz erheblich höhere Zeitaufwände für vergleichbare Arbeiten. Die Ursachen dieser Differenzen können hier nicht geklärt werden. Für das Modell werden die Schweizer Werte (Gmür 2020) verwendet; die angegebenen Werte werden im Modell als Defaultwerte verwendet, können jedoch bei Bedarf verändert werden.

Tabelle 8: Zeitaufwand für den Aufbau, die jährliche Kontrolle und den Abbruch eines reh- und rotwild-sicheren Pfahlzaunes sowie Material- und Fahrkosten, weitgehend nach Gmür (2020).

		rehwildsicher Pfähle aus Holz Abstand 4m, Geflecht 150/11/15:	rehwildsicher Pfähle aus Metall Abstand 4m, Geflecht 150/11/15:	rotwildsicher Pfähle aus Holz Abstand 5m, Geflecht: 200/17/15	rotwildsicher Pfähle aus Metall Abstand 5m, Geflecht: 200/17/15
Aufbau	Personalzeit Aufbau [min/lfm u.10 J]	8.9	6.9	22.2	17.2
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0	0	
	<u>Knotengeflecht/lfm</u> 150/11/15: 150 cm hoch, 11 horizontale Drähte, 50 m-Rolle [CHF/lfm]	2.00	2.00		
	<u>Knotengeflecht/lfm</u> 200/17/15: 200 cm hoch, 17 horizontale Drähte, 50 m-Rolle [CHF/lfm]			5.60	5.60
	Kosten Akazienpfahl Länge 180/250 in [CHF/Stk.]	1.75	0	2.50	0
	Kosten Metallpfähle Z-Profil, Länge in cm 180/250 [CHF/Stk.]	0	5.80	0	7.80
	Kosten Spanndraht [CHF/lfm]	0.3	0.3	0.3	0.3
	Kosten Drahtspanner [CHF/lfm]	1.25	1.25	1.25	1.25
Unterhalt/ Kontrolle	Personalzeit Unterhalt/Kontrolle [min/lfm und 10 Jahre]	27	27	36	36
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0	0	0
Abbau/ Entsorgung	Personalzeit Abbau/Entsorgung [min/lfm und 10 Jahre]	5.5	5.5	5.5	5.5
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0	0	0
	Gebühren [CHF]	0	0	0	0

Die angegebenen Zeiten nach Kantonsforstamt St. Gallen (Gmür 2020) enthalten auch bezahlte Wegzeiten und Pausen. Der angegebene Zeitaufwand wurde deshalb jeweils um den von uns bereits im Produktivitätsmodell HeProMo verwendeten Faktor für bezahlte Wegzeiten und Pausen (1.125) reduziert. Später werden diese Zeiten wieder mit dem Faktor für Wegzeiten und Pausen multipliziert. Das wurde aus Gründen eines über alle Jungwald-pflege-Arbeiten einheitlichen Modellaufbaus so gemacht.

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau} = \text{Zeit_Aufbau} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

$$\text{Zeitaufwand_Unterhalt_Kontrolle} = \text{Zeit_Unterhalt_Kontrolle} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

$$\text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeit_Abbau_Entsorgung} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}/60$$

3.4.2 Kosten

Die Kosten pro Laufmeter Zaun setzen sich wie folgt zusammen:

- Personalkosten Aufbau, Materialkosten (Akazienpfahl, Knotengeflecht, Drahtspanner, Spanndraht) und Fahrkosten
- Personalkosten Kontrolle und Unterhalt sowie Fahrkosten
- Personalkosten Abbau und Entsorgung sowie Fahrkosten

3.4.2.1 Kosten Aufbau

Falls rehwildsicher:

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Aufbau} = & \\ & \text{Zeitaufwand_Aufbau} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Aufbau} + \\ & \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 1/4 \times \text{Kosten_Zaunpfähle} + \text{Kosten_Spanndraht} + \\ & \text{Kosten_Drahtspanner} \end{aligned}$$

Falls rotwildsicher:

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Aufbau} = & \\ & \text{Zeitaufwand_Aufbau} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Aufbau} + \\ & \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 1/5 \times \text{Kosten_Zaunpfähle} + \text{Kosten_Spanndraht} + \\ & \text{Kosten_Drahtspanner} \end{aligned}$$

Z₁

Die Defaultwerte für das Modell sind in Tabelle 8 grau hinterlegt.

Hinweis:

Die Kosten der Zaunpfähle werden durch 4 bzw. 5 geteilt, weil die Kosten pro Pfahl durch den Abstand der Pfähle im Zaun geteilt werden müssen (Kosten/lfm).

3.4.2.2 Kosten Kontrolle und Unterhalt

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Kontrolle_Unterhalt} = & \\ & \text{Zeitaufwand_Kontrolle_Unterhalt} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \\ & \text{Kosten_Fahrten_Kontrolle_Unterhalt} \end{aligned} \quad \mathbf{Z_2}$$

3.4.2.3 Abbaukosten

$$\begin{aligned} \text{Kosten_Abbau_Entsorgung} = & \\ & \text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \\ & \text{Kosten_Fahrten_Abbau_Entsorgung} \end{aligned}$$

Z₃

3.4.2.4 Total Kosten pro Laufmeter

Die gesamten Kosten addieren sich.

$$Z_{\text{pro Laufmeter}} = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z_{Total} = \text{Zaunlänge} \times Z_{pro\ Laufmeter}$$

3.5 Kostenvergleich zwischen Wuchshülle und Zaun

„In der Praxis stellt sich immer wieder die Frage, ob ein Zaun oder die Verwendung einer Wuchshülle die betriebswirtschaftlich günstigere Lösung darstellt um eine Kultur zu schützen. Neben dem Kostenrahmen, der die örtlichen Verhältnisse abbildet und der pro Betrieb einmal erfasst werden muss, wird eine Lösung für die einzelne Kulturfläche dargestellt. In der Folge ist die Berechnung der Wildschutzmassnahmen vor Ort für den Praktiker einfach zu handhaben“ (Hammer 2012). Zu erfassen sind lediglich die benötigte Zaunlänge für den Flächenschutz und die Anzahl der mit Einzelschutz zu schützenden Pflanzen. Je nachdem, ob der Schnittpunkt dieser beiden Variablen oberhalb oder unterhalb der Funktionsgeraden liegt, ist der Zaun beziehungsweise die Wuchshülle günstiger. Bei den praktischen Beispielen wurden durchschnittliche Kosten bei Verwendung der Wuchshülle Ventex von Tubex unterstellt (Hammer 2012).

Die beiden wichtigsten Eingabedaten für die Berechnung der Kosten für Wuchshülle und Zaun sind die folgenden Variablen:

1. Anzahl der zu schützenden Bäumchen auf der Kulturfläche
2. laufende Meter Zaun, um diese Fläche zu schützen.

Beide Zahlen können vom Praktiker meist leicht durch einfache Messmethoden oder Schätzung bestimmt werden. Anstelle der im Modell eingesetzten Werte (Defaultwerte) können eigene Kostenwerte eingesetzt werden.

Kosten_Einzelschutz

$$= \text{Anzahl_Pflanzen} \times \sum_{i=1}^3 W_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze}_{\text{Einzelschutz}} + \text{Pflanzkosten}_{\text{Einzelschutz}})$$

$$\text{Kosten_Zaun} = \text{Zaunlänge} \times \sum_{i=1}^6 Z_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Zaun} + \text{Pflanzkosten_Zaun})$$

Um herauszufinden, bei welcher Zaunlänge die Kosten gleich hoch sind wie die Kosten für den Einzelschutz, wird die Zaunlänge gesucht bei der die Kosten von Einzelschutz und Zaun gleich sind.

$$\text{Kosten}_{\text{Einzelschutz}} = \text{Kosten}_{\text{Zaun}}$$

$$\text{Zaunlänge} \times \sum_{i=1}^3 Z_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Zaun} + \text{Pflanzkosten_Zaun})$$

$$= \text{Anzahl_Pflanzen} \times \sum_{i=1}^3 K_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Einzelschutz} + \text{Pflanzkosten_Einzelschutz})$$

$$\text{Zaunlänge} = \frac{\text{Anzahl_Pflanzen} \times \sum_{i=1}^3 K_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Einzelschutz} + \text{Pflanzkosten_Einzelschutz}) - \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Zaun} + \text{Pflanzkosten_Zaun})}{\sum_{i=1}^3 Z_i}$$

K_i $i = 1 \dots 3$ Teilkosten pro Pflanze bei Einzelschutz

Z_i $i = 1..3$ Teilkosten pro Laufmeter **Zaun**

$i=1..3$ bedeutet, dass die Zeitaufwände für Aufbau, Kontrolle/Unterhalt und Abbau zu summieren sind.

Tabelle 9: Kostenbeispiel für den Vergleich von rehwildsicherem Zaun und Einzelschutz mit Wuchshüllen

Einzelschutz Wuchshülle (Kosten in CHF pro Pflanze Einzelschutz)								
Kosten Aufbau	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94
Kosten Kontrolle/Unterhalt	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
Kosten Abbau/Entsorgung	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94
Kosten der Pflanzung _{Einzelschutz}	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Kosten der Pflanze _{Einzelschutz}	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Zaun rehwildsicher (Kosten in CHF pro Laufmeter Zaun)								
Kosten Aufbau	15.67	15.67	15.67	15.67	15.67	15.67	15.67	15.67
Kosten Kontrolle/Unterhalt	35.44	35.44	35.44	35.44	35.44	35.44	35.44	35.44
Kosten Abbau/Entsorgung	6.42	6.42	6.42	6.42	6.42	6.42	6.42	6.42
Kosten der Pflanzung _{Zaun}	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Kosten der Pflanze _{Zaun}	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Anzahl Pflanzen	25	125	225	325	425	525	625	725
Zaunlänge	11	54	97	140	184	227	270	313

Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für den Kostenvergleich zwischen Zaun und Einzelschutzmassnahmen.

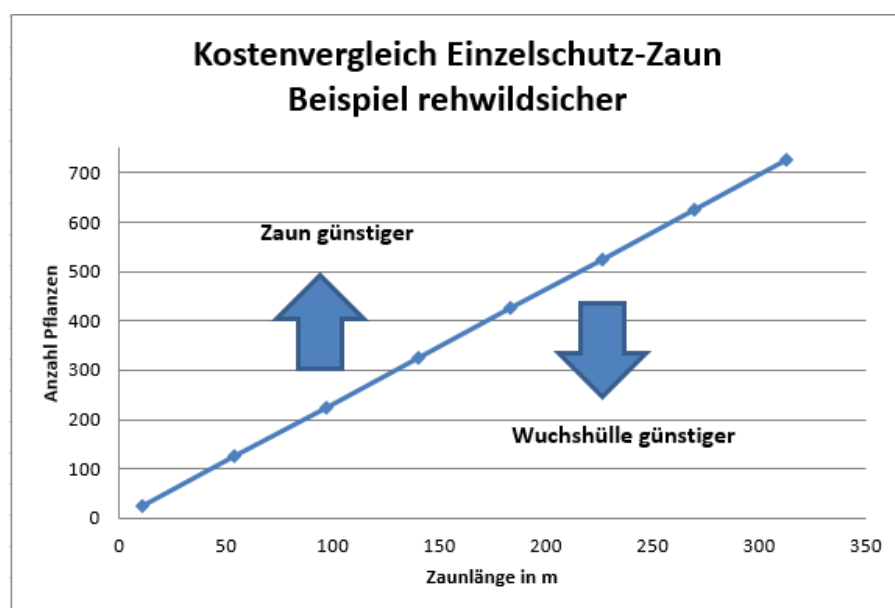


Abbildung 2: Vergleich von Einzelschutz und Zaun gegen den Verbiss durch Rehe. Verglichen werden die Kosten des Einzelschutzes mit Wuchshüllen und der Flächenschutz mit rehwildsicherem

Zaun. Pflanzenzahlen unterhalb der blauen Linie bedeuten, dass der Einzelschutz durch Wuchshüllen günstiger ist als ein rehwildsicherer Zaun.

„Bei dieser Kalkulation ist davon auszugehen, dass bei Einzelschutz mit Wuchshülle meist weniger und kleinere Pflanzen gesetzt werden können. Dies führt zu geringeren Kosten für die Pflanzenbeschaffung und für die Pflanzarbeit selbst. Von einer Kulturpflege kann in den ersten Jahren, ausser unter besonders schwierigen Verhältnissen (Adlerfarn, Ginster), meist abgesehen werden“ (Hammer 2013)
Um die geringere Mortalitätsrate in Wuchshüllen (ca. 10 %) zu berücksichtigen, wurden die Wuchshüllenkosten/Pflanze mit dem Faktor $C = 0,9$ multipliziert.

„Der Vorteil der Wuchshülle, dass die Pflanzfläche Äsungsfläche für das Wild bleibt und damit die Chancen für Naturverjüngung auf der übrigen Betriebsfläche bei gleichem Wildstand steigen, und die Tatsache, dass beim Ausmähen im Zaun zumindest von den Lehrlingen fast die Hälfte der Pflanzen im Zaun abgeschnitten werden sowie weitere Gesichtspunkte, sollten ebenso berücksichtigt werden“ (Hammer 2013).

4 Benutzerführung

4.1 Berechnung der Zeitaufwände für Einzel- und Flächenschutz

Tabelle 10: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells

Schutztyp	Einzelenschutz, Flächenschutz		
Wuchshülle	Typ abbaubar, rehwildsicher	Aufbau	Personalaufwand
			Wuchshülle
			Akazienstab
			Kabelbinder
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau/Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
	Typ nicht abbaubar, rehwildsicher	Aufbau	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
	Typ abbaubar, rotwildsicher	Aufbau	
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
	Typ nicht abbaubar, rotwildsicher	Aufbau	
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
Drahtkorb leicht/ Kunststoffkorb	Rehwildsicher (Draht- und Kunststoffkorb)	Aufbau	Personalaufwand
			Drahtgeflecht für Reh
			Akazienstab
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
	Rotwildsicher (nur Drahtkorb)	Aufbau	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau Entsorgung	
Drahtkorb massiv	rehwildsicher	Aufbau	Personalaufwand
			Drahtgeflecht für Reh
			Akazienstab
			Querlatten
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau/Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
	rotwildsicher	Aufbau	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
Chemischer Schutz		Aufbau	Schutzmittel
			Personalaufwand

Schälschutz		Aufbau	Personalaufwand
			Personalaufwand Astung
			Matte/Netz
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
Flächenschutz	Zaunlänge		
	rehwildsicher Holzpfehl	Aufbau	Personalaufwand
			Drahtgeflecht
			Akazienstab
			Spanndraht
			Drahtspanner
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau/Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
	rotwildsicher Holzpfehl	Aufbau	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
	rehwildsicher Eisenpfehl	Aufbau	Personalaufwand
			Drahtgeflecht
			Eisenpfehl
			Spanndraht
			Drahtspanner
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau/Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
			Entsorgungsgebühr
	rotwildsicher Eisenpfehl	Aufbau	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	

Die im IT-Tool einzusetzenden Defaultwerte sind in den Tabellen 3, 6 und 8 grau hinterlegt.

Defaultwert Kostenansatz Personal: 70 CHF/h

Korrekturfaktoren: $F_{\text{indir}} = 1.1$

$F_{\text{Weg}} * F_{\text{Pausen}} = 1.125$ (wie in den anderen JuWaPfl-Modellen)

4.2 Kostenvergleich zwischen Einzelschutz und Zaun

Die Kosten für die gewählte Einzelschutzmassnahme (Wuchshülle/Drahtkorb leicht bzw. massiv) werden den Kosten für den Zaunbau gegenübergestellt.

Vorgehen:

- Berechnungsgang für den gewählten Einzelschutztyp durchführen (für eine bestimmte Anzahl Pflanzen)

- Berechnungsgang für den Zaun durchführen
(für verschiedene Anzahl Pflanzen von 0 bis 1000 in 100er Schritten)
- Darstellung Grafik y-Achse: Anzahl Pflanzen von 0 bis 1000 in 100-er Schritten.
- Darstellung Grafik x-Achse: berechneter Wert gemäss Formel Z_1 .

Hinweis:

Die Anschaffungskosten für die Pflanzen sind beim Einzelschutz meist etwas höher als beim Flächenschutz mit Zaun.

5 Literatur

Björheden, R., Thompson, M.A. (1995): An International Nomenclature For Forest Work Study, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden.

Göckel, Ch., Kopp, Ch., Wicht-Lückge, G. (2012): Wuchshüllen und alternative Wildschutzmaßnahmen im Kostenvergleich. AFZ-DerWald 16: 28-29.

Hammer, A. (2012): Entscheidungshilfen zu: Zaun oder Einzelschutz mit Wuchshüllen? AFZ-DerWald 23: 19-21.

Hein, S. (2013): Wuchshüllen im Wald. Wald&Holz 5: 28-30.

Heinimann, HR. (1997), Skript Forstliche Verfahrenstechnik I, ETH Zürich.

Gmür, P. (Redaktion) (2020): Wildschadenverhütungsmassnahmen, Verbiss/Schälen/Fegen/Schlagen. Kantonsforstamt St. Gallen. Handbuch: 44 S.

Kenk, G. (2004), Wuchshüllen als Minigewächshäuser. FVA-Einblick. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Jg. 8, 2: 12-14.

Nemestothy, N. (2010): Welche Wildzaunarten es gibt, und worauf bei ihrer Errichtung geachtet werden sollte. BauernZeitung 19: 2.

Wald-Prinz.de (2020): Wildzaun bauen: Schutz von Forstkulturen mit Knotengeflecht und Co., gefunden am 20.11.2020 unter <http://www.wald-prinz.de/wildzaun-bauen-schutz-von-forstkulturen-mit-knotengeflecht-und-co/2592>

6 Beurteilung der Qualität des Modells Wildschutzmassnahmen

Kriterien	Bewertung			Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	2007-2020			
Technische Aktualität (Verfahren)	aktuell	<u>teilw.veraltet</u>	veraltet	
Umfang der Datengrundlage	gross	mittel	klein	
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	gut	mittel	schlecht	
Dokumentation der Auswertung	gut	mittel	schlecht	Keine statistische Auswertung der Daten
Anhand Grundlagendaten überprüft	ja	nein		
Detaillierungsgrad des Modells	hoch	mittel	gering	

Gesamturteil:



X

Beurteilung durch: R. Lemm/O.Thees/ F. Frutig

Datum 25. November 2020

Produktivitätsmodell

"Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1"

(Z-Baum-Durchforstung inkl. Kronenschnitt)

Grundlagen



Peter Ammann

Im Auftrag für:

FE Waldressourcen und Waldmanagement

Gruppe „Nachhaltige Forstwirtschaft“

Eidg. Forschungsanstalt WSL

26.02.2020

Das Produktivitätsmodell „Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1“ ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt wurden und unter dem Namen "Jungwaldpflege JuWaPfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>). Das Modell „Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1“ wurde im Jahr 2019 erstellt.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	P. Ammann	23.01.2019	Entwurf
1.0	F. Frutig	26.02.2020	Test und redaktionelle Bearbeitung

Inhalt

1	Grundlagen	3
1.1	Entstehung und Verwendung.....	3
1.2	Beurteilung und Besonderheiten	3
2	Prozessbeschreibung.....	4
2.1	Verwendete Methoden	4
2.2	Definitionsbereich und Abgrenzungen.....	4
2.3	Arbeitsprozess	5
3	Modell	5
3.1	Zeitsystem	5
3.2	Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen- und Wegzeiten.....	6
3.3	Produktivitätsmodell	6
3.3.1	Zeitaufwand in Abhängigkeit von der Anzahl Z-Bäume (Grundfunktion)	6
3.3.2	Eingriffsstärke pro Z-Baum (KF1).....	7
3.3.3	Zeitaufwand für das Bündeln (KF2)	8
3.3.4	Hangneigung (KF3)	8
3.3.5	Belaubung (KF4)	9
3.3.6	Verunkrautung (KF5)	9
3.3.7	Rückegassen (KF6)	10
3.3.8	Zersägen des Aushiebs (KF7)	10
3.3.9	Lufttemperatur (KF8).....	11
3.3.10	Kronenschnitte (KF9)	11
3.3.11	Vollständiges Modell mit allen Korrekturfaktoren.....	13
3.3.12	Maschinenkosten	13
3.3.13	Gerätekosten für Kronenschnitte.....	14
3.3.14	Gesamtkosten der Jungwaldpflege pro Hektare (Systemkosten)	15
4	Benutzerführung.....	16
5	Literatur.....	17

1 Grundlagen

1.1 Entstehung und Verwendung

Grundlagen des Produktivitätsmodells „Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz 1“ sind Abrechnungen von Jungwaldpflegeaufträgen (ausgeführt von P. Ammann) sowie Dokumentationen zu verschiedenen waldbaulich-ertragskundlichen Beobachtungsflächen des Kantons Aargau, der Fachstelle Waldbau (BZW Lyss) sowie der Fachstelle Gebirgswaldpflege (BZW Maienfeld). Zum Kronenschnitt wurden einfache Zeitstudien ausgeführt (P. Ammann).

1.2 Beurteilung und Besonderheiten

Die Jungwaldpflege hat sich gegenüber den Ideen von Schädelin (1934) und Leibundgut (1966) stark gewandelt. Damals wurde eine möglichst hohe Anzahl von Auslesebäumen in allen Entwicklungsstufen angestrebt. Um alle Möglichkeiten offen zu halten und auf „Umsetzungen“ der einzelnen Bäume zu reagieren, wurden die Auslesebäume bei jedem Eingriff bewusst neu ausgewählt. Dies führte zu sehr hohen Aufwänden beim Bändeln (Markieren) und bei der Ausführung der Jungwaldpflege. Die Bedeutung der Vitalität und der baumartenspezifischen Reaktionsfähigkeit war zu dieser Zeit noch ungenügend bekannt, was oft zu Fehleinschätzungen führte (Ammann 2013). Die hohe Anzahl Z-Bäume führte zu Zielkonflikten bzw. ungenügender Freistellung der Bäume, die Konzepte enthielten Leerläufe, indem bereits mehrmals geförderte Auslesebäume entnommen werden mussten. Hintergrund war – zumindest bis in die 1980er Jahre – ein Holzmarkt, welcher bereits schwache Sortimenten bei guter Schaftqualität ansprechend bezahlte. Dies hat sich seither grundlegend geändert.

1975 kam mit der Z-Baum-Durchforstung (Abetz 1975) eine grundsätzliche Neuerung, indem sich die Pflege auf Z-Bäume in baumartenspezifischen Endabständen fokussiert. Zu beachten ist die bewusste Begriffswahl des Z-Baums (Endabstand) gegenüber demjenigen des Auslesebaums (ohne Abstände). Mit der biologischen Rationalisierung (Ammann 1997, 1999, 2004, 2005, 2013, 2014) wurden die Möglichkeiten ausgelotet, baumarten- und zielspezifisch auf Eingriffe solange zu verzichten, wie sich Bestände zielgemäss entwickeln. Dadurch wird die Erziehung mittels Bestandesdichte optimal genutzt und es erfolgt eine natürliche Auslese nach Vitalität als wichtige Voraussetzung für den späteren Durchmesserzuwachs. Für konkurrenzstarke Hauptbaumarten wie Fichte, Tanne, Buche, Bergahorn, Esche, Bergulme und Linde erfolgen Eingriffe oft erst im Stangenholz, während konkurrenzschwache Lichtbaumarten wie Eiche, Kirsche, Nussbaum, Lärche oder Föhre wesentlich frühere und stärkere Eingriffe benötigen. Je nach Bestand und Bestockungsziel lassen sich die beiden Behandlungstypen auch auf der Fläche kombinieren. Diese Konzepte sind in den Checkkarten der Fachstelle Waldbau für Praktiker anschaulich dargestellt und in drei Landessprachen verfügbar (Ammann 2014). Sie wurden in unzähligen Kursen in der ganzen Schweiz vermittelt und sind Teil der Ausbildung an den Försterschulen und den forstlichen Hochschulen; teilweise werden sie auch in der Forstwartausbildung verwendet. In Deutschland wurde ein sehr ähnliches Konzept entwickelt, welches heute eine breite Anwendung findet: die QD-Strategie (Wilhelm und Rieger 2013).

Gleichzeitig hat ein Wandel stattgefunden von gepflanzten, reinen Beständen, hin zu vielfältigen, artenreichen und komplexen Beständen, meist aus Naturverjüngung. Dieser Prozess kann allgemein mit dem Begriff „naturnaher Waldbau“ umschrieben werden. Der gestaffelte Eingriffsbeginn nach Baumarten, aber auch die Kombination von Wertholz-Zielen mit Massenproduktion (z.B. Schütz 1996) oder Naturschutzzielen innerhalb von Beständen, führen zu Eingriffen mit einer variablen Anzahl Z-Bäumen. Dasselbe geschieht in Dauerwaldbetrieben, wo sich Eingriffe auf wenige Z-Bäume pro Hektare („Nachrücker“) fokussieren.

Im Zusammenhang mit den veränderten Zielen und Methoden der Jungwaldpflege steht auch die zunehmende Bedeutung des Kronenschnittes: Anstatt über eine hohe Auslesebasis die gewünschte Qualität zu erreichen, wird an den vorhandenen Individuen der gewünschten Baumarten und hoher Vitalität gezielt eingegriffen um die minimal notwendige Qualität zu erreichen (Einzelbaumerziehung). Dabei handelt es sich um Korrekturschnitte für die Schaftachse (Zwiesel, Steiläste), aber auch um die Entfernung von Starkästen, bevor diese zu dick werden. Kronenschnitte kommen oft zur Anwendung bei

Kirsche und Nussbaum-Arten, aber auch bei Eichen. Ausnahmsweise können auch weitere Baumarten wie z.B. Bergahorne behandelt werden, wenn es sich z.B. um den einzigen valablen, vitalen Wertträger handelt (z.B. in einem Eschen-dominierten Bestand). Der aktuelle Kenntnisstand über Ziel, Anwendungsbereich und Ausführung von Kronenschnitten findet sich im „Leitfaden Kronenschnitt und Wertastung“ (Ammann 2018).

2 Prozessbeschreibung

2.1 Verwendete Methoden

Für sämtliche Jungwaldpflegearbeiten in den Entwicklungsstufen Dickung und Stangenholz 1 wird in den Modellen von der Z-Baum-Methode ausgegangen: Bäume des Zielbestandes mit den gewünschten Eigenschaften nach Baumart, Vitalität und Qualität werden im Endabstand (oder Teilkollektiv in grösseren Abständen) ausgewählt und soweit nötig von ihren Konkurrenten befreit. Im Füllbestand (zwischen den Z-Bäumen) wird nicht eingegriffen, es erfolgt auch keine negative Auslese. Turnus und Eingriffsstärke sind hauptsächlich von der Baumart abhängig, dabei spielen aber auch lokale Erfahrung und die Berücksichtigung von Risiken eine Rolle.

Primäre Eingangsgrösse für das Produktivitätsmodell ist die Anzahl Z-Bäume pro Hektare, welche sehr variabel sein kann (z.B. Ersteingriff im schwachen Stangenholz für 20 Z-Bäume pro Hektare, beispielsweise Lärchen; weitere Z-Bäume wie beispielsweise Buchen kommen erst bei späteren Eingriffen dazu). Ausgeführt wird die Jungwaldpflege in Dickung und Stangenholz üblicherweise mit der Motorsäge. Gertel oder Langgertel sind heute weniger gebräuchlich. Sobald etwas dickere Konkurrenten anfallen, was in den strukturierten, kleinflächigen Schweizer Beständen oft der Fall ist, ist die Motorsäge klar im Vorteil. Selbstverständlich können auch Akku-Elektrosägen verwendet werden.

Kronenschnitte werden nur in der Dickung ausgeführt, da es darum geht, die untersten 4 bis 6 (ausnahmsweise auch mehr) Meter der Schaftachse positiv zu beeinflussen. Hier kommen bis 2.5m Höhe Handscheren oder Handsägen zum Einsatz. Handsägen sind zu favorisieren, weil damit auch grössere Astdurchmesser bewältigt werden können, während bei Handscheren der Astdurchmesser limitiert ist. Weiter oben werden Leitern eingesetzt, die Bäume können auch erklettert werden (Baum als Steighilfe). Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Stangensägen oder Stangenscheren.

Zielgrössen sind der Zeitaufwand pro Hektare sowie die Kosten pro Hektare, bestehend aus Personal- und Maschinenkosten (Motorsäge plus Ausrüstung für Kronenschnitte).

Jungwaldpflege sollte aus Sicherheitsgründen nicht in Alleinarbeit ausgeführt werden. Mindestens ein 2er-Team ist erforderlich. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität.

2.2 Definitionsbereich und Abgrenzungen

Abgrenzung bzw. Definitionsbereich der Modelle: Die vorliegenden Produktivitätsmodelle beziehen sich auf die Entwicklungsstufen Dickung (ab h_{dom} 1.30 m bis d_{dom} 10 cm) und schwaches Stangenholz (d_{dom} 10-20 cm, auch Stangenholz 1 genannt). Bei der Jungwaldpflege wird das Holz im Bestand liegen gelassen oder ev. durch Selbstwerber aufgerüstet, was kostenneutral ist bzw. sogar zusätzliche Einnahmen generiert, welche nicht Teil der Produktivitätsmodelle sind.

Bis zum Erreichen der Dickung, also in der Entwicklungsstufe Jungwuchs, gibt es entweder keine Eingriffe (bei Naturverjüngungen), oder es wird eine Kulturpflege durch Austrichern der gesetzten Pflanzen ausgeführt (bei Pflanzungen immer, bei Naturverjüngungen ausnahmsweise). Das Austrichern ist Teil des vorliegenden Produktivitätsmodells.

Oberhalb des Bereichs der vorliegenden Produktivitätsmodelle liegen Eingriffe im starken Stangenholz (d_{dom} 20-30 cm). Hier wird üblicherweise bereits Holz geerntet und vielfach vollmechanisiert eingegriffen. In Gebirgswäldern erfolgen Eingriffe aus Kostengründen auch in dieser Entwicklungsstufe teilweise noch ohne Holzernte, d.h. mit Liegenlassen des Holzes. Dies führt im Falle der Fichte oft zu hohen Aufwänden aus Gründen des Forstschutzes (Entrinden mit Schälseisen oder Eder/Biber, Schürfen der

Rinde mit der Motorsäge, Zersägen). Eingriffe dieser Art im starken Stangenholz oder sogar Baumholz werden durch das vorliegende Produktivitätsmodell nicht abgedeckt.

2.3 Arbeitsprozess

Der Prozess umfasst folgende Teilarbeiten:

- Bestimmen und Bündeln der Z-Bäume (bei Ersteingriffen notwendig, später fakultativ).
- Ausführung der Jungwaldpflege durch Beurteilung der Konkurrenzsituation jedes Z-Baums und Entfernen der Konkurrenten soweit baumartenspezifisch notwendig.
- Ausführung von Kronenschnitten in der Dickungsstufe soweit notwendig

Das Bündeln der Z-Bäume ist ein Zusatzaufwand, welcher auf ein Minimum begrenzt werden sollte. Das Bündeln ist beim Ersteingriff immer notwendig. Im Idealfall sind die Z-Bäume danach dauerhaft markiert, wofür verschiedene Möglichkeiten bestehen:

- Hohe Stöcke der Konkurrenten
- Markierung mit Farbtupfern (Markierspray)
- Markierung mit plastifizierten Bändern

Die permanente Markierung vermindert nicht nur den Aufwand, sondern vermeidet auch Leerläufe (durch das unbewusste Wechseln von Z-Bäumen) und erhöht die Zielerreichung. Wichtige Voraussetzung für den langfristigen Erfolg ist eine sorgfältige Z-Baum-Auswahl unter Berücksichtigung der Vitalität und der baumartenspezifischen Anforderungen.

Auch wenn das vorliegende Produktivitätsmodell für Z-Baum-Durchforstungen im Endabstand mit maximal 200 (Fichte/Tanne) bzw. maximal 50-120 (Laubholz) Z-Bäumen pro Hektare konzipiert wurde, kann es auch Eingriffe „im Halabendabstand“ (z.B. 800 Fichten/ha) oder sogar flächige Eingriffe (bis 2000 Ausleseebäume/ha bzw. systematische Erdünnerung) abdecken, indem die Anzahl Z-Bäume entsprechend hoch gewählt wird. Im Vergleich mit der Literatur (Forstkalender 2018, die Originalliteratur stammt aus den Jahren 1960 bis 1993) ergeben sich plausible Aufwände.

3 Modell

3.1 Zeitsystem

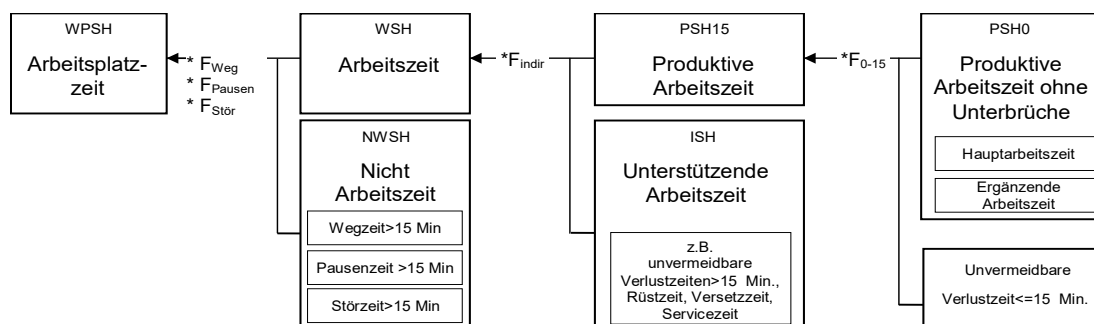


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

Die in Abbildung 1 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Motorsäge, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tab. 1). Für die Jungwaldpflege sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH15 wichtig.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

3.2 Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen- und Wegzeiten

Tabelle 2: Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

Abkürzung	Definition	Default-wert	Def. bereich	Einheit
F_{indir}	Indirekte Arbeitszeiten ¹⁾	1.1	≥1.0	[-]
F_{pause}	Bezahlte Pausen		≥1.0	[-]
F_{Weg}	Bezahlte Wegzeiten zur Arbeitsfläche und zurück Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ Annahme: von 510 Min. Arbeitszeit/Tag sind 60 Min. bezahlte Wegzeiten und Pausen. Die Wegzeiten innerhalb der Arbeitsfläche (von Baum zu Baum) sind bereits in der Grundzeit enthalten.	1.133	≥1.0	[-]

¹⁾ Erfahrungswert aus den Datenerhebungen der WSL für das Produktivitätsmodell HeProMo

3.3 Produktivitätsmodell

3.3.1 Zeitaufwand in Abhängigkeit von der Anzahl Z-Bäume (Grundfunktion)

Für die Erstellung und Kalibrierung des Modells standen die Daten von 9 Eingriffen in Dickungen und 27 Eingriffen in schwachen Stangenhölzern zur Verfügung. Für diese total 36 Eingriffe waren folgende Parameter bekannt: Fläche, Zeitaufwand, Treibstoffverbrauch, Anzahl Konkurrenten, Hangneigung, Lufttemperatur, Art der Ausführung (Zersägen), Jahreszeit (belaubt/unbelaubt), Notwendigkeit des Bündelns, Vorhandensein von Rückegassen sowie erschwerende Verunkrautungen. Der Zeitaufwand für die Wegzeiten zwischen den Bäumen ist im Grundaufwand enthalten.

Als Haupteinflussgrösse für den Zeitaufwand der Jungwaldpflege wurde die Anzahl Z-Bäume pro Hektare verwendet. Durch Division bzw. Subtraktion der genannten weiteren Einflussfaktoren (vgl. Kapitel 3.3.2 bis 3.3.9) ergab sich ein Grundzusammenhang zwischen Anzahl Z-Bäumen und Zeitaufwand (Abbildung 2). Dieses Vorgehen der Eliminierung weiterer Einflussfaktoren entspricht sozusagen einer „Standardisierung“ aller Bestände auf den „Normalfall“ (z.B. Zeitaufwand am Hang 9 Stunden pro Hektare, korrigiert mit Faktor 1.5 für die entsprechende Hangneigungsklasse, ergibt im flachen Gelände 6 Stunden/ha etc.). Um das Modell zu optimieren, wurden die Korrekturfaktoren zuerst gutachtlich abgeschätzt und danach in einem iterativen Prozess variiert. Die erzielten Bestimmtheitsmasse zeigen auf, wie gut die Modelle den Zeitaufwand schätzen konnten.

Es zeigte sich, dass eine höhere Korrelation erreicht wird, wenn die Eingriffe in den Entwicklungsstufen Dickung und Stangenholz 1 separat modelliert werden. ($R^2=0.8183$ für beide Entwicklungsstufen, $R^2=0.8503$ für Stangenholz 1, $R^2=0.9090$ für Dickung; vgl. Abbildung 2.) Dass der Zeitaufwand im Stangenholz 1 aufgrund der höheren Baumdurchmesser höher ist, ist plausibel.

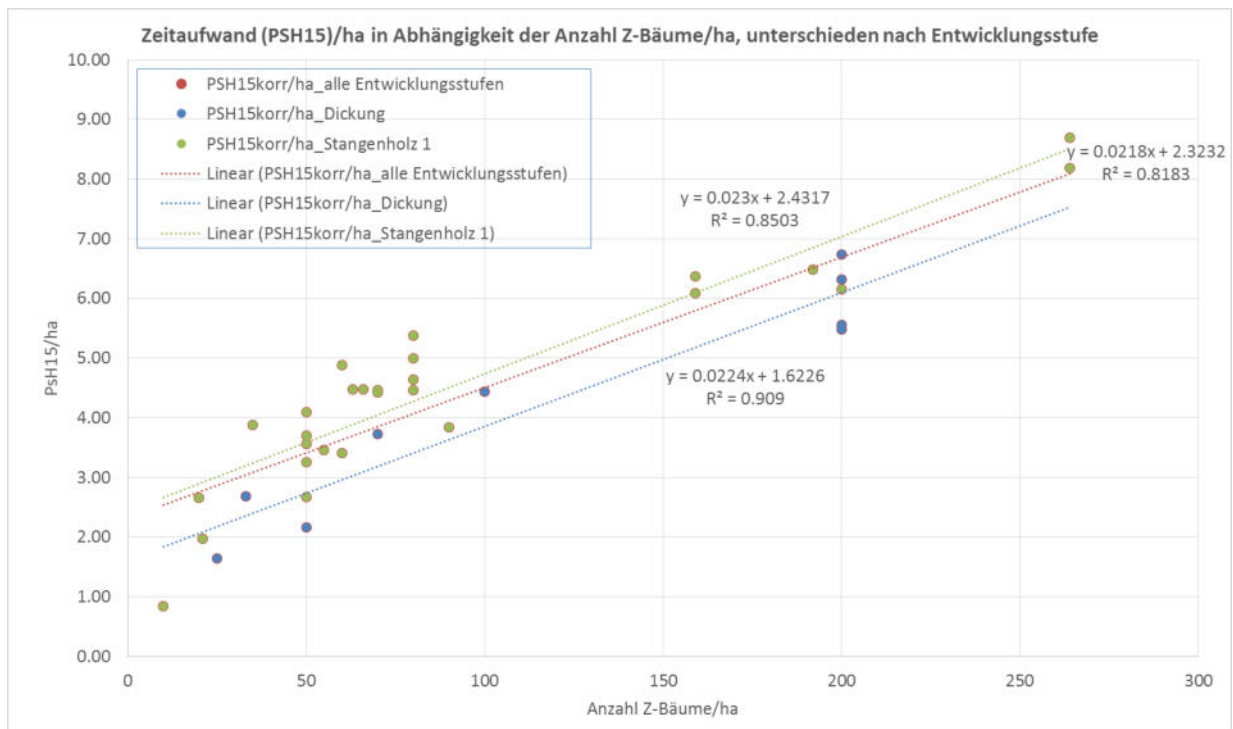


Abbildung 2: Zeitaufwand pro Hektare in Abhängigkeit von der Anzahl Z-Bäume (Zeitstudien von P. Ammann)

Abbildung 2 zeigt auch die Variation der Anzahl Z-Bäume: Diese bewegte sich im Bereich zwischen 10 und 200 Z-Bäumen pro Hektare (ausnahmsweise auch über 200/ha). Am häufigsten waren Eingriffe im Bereich von 50 bis 80 Z-Bäume/ha, aber auch Eingriffe mit weniger als 50/ha waren nicht selten.

Aus der in Abbildung 2 dargestellten Beziehung ergibt sich die Grundfunktion für den Zeitaufwand (PSH15) in Abhängigkeit von der Anzahl Z-Bäume pro Hektare für Eingriffe in Dickungen und im Stangenholz 1:

$$PSH15_{Dickung} = 0.0224 \times Anzahl_{Z-Bäume} + 1.6226$$

$$PSH15_{Stangenholz1} = 0.0230 \times Anzahl_{Z-Bäume} + 2.4317$$

Alle weiteren Einflussgrößen werden als Korrekturfaktoren ins Modell integriert. Diese werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

3.3.2 Eingriffsstärke pro Z-Baum (KF1)

Je nach Baumarten der Z-Bäume und Situation (Bestandesdichte, Eingriffsturnus) variiert die mittlere Anzahl Konkurrenten pro Z-Baum. Mehr Konkurrenten ergeben mehr Aufwand. Der Zusammenhang ist nicht proportional zum Gesamt-Zeitaufwand, weil ja ein wesentlicher Teil des Aufwandes auf das Begehen des Bestandes entfällt. Ein weiterer Effekt ist, dass bei vielen zu entfernenden Konkurrenten mehr Platz entsteht, was das Fällen einfacher macht bzw. weniger Zersägen/Schrägschnitte erfordert. Folgende Formel ergab die beste Korrelation (für das Gesamtmodell mit allen Einfluss- bzw. Korrekturfaktoren):

$$Eingriffsstärke_{pro\ Z-Baum} = 0.9 + \left(\frac{Anzahl_{Konkurrenten\ pro\ Z-Baum}}{20} \right) = KF1$$

Für 2 Konkurrenten pro Z-Baum nimmt KF1 einen Wert von 1.0 an. Bei sehr starken Eingriffen, z.B. mit 10 Konkurrenten, errechnet sich ein Wert von 1.4, d.h. der Aufwand ist 40% höher als bei 2 Konkurrenten.

Für die 36 vorhandenen Eingriffe variierte die effektiv ausgeführte Eingriffsstärke zwischen 1.5 und 15 Konkurrenten pro Z-Baum, die höchste Eingriffsstärke wurde in einem Bestand mit Walnuss-Z-Bäumen festgestellt.

3.3.3 Zeitaufwand für das Bündeln (KF2)

In vielen Fällen von Zweiteingriffen entfällt das Bündeln. KF2 ist kein Korrekturfaktor sondern ein Zuschlag (additiv), der Wert beträgt „0“, falls nicht gebündelt werden muss:

Tabelle 3: Berücksichtigung des Aufwandes für das Bündeln

Bündeln	KF2
nein	0
ja	Wert gemäss Formel für KF2

Für das Bündeln wurde ein linearer Verlauf des Aufwandes mit Steigung 0.5 und Konstante 30 angenommen (Abbildung 3). Damit wird die Gehzeit von Z-Baum zu Z-Baum mit berücksichtigt. Je mehr Z-Bäume, desto geringer die Gehzeit zwischen den Bäumen. Selbst wenn letztlich nur ein einziger Z-Baum pro Hektare gewählt würde, errechnet sich ein Aufwand von 30.5 Minuten, da ja trotzdem die gesamte Hektare begangen und alle Bäume angeschaut werden müssen.

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Bündeln}} [\text{Std.}] = \frac{(0.5 \times \text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume}}) + 30}{60} = \text{KF2}$$

Dabei handelt es sich um einen „Grundaufwand“ unter standardisierten, optimalen Verhältnissen (hier umgerechnet in Stunden pro Hektare). Der Zeitaufwand für das Bündeln wird im Verlauf der Berechnung mit diversen weiteren Korrekturfaktoren multipliziert (vgl. Kapitel 3.3.11).

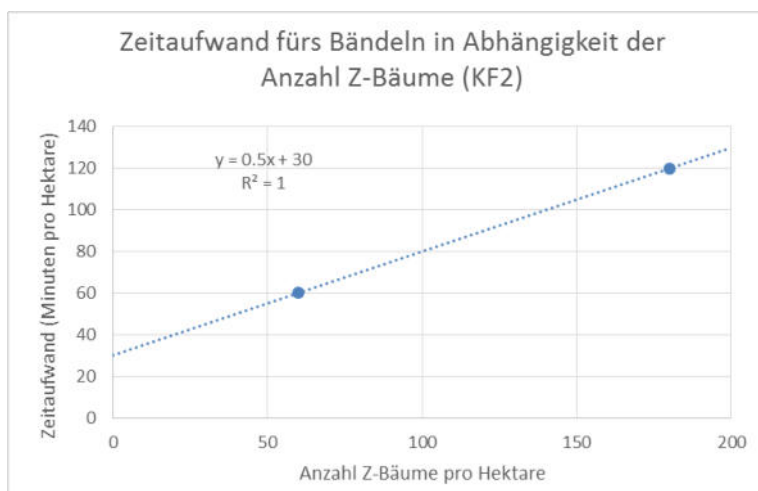


Abbildung 3: Zeitaufwand für das Bündeln in Abhängigkeit von der Anzahl Z-Bäume pro Hektare.

3.3.4 Hangneigung (KF3)

Mit zunehmender Hangneigung erhöht sich der Zeitaufwand. Dies gilt sowohl für das Bündeln, als auch für das Eliminieren der Konkurrenten.

Tabelle 4: Korrekturfaktoren für die Hangneigung

Hangneigung	KF3
0-24%	1.00
25-44%	1.10
45-64%	1.25
65-84%	1.50
>=85%	2.00

Gemäss dem vorhandenen Datensatz mit Eingriffen von der Ebene (0%) bis zu felsdurchsetzten Steilhängen mit Absturzgefahr (100%) ist der Zusammenhang zwischen Hangneigung und Zeitaufwand nicht linear, sondern der Zeitaufwand erhöht sich überproportional mit zunehmender Hangneigung.

Mit dem Korrekturfaktor KF3 wird berücksichtigt, dass alle Arbeitsschritte am Hang entsprechend aufwendiger werden.

3.3.5 Belaubung (KF4)

Pflegeeingriffe im unbelaubten Zustand sind spürbar effizienter aufgrund der besseren Übersichtlichkeit. Z-Bäume können schneller bestimmt oder wiedergefunden werden. In der jüngeren, stammzahlreichen und dichteren Entwicklungsstufe «Dickung» ist dieser Effekt noch etwas grösser als im Stangenholz.

Tabelle 5: Korrekturfaktoren für den belaubten Zustand in Dickung und Stangenholz

Belaubung	KF4 für Dickung	KF4 für Stangenholz 1
Unbelaubt (Winterzustand)	1.0	1.0
Belaubt (oder sehr dichte Nadelholzbestände)	1.3	1.2

3.3.6 Verunkrautung (KF5)

Eine Verunkrautung durch Brombeeren, Adlerfarn, Nielen, Brennnesseln oder ähnliches erschwert die Begehrbarkeit und Übersichtlichkeit und führt damit zu höheren Zeitaufwendungen. Dies wird mit dem Korrekturfaktor 5 berücksichtigt.

Tabelle 6: Korrekturfaktoren für die Verunkrautung in Dickung und Stangenholz

Verunkrautung	KF5 Dickung	KF5 Stangenholz 1
keine	1.0	1.0
mittel	1.1	1.1
stark	1.2	1.2
extrem stark	1.4	

Eine extrem starke Verunkrautung kam im Datensatz beispielsweise bei der Dickungspflege in einer 10-jährigen Eichen-Trupppflanzung vor (Pflanzung vor 8 Jahren). Zwischen den Trupps hatte sich kaum Naturverjüngung etabliert, die Brombeeren konnten sich 8 Jahre lang ungehindert entwickeln und bildeten inzwischen einen rund 2m hohen Teppich, welcher fast nicht zu begehen war. Solche Situationen sind seltene Ausnahmen. Es wird davon ausgegangen, dass Bestände ab der Entwicklungsstufe Stangenholz genügend geschlossen sind, so dass extreme Situationen nicht mehr auftreten (Eingabe „extrem stark“ hier nicht möglich).

Mit dem Korrekturfaktor KF5 kann auch ein allfälliger Mehraufwand für Nielenbekämpfung abgebildet werden.

3.3.7 Rückegassen (KF6)

Das Vorhandensein von Rückegassen ist ein wichtiger Einflussfaktor und senkt den Aufwand der Jungwaldpflege gleich in mehrfacher Hinsicht:

- Reduktion der Pflegefläche.
Beispiel: Bei einem Rückegassenabstand von 30 m wird die Pflegefläche um 20% reduziert, falls von einer Rückegassenbreite von 4 m ausgegangen wird und einem beidseitigen Randstreifen von 1 m, auf welchem möglichst keine Z-Bäume gefördert werden sollten.
- Verbesserung der Übersichtlichkeit.
Grosse Flächen werden durch die Rückegassen in überschaubare Einheiten unterteilt. Dies ist speziell in flachem Gelände ein wichtiger Effekt (in Hanglagen kann die Höhenlinie zur Orientierung dienen), speziell bei den heutigen Pflegekonzepten mit punktuellen Z-Baum-Eingriffen und einem unbehandelten Füllbestand dazwischen, wo man nicht automatisch sieht, wo man bereits war (früher, bei flächigen Erdünnerungen war dies kein Thema).

Das Vorhandensein von Rückegassen wird als Normalfall angenommen (best practice, KF6=1.0). Rückegassen sollten permanent vorhanden bzw. ihre Linienführung bekannt sein. Falls dies noch nicht so ist, sind sie **vor** einem Pflegeeingriff zu planen und im Gelände zu markieren. Bei fehlenden Rückegassen erhöht sich der Aufwand um den Faktor 1.3.

Tabelle 7: Korrekturfaktor für das Fehlen von Rückegassen

Rückegassen vorhanden	KF6
ja	1.0
nein	1.3

Im Seilkrangelände, wo natürlich Rückegassen fehlen, besteht allenfalls die Möglichkeit, durch Pflegegassen die Übersichtlichkeit zu verbessern, was zu entsprechenden Mehrkosten führt. Dieser Fall wird mit dem vorliegenden Modell nicht abgedeckt.

3.3.8 Zersägen des Aushiebs (KF7)

Eine wesentliche Rolle für den Aufwand spielt auch die Art und Weise, wie die Bäume gefällt und zersägt werden. Als Normalfall werden hohe Stöcke (Arbeitshöhe) angenommen. Das Belassen von hohen Stöcken ist aus verschiedenen Gründen eine wichtige Einflussgrösse auf die Kosten:

- kostenlose Markierung der Z-Bäume, dadurch entfällt der Aufwand für das Bündeln bei den Folgeeingriffen
- weniger Aufwand, weil der zusätzliche Schnitt für das bodenebene Absägen entfällt
- bessere Ergonomie bzw. geringeres Ermüden, dadurch höhere Arbeitsleistung
- geringere Verunreinigung der Motorsägenkette durch Steine, Sand oder Moos, dadurch höhere Leistung und weniger Zeitverlust durch Feilen der Kette.

Die Bäume werden bei genügend Platz mit Fallkerbe und Fällschnitt gezielt gefällt und ohne weiteres Zersägen liegengelassen. Falls Bäume hängenbleiben, werden sie mit einem oder falls nötig mehreren Schnitten minimal zersägt, so dass die Krone mehrheitlich zu Boden kommt. Bei dichten Verhältnissen empfiehlt sich die Anwendung der Schrägschnittmethode anstelle des Fällschnittes.

Für das feine, schematische Zersägen des Aushiebs kann fast beliebig viel Aufwand betrieben werden. Ausser im Falle von Fichten und akuter Gefahr von Borkenkäferbefall ist dies nie sinnvoll, wird aber doch teilweise noch gemacht. Bei extrem feinem Zersägen erhöht sich der Aufwand sehr stark, es wird von rund einer Verdoppelung ausgegangen.

Tabelle 8: Korrekturfaktoren für das Zersägen des Aushiebs

Zersägen des Aushiebs	KF7
minimal (Standard mit hohen Stöcken)	1.0
mittel (bodeneben)	1.2
hoch (bodeneben und fein zersägen)	1.5
extrem (bodeneben und extrem zersägen, asten, Rinde schürfen)	2.0

3.3.9 Lufttemperatur (KF8)

Als letzter Einflussfaktor berücksichtigt das Modell die zum Ausführungszeitpunkt herrschende Lufttemperatur. Jungwaldpflege kann während des ganzen Jahres ausgeführt werden. Klassische Pflegesaison ist der Sommer, Jungwaldpflege wird aber zunehmend auch im Winterhalbjahr ausgeführt, was bei dichten Beständen aus Naturverjüngung mit komplexen Mischungen Vorteile bietet (z.B. Suche und Förderung von einzelnen Eichen) und auch kostenrelevant ist (vgl. Kap. 3.3.5 Belaubung). Bei warmen Temperaturen sinkt die Leistung entsprechend, der Aufwand wird höher.

Tabelle 9: Korrekturfaktoren für die Produktivität in Abhängigkeit von der herrschenden Lufttemperatur

Lufttemperatur	KF8
angenehm (<10 Grad)	1.0
warm (10-20 Grad)	1.1
heiss (> 20 Grad)	1.3

3.3.10 Kronenschnitte (KF9)

Kronenschnitte werden mit dem Korrekturfaktor KF9 ins Modell aufgenommen. Sie werden nur in der Dichtung ausgeführt, sind also im Stangenholz 1 nicht relevant. Sie sind nicht bei allen Z-Bäumen nötig, sondern nur bei bestimmten Baumarten und auch bei diesen nur falls die Qualität dies erfordert. Es gibt immer auch Z-Bäume mit genügend regelmässigem Kronenaufbau, welche keine Kronenschnitte erfordern. Kronenschnitte beziehen sich somit auf ein beliebiges Teilkollektiv der Z-Bäume.

Kronenschnitte werden im Normalfall ausschliesslich bei Laubbäumen ausgeführt. Wichtig ist es, Kronenschnitte gleich bei der Pflege auszuführen, damit sie nicht vergessen gehen. Speziell bei den schnellwachsenden Baumarten Kirsche und Nussbaum ist eine Beurteilung und Ausführung von Kronenschnitten in einem Turnus von 2 bis 3 Jahren angezeigt, um allzu starke Äste und entsprechend grosse Verletzungen durch die Schnittmassnahmen zu vermeiden.

Eingangsgrosse ist die Anzahl Bäume pro Hektare mit Kronenschnitten; es kann sein, dass auch nur ein einziger Baum pro Hektare betroffen ist. Weil für die beiden Baumarten, bei welchen am häufigsten Kronenschnitte gemacht werden, nämlich Kirschbaum und Nussbaum-Arten, nicht mehr als 50 Z-Bäume pro Hektare empfohlen werden, können 50 Kronenschnitte pro Hektare als Obergrenze definiert werden.

Eine Systemgrenze besteht bei der Anwendungshöhe des Kronenschnitts: Bis 2.5 m reicht eine Handsäge, welche idealerweise bei der Dichtungspflege immer am Gurt mitgeführt wird. Der Zeitaufwand beschränkt sich in diesem Fall auf das Beurteilen des Baumes und das Entfernen eines oder mehrerer Zwiesel oder Äste. Oberhalb von 2.5 m braucht es eine leichte Leiter oder Stangensäge bzw. Stangenschere. Diese muss mit zusätzlichem Zeitaufwand zum entsprechenden Z-Baum transportiert werden. Möglich ist es oft auch, den Baum zu erklettern, wodurch das Herumtragen der zusätzlichen Geräte entfällt.

Eine Zeitstudie in einer 3 bis 6 m hohen Dichtung von gepflanzten Kirschen ergab für die Ausführung von Kronenschnitten an total 64 Z-Bäumen einen Zeitaufwand von 2 bis 83 Sekunden pro Baum. Im Mittel

wurden 22 Sekunden benötigt, um 1-4 Kronenschnitte pro Baum durchzuführen. Diese Massnahmen wurden vom Boden aus getätigt, zum Teil konnten die jungen Bäume auch heruntergebogen werden, einzelne Bäume wurden erklettert. Suchen der Z-Bäume, Gehzeit zum nächsten Z-Baum sowie Aushieb der Konkurrenten sind bereits im Zeitaufwand für die Z-Baum-Durchforstung in der Dichtung enthalten. Die Dichtung war relativ stark mit Brombeere bewachsen, was die Arbeit tendenziell erschwerte. Für Kronenschnitte bis 2.5 m Ausführungshöhe wird somit von einem Zeitaufwand von 20 Sekunden (also leicht abgerundet) pro Baum ausgegangen, was 1/3 Minute oder 1/180 Stunde entspricht:

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Kronenschnitt bis 2.5m}}[\text{Std.}] = \frac{(\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}})}{180}$$

Kontrolle: $\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}} \leq \text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume}}$

Für Kronenschnitte im Höhenbereich von 2.6 m bis 6 m, ausgeführt mit einer leichten, 3-fach ausziehbaren Anstellleiter an 24 Z-Bäumen der Baumart Kirsche, ergab sich in einer weiteren Zeitstudie ein Aufwand von 67 bis 372 Sekunden, im Mittel 248 Sekunden. Typisch dabei war, dass es sich um zu spät ausgeführte Kronenschnitte handelte, wie es in der Praxis oft vorkommt. Dies bedeutet dickere Äste und somit einen höheren Aufwand (plus grössere Verletzungen für den Z-Baum). Im Mittel wurden also rund 4 Minuten aufgewendet, um die Leiter anzustellen, zu besteigen und einen bis mehrere Äste abzusägen.

Die Gehzeit mit der Leiter oder der Stangensäge ist hier noch nicht enthalten. Diese wäre streng genommen abhängig von der Anzahl Z-Bäume mit Kronenschnitt, d.h. bei wenigen Kronenschnitten ergeben sich grössere Distanzen. Allerdings kann mit dem Erklettern der Bäume in vielen Fällen auf zusätzliche Geräte verzichtet werden. Aufgrund dieser Unsicherheiten wird das allfällige Transportieren einer Leiter oder Stangensäge in eine durchschnittliche Zeit pro Z-Baum mit Kronenschnitt integriert. Für Kronenschnitte im Höhenbereich von 2.6 m bis 6 m wird aus folgenden Gründen ein Zeitaufwand von 4 Minuten pro Z-Baum angenommen:

- In der Zeitstudie handelt es sich um verspätete Kronenschnitte, deshalb ist im Idealfall bei rechtzeitiger Ausführung (bzw. bereits früher erfolgten Kronenschnitten) der Aufwand tiefer bzw. noch „Zeitreserve“ für das allfällige Transportieren der Geräte vorhanden.
- Oft kann geklettert werden, d.h. es ergibt sich kein zusätzlicher Aufwand für Gerätetransport. In diesen Fällen spielt die Anzahl Z-Bäume mit Kronenschnitten keine Rolle.

Somit lautet die Formel für den Zeitaufwand von Kronenschnitten im Höhenbereich von 2.6 bis 6 m:

$$\text{Zeitaufwand}_{\text{Kronenschnitt 2.6 bis 6m}}[\text{Std.}] = \frac{(\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}})}{15}$$

Kontrolle: $\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}} \leq \text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume}}$

Mit der Kontrolle wird sichergestellt, dass die Anzahl Z-Bäume mit Kronenschnitt nicht grösser ist als die Anzahl Z-Bäume sein darf. Es ist also z.B. nicht zulässig, nur 20 Z-Bäume pro Hektare zu fördern, aber an 30 Bäumen Kronenschnitte zu machen. Damit wird sichergestellt, dass nur in Bäume investiert wird, welche tatsächlich auch Z-Bäume sind. Falls dies nicht so ist, soll die Benutzerführung einen entsprechenden Hinweis geben:

„Die Anzahl Z-Bäume mit Kronenschnitt darf die Anzahl Z-Bäume nicht übersteigen.“

Um die Benutzerführung nicht zu kompliziert zu gestalten, kann nur zwischen den beiden Möglichkeiten „Kronenschnitte bis 2.5 m“ und „Kronenschnitte von 2.6 bis 6 m“ gewählt werden. Eine Kombination ist nicht möglich, d.h. es wird von einheitlichen Beständen ausgegangen.

Wie bereits beim Bändeln wird der Kronenschnitt mit einem Zuschlag (additiv) berücksichtigt. Falls keine Kronenschnitte nötig sind, wird der Wert auf „0“ gesetzt. Ebenfalls wird davon ausgegangen, dass sich Hangneigung, Belaubung, Verunkrautung sowie das Vorhandensein oder Fehlen von Rückegassen auch für die Kronenschnitte erschwerend bzw. erleichternd auswirken. Dies gilt für das allfällige zusätzliche

Herumgehen mit Leiter etc., aber auch für die Bewegung um den Baum herum bei den Schnittmassnahmen, welche an steilen Hängen oder bei starker Verunkrautung mühsamer sind. Die Belaubung führt zu eingeschränkter Sicht, was bei der Beurteilung der Kronen betreffend Notwendigkeit von Schnitten relevant ist.

3.3.11 Vollständiges Modell mit allen Korrekturfaktoren

Für die Dückung lautet das Produktivitätsmodell:

$$PPH15_{Dückung} = \left(\left((0.0224 \times \text{Anzahl}_{Z-Bäume} + 1.6226) \times KF1_{Eingriffsstärke} \times KF7_{Zersägen} \times KF8_{Temperatur} \right) + KF2_{Bündeln} + KF9_{Kronenschnitt \text{ bis } 2.5m \text{ oder } 2.6m \text{ bis } 6m} \right) \times (KF3_{Hangneigung} \times KF4_{Belaubung} \times KF5_{Verunkrautung} \times KF6_{Rückegassen})$$

Somit errechnet sich der Zeitaufwand aus der Grundzeit multipliziert mit den Korrekturfaktoren für Eingriffsstärke, Zersägen und Temperatur (welche nur für die Ausführung relevant sind, also nicht für das Bündeln). Dazu wird ein allfälliges Bündeln addiert. Ebenfalls additiv hinzu kommt ein allfälliger Kronenschnitt, wobei es 2 Auswahlmöglichkeiten gibt, je nach Höhenbereich der Massnahme. Der gesamte Term (Ausführung, Bündeln und Kronenschnitt) wird nun mit den weiteren Korrekturfaktoren multipliziert wie Hangneigung, Belaubung, Verunkrautung und Rückegassen. Beispielsweise erhöht eine steile Hanglage den Aufwand für das Eliminieren der Konkurrenten wie auch für das Begehen beim Bündeln. Hingegen ist die Eingriffsstärke nur beim Ausführen relevant; auch für die Temperatur wird davon ausgegangen, dass diese beim Bündeln nicht relevant ist, da es sich um eine körperlich wenig anstrengende Arbeit handelt.

Für Eingriffe in schwachen Stangenhölzern basiert das Modell auf derselben Formel mit anderen Konstanten für die Grundzeit, hier entfällt die Komponente Kronenschnitt (KF9):

$$PPH15_{Stangenholz1} = \left(\left((0.0230 \times \text{Anzahl}_{Z-Bäume} + 2.4317) \times KF1_{Eingriffsstärke} \times KF7_{Zersägen} \times KF8_{Temperatur} \right) + KF2_{Bündeln} \right) \times (KF3_{Hangneigung} \times KF4_{Belaubung} \times KF5_{Verunkrautung} \times KF6_{Rückegassen})$$

3.3.12 Maschinenkosten

Die Maschinenkosten betreffen zur Hauptsache die Motorsägenkosten. Diese basieren ebenfalls auf dem Datenset der 36 vorhandenen Abrechnungen von ausgeführten Jungwaldpflege-Aufträgen (vgl. Abbildung 4). Zielgrösse ist der Treibstoffverbrauch in Litern pro Hektare. Dieser kann mit dem entsprechenden Kostensatz in Kosten pro Hektare umgerechnet werden.

In den Motorsägekosten pro Liter Treibstoff sind der Kettenölverbrauch sowie die Kosten für Amortisation und Unterhalt der Motorsäge eingerechnet.

Einflussgrössen sind die bereits beim Zeitaufwand benötigten Parameter Anzahl Z-Bäume pro Hektare und Anzahl Konkurrenten pro Z-Baum. Daraus lässt sich die Anzahl Konkurrenten pro Hektare errechnen:

$$\text{Anzahl}_{\text{Konkurrenten/ha}} = \text{Anzahl}_{Z-Bäume/ha} \times \text{Anzahl}_{\text{Konkurrenten/Z-Baum}}$$

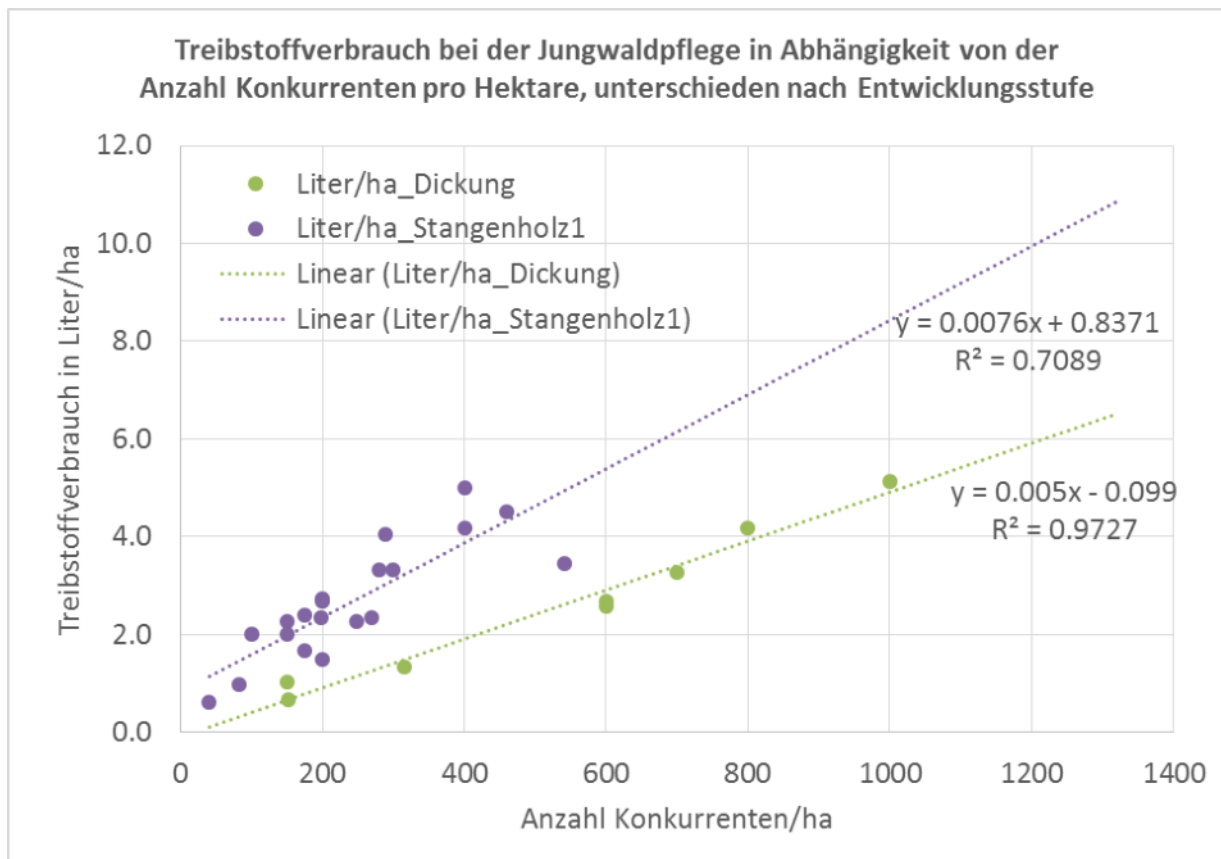


Abbildung 4: Treibstoffverbrauch der Motorsäge bei der Jungwaldpflege.

Der Treibstoffverbrauch ist in schwachen Stangenhölzern erwartungsgemäss höher, da hier die Konkurrenten bereits höhere Durchmesser haben und aufgrund der grösseren Baumhöhen eher bzw. in mehr Stücke zersägt werden müssen um den Aushieb zu Boden zu bringen.

Aus den gefundenen Funktionen (Abbildung 4) lassen sich die Formeln für den Treibstoffverbrauch pro Hektare herleiten. Dabei erhöht sich der Treibstoffverbrauch, je feiner die Bäume zersägt werden. Dies wird durch Multiplikation mit dem Korrekturfaktor7 (vgl. 3.3.8) abgebildet:

$$\begin{aligned} \text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Dickung}} \\ = (0.005 \times (\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume/ha}} \times \text{Anzahl}_{\text{Konkurrenten/ZBaum}}) - 0.099) \times \text{KF7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Stangenholz1}} \\ = (0.0076 \times (\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume/ha}} \times \text{Anzahl}_{\text{Konkurrenten/ZBaum}}) + 0.8371) \times \text{KF7} \end{aligned}$$

3.3.13 Gerätekosten für Kronenschnitte

Die Gerätekosten für Kronenschnitte in der Dickung wurden dem Produktivitätsmodell Wertastung (Ammann 2018) entnommen. Für leichte Anstellleitern wurden bei Anschaffungskosten von Fr. 150.00 und einer Amortisation über 1'000 Kronenschnitte Kosten von Fr. 0.15 pro Z-Baum mit Kronenschnitt angenommen. Für die Handsäge ergaben sich bei Anschaffungskosten von Fr. 60.00 und einer Amortisation von 150 Astungsbäumen Kosten von Fr. 0.40 pro Baum. Dieser Wert gilt allerdings für Wertastung mit sehr vielen Schnitten pro Baum und höherer Abnutzung aufgrund von Dürrrästen. Bei Kronenschnitten handelt es sich meist um Grünäste und nur einen bis einige wenige Schnitte pro Baum. Die Amortisation wird deshalb auf eine 4-fach höhere Anzahl berechnet, dies ergibt folglich Kosten von Fr. 0.10 pro Baum mit Kronenschnitt. Derselbe Betrag wird auch für Handscheren angenommen. Für Stangensägen/-scheren ergeben sich unter den getroffenen Annahmen (ebenfalls höhere Amortisation) Kosten von Fr. 0.25 pro Baum mit Kronenschnitt.

Tabelle 10: Kosten für die Ausrüstung

Nr.	Ausrüstung	Anschaffungskosten, gemittelt, gerundet	Amortisation, Anzahl Bäume	Kosten pro Baum	Quelle
1	Anstellleiter bis 4.50m	Fr. 150.00	1'000	Fr. 0.15	
2	Handsäge	Fr. 60.00	600	Fr. 0.10	https://www.murer-shop.ch/
3	Handschere	Fr. 60.00	600	Fr. 0.10	https://www.murer-shop.ch/
4	Stangensäge/-schere	Fr. 400.00	1'600	Fr. 0.25	http://de.rolandschmid.ch/

Für Kronenschnitte bis 2.5 m Höhe betragen die Kosten Fr. 0.10 pro Baum. Für Kronenschnitte von 2.6 bis 6 m Höhe sind es Fr. 0.25 pro Baum, unabhängig von der Methode.

Tabelle 11: Materialkosten für verschiedene Konfigurationen der Ausrüstung

Methode	Notwendige Ausrüstung	Kosten pro Baum
Kronenschnitte bis 2.5m mit Handsäge oder Handschere	2 oder 3	Fr. 0.10
Kronenschnitte 2.6 bis 6m mit Anstellleiter und Handsäge	1+2	Fr. 0.25
Kronenschnitte 2.6 bis 6m mit Stangensäge/-schere	4	Fr. 0.25

Im Maximum ergeben sich bei 50 Z-Bäumen pro Hektare mit Kronenschnitten bis 2.5 m Gerätekosten von Fr. 5.00 pro Hektare und mit Kronenschnitten 2.6 bis 6 m Gerätekosten von Fr. 12.50 pro Hektare. Falls die Bäume erklettert werden, entfallen die Materialkosten der Leiter oder Stangensäge; dieser Fall wird aber nicht berücksichtigt, um das Modell nicht zu kompliziert zu gestalten. Die Gerätekosten sind ohnehin im Vergleich zu den Personalkosten sehr gering.

$$\text{Gerätekosten Kronenschnitt bis 2.5m/ha}_{\text{Dickung}} = (\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}}) \times 0.10$$

$$\text{Gerätekosten Kronenschnitt 2.6m bis 6m/ha}_{\text{Dickung}} = (\text{Anzahl}_{\text{Z-Bäume mit Kronenschnitt}}) \times 0.25$$

3.3.14 Gesamtkosten der Jungwaldpflege pro Hektare (Systemkosten)

Die Personalkosten werden durch Multiplikation des Zeitaufwandes pro Hektare mit dem Personalkostensatz errechnet:

$$\text{Personalkosten/ha}_{\text{Dickung}} = (\text{Zeitaufwand/ha}_{\text{Dickung}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Personal}})$$

$$\text{Personalkosten/ha}_{\text{Stangenholz1}} = (\text{Zeitaufwand/ha}_{\text{Stangenholz1}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Personal}})$$

Die Maschinenkosten resultieren aus dem Treibstoffverbrauch pro Hektare multipliziert mit dem Maschinenkostensatz:

$$\text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Dickung}} = (\text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Dickung}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Motorsäge}})$$

$$\text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Stangenholz1}} = (\text{Treibstoffverbrauch/ha}_{\text{Stangenholz1}} \times \text{Kostenansatz}_{\text{Motorsäge}})$$

Die Systemkosten pro Hektare setzen sich zusammen aus der Summe aus Personalkosten und Maschinenkosten sowie Gerätekosten für den Kronenschnitt (betrifft nur Dickung):

$$\begin{aligned} \text{Systemkosten/ha}_{\text{Dickung}} \\ = \text{Personalkosten/ha}_{\text{Dickung}} + \text{Maschinenkosten/ha}_{\text{Dickung}} \\ + \text{Gerätekosten Kronenschnitt bis 2.5m oder 2.6 bis 6m} \end{aligned}$$

$$\text{Systemkosten}/ha_{\text{Stangenholz1}} = \text{Personalkosten}/ha_{\text{Stangenholz1}} + \text{Maschinenkosten}/ha_{\text{Stangenholz1}}$$

Für die Kosten pro effektiver Fläche bzw. pro Auftrag werden die Kosten pro Hektare mit der Fläche des Bestandes multipliziert:

$$\text{Kosten pro Auftrag}_{\text{Dickung}} = \text{Systemkosten}/ha_{\text{Dickung}} \times \text{Fläche}$$

$$\text{Kosten pro Auftrag}_{\text{Stangenholz1}} = \text{Systemkosten}/ha_{\text{Stangenholz1}} \times \text{Fläche}$$

4 Benutzerführung

Tabelle 12: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells

Fläche [ha]	Zahl zwischen 0.1 und 10.0, <i>Default 0.8</i>	Eingabe
Entwicklungsstufe	Dickung	Auswahl, entweder oder
	<i>Stangenholz 1</i>	
Anzahl Z-Bäume pro Hektare	Zahl zwischen 1 und 2'000, <i>Default 80</i>	Eingabe, ganzzahlig
Anzahl Konkurrenten pro Z-Baum	Zahl zwischen 1 und 15, <i>Default 2.5</i>	Eingabe, 1 Kommastelle möglich
Bündeln	<i>Nein (Z-Bäume bekannt / markiert)</i>	Auswahl, entweder oder
	Ja (Ersteingriff)	
Hangneigung	0-24%	Auswahl, 1 Möglichkeit
	25-44%	
	45-64%	
	65-84%	
	>=85%	
Belaubung	<i>unbelaubt (Winterzustand)</i>	Auswahl, entweder oder
	belaubt (oder sehr dichte Nadelholzbestände)	
Verunkrautung	<i>keine</i>	Auswahl, 1 Möglichkeit
	mittel	
	stark	
	extrem stark	
Rückegassen vorhanden	<i>Ja</i>	Auswahl, entweder oder
	Nein	
Zersägen des Aushiebs	<i>minimal (Standard mit hohen Stöcken)</i>	Auswahl, 1 Möglichkeit
	mittel (bodeneben)	
	hoch (bodeneben und fein zersägen)	
	extrem (bodeneben und extrem zersägen, asten, Rinde schürfen)	
Lufttemperatur	<i>angenehm (bis 10 Grad)</i>	Auswahl, 1 Möglichkeit
	warm (10-20 Grad)	
	heiss (über 20 Grad)	
Anzahl Z-Bäume mit Kronenschnitt*	Zahl zwischen 0 und 50, <i>Default 0</i>	Eingabe, ganzzahlig
Ausführungshöhe Kronenschnitt	<i>bis 2.5 m</i>	Auswahl, entweder oder
	2.6 bis 6 m	

Die für das IT-Tool gewählten Defaultwerte sind **kursiv** geschrieben.

*Eingaben zum Kronenschnitt sind nur in der Entwicklungsstufe Dickung möglich

5 Literatur

Abetz, P. 1975: Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen. Allg Forstztg 30: 666–667.

Ammann, P. 2018: Produktivitätsmodell Wertastung. Teil A, Grundlagen. Dokumentation im Projekt Juwapfl. Im Auftrag für WSL, Birmensdorf.

Ammann, P. 2018: Leitfaden Wertastung und Kronenschnitt. Herausgeber: CODOC.

Ammann, P., Arnet, A., und Felder U. 2014 : Biologische Rationalisierung auch im Bergwald ? Natürliche Abläufe nutzen. Wald und Holz 11/2014: 34-36.

Ammann P. 2014: Jungwaldpflege / Biologische Rationalisierung. Checkkarte. http://waldbau-sylviculture.ch/publica/2014_FWB_Checkkarte_BR_d.pdf

Ammann P. 2014: Soins à la jeune forêt / Rationalisation biologique. Carte aide-mémoire. http://waldbau-sylviculture.ch/publica/2014_FWB_Checkkarte_BR_f.pdf

Ammann P. 2014: Cure al bosco giovane / Razionalizzazione biologica. Scheda pro-memoria. http://waldbau-sylviculture.ch/publica/2014_FWB_Checkkarte_BR_i.pdf

Ammann P. 2013: Erfolg der Jungwaldpflege im Schweizer Mittelland? Analyse und Folgerungen. Schweiz Z Forstwes 164 (2013) 9: 262–270.

Ammann P. 2005: Biologische Rationalisierung. Teil 1: Einleitung und ökonomische Grundlagen. Wald und Holz 1/2005: 42-45.

Ammann P. Biologische Rationalisierung. Teil 2: Biologische Rationalisierung bei Fichte. Wald und Holz 2/2005: 47-51.

Ammann P. 2005: Biologische Rationalisierung. Teil 3: Biologische Rationalisierung bei Esche, Bergahorn und Buche. Wald und Holz 3/2005: 29-33.

Ammann P. 2005: Biologische Rationalisierung. Teil 4: Biologische Baumartenmischung, Geltungsbereich, Folgerungen. Wald und Holz 4/2005: 35-37.

Ammann P. 2004: Untersuchung der natürlichen Entwicklungsdynamik in Jungwaldbeständen – Biologische Rationalisierung der waldbaulichen Produktion bei Fichte, Esche, Bergahorn und Buche. DISS. ETH Nr. 15761. Shaker Verlag.

Ammann P. 1999: Analyse unbehandelter Jungwaldbestände als Grundlage für neue Pflegekonzepte. Schweiz Z Forstwes 750(1999) 12: 460-470.

Ammann, P. 1997: Wie wirksam ist unsere Jungwaldpflege? Wald und Holz 13/1997: 7-11.

Forstkalender 2018. Tabelle über den Arbeitsaufwand von Kultur- und Pflegearbeiten. Zusammengestellt von M. Breitenstein und V. Erni, WSL, Birmensdorf (2004). (Die Originaldaten wurden in den Jahren 1960 bis 1993 publiziert!)

Leibundgut, H. 1966: Die Waldpflege. Bern: Haupt 192 S.

Schädelin, W. 1934: Die Durchforstung als Auslese- und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung. Bern: Haupt. 96 S.

Schütz, J.-Ph. 1996: Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. Schweiz Z Forstwes 147: 315–349.

Wilhelm, G. J. und Rieger, H, 2013: Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie. Stuttgart, Ulmer Verlag.

BESTANDESBEGRÜNDUNG UND JUNGWALDPFLEGE

Kalkulationsgrundlagen

Fritz Frutig und Renato Lemm* | Die WSL beabsichtigt, die aus dem Jahr 1996 stammenden Leistungswerte zu verschiedenen Arbeiten der 1. Produktionsstufe zu überarbeiten. Eine Umfrage bei allen Revierförstern in der Schweiz lieferte Ergebnisse zu den heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren und zeigte, wie ihre Bedeutung in der Praxis eingeschätzt wird.

Bestandesbegründung und Jungwaldpflege sind nach wie vor relevante Kostenfaktoren im Forstbetrieb. Die Kosten für die 1. Produktionsstufe haben für die Jahre 2008–2013 im Mittel über die gesamte Schweiz einen Anteil von 12 % an den gesamten Waldbewirtschaftungskosten [1]. Betrachtet man nur das Mittelland, sind es rund 20 %. Basierend auf Ergebnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen aus den Jahren 1960–1990 hat die WSL-Forschungsgruppe Forstliche Produktionssysteme im Jahr 1996 das IT-basierte Jungwaldpflegemodell JuWaPfl erstellt [2]. Aufgrund der inzwischen erfolgten Entwicklung bei den Arbeitsverfahren, den eingesetzten Geräten und dem verwendeten Material sind diese Kalkulationsgrundlagen nicht mehr aktuell. Leistungszahlen für ausgewählte Jungwaldpflegearbeiten wurden bis 2013 noch im Schweizerischen Forstkalender veröffentlicht, dann aber aus Gründen der mangelnden Aktualität nicht mehr weiter publiziert. Das IT-gestützte Instrument JuWaPfl kann mit den heutigen Betriebssystemen nicht mehr verwendet werden.

Gleichwohl werden die Leistungszahlen von 1996 mangels neuerer Grundlagen auch heute noch für grobe Leistungsschätzungen angewendet. In letzter Zeit hatten wir vermehrt Anfragen zum bestehenden Berechnungsmodell JuWaPfl sowie allgemein zu Leistungs- und Kostenwerten für Pflegearbeiten, was wohl nicht zuletzt darauf zurückzuführen ist, dass umfangreiche Pflegearbeiten auf den ehemaligen Windwurfflächen des Orkans «Lothar» von 1999 anstehen. Vereinzelt kamen auch aus den Verwaltungen von Bund und Kantonen, welche Pauschalansätze für Beiträge an Pflegearbeiten erstellen.

*Fritz Frutig und Dr. Renato Lemm sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Gruppe Forstliche Produktionssysteme der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).

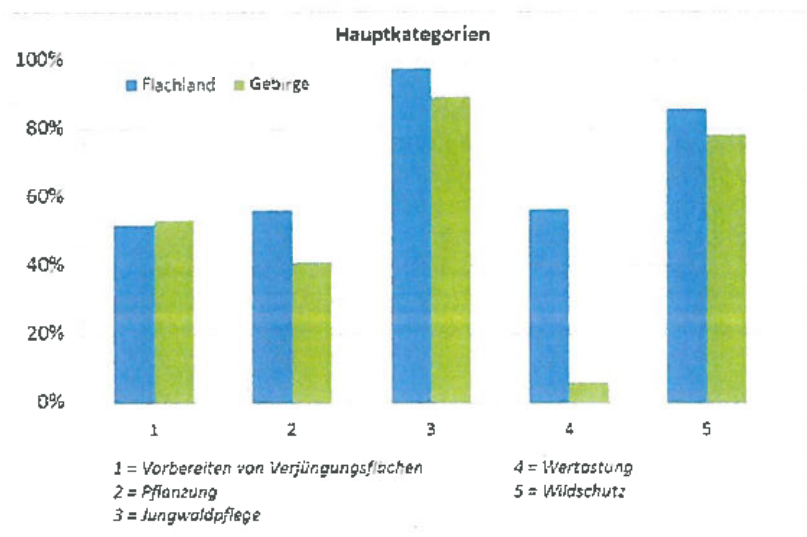


Abbildung 1: Von den Umfrageteilnehmenden eingeschätzte Wichtigkeit («wichtig» und «eher wichtig») der verschiedenen Hauptgruppen, dargestellt für die beiden Regionen Flachland und Gebirge

Möglicherweise kommt den Pflanzarbeiten im Zuge des Klimawandels wieder eine stärkere Bedeutung zu.

Aus diesen Gründen hat sich die Gruppe Forstliche Produktionssysteme entschlossen, aktualisierte Leistungswerte zur 1. Produktionsstufe, insbesondere zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege sowie zu Wildschutzmassnahmen und Wertastung, zu erstellen, basierend auf Ergebnissen aus neueren Untersuchungen (Literaturdaten) sowie auf Daten aus der Forstpraxis. Diese neuen Modelle sollen nach dem Muster der Holzernte-Produktivitätsmodelle HeProMo als frei verfügbare, IT-gestützte Modelle mit einer einfach zu bedienenden Benutzeroberfläche gestaltet werden.

Umfrage in der Forstpraxis

Um eine Übersicht über die heute gebräuchlichen Arbeitsverfahren zu gewinnen, haben wir im November 2017 eine Umfrage bei allen Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Gleichzeitig wollten wir wissen, zu welchen Arbeitsverfahren

uns allenfalls Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung gestellt werden könnten. Der Fragebogen wurde in Absprache mit der Fachstelle Waldbau und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt. Von den 711 versandten Fragebogen kamen bis Ende Jahr 427 ausgefüllt zurück, was einen ausserordentlich hohen Rücklauf von 60 % ergibt. 256 Fragebogen stammten aus den Forstregionen Mittelland und Jura, 171 aus den Forstregionen Voralpen, Alpen und Alpensüdseite. Dieses Ergebnis zeigt auch die Bedeutung auf, die den Arbeiten der 1. Produktionsstufe in der Praxis zukommt.

Jeder ausgefüllte Fragebogen wurde anhand des Ortes den im Landesforstinventar verwendeten Forstregionen Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite zugeteilt. Um die Übersicht über die Ergebnisse zu vereinfachen, wurden diese in die beiden Regionen «Flachland» (Jura, Mittelland) und «Gebirge» (Voralpen, Alpen, Alpensüdseite) zusammengefasst.

Abbildung 1 zeigt die eingeschätzte Wichtigkeit für die einzelnen Hauptgruppen. Grundsätzlich werden alle fünf Themengruppen der 1. Produktionsstufe als relativ wichtig erachtet. Naturgemäss ergeben sich Unterschiede in der Bedeutung der Arbeitsverfahren zwischen Flachland und Gebirge. In allen Regionen als sehr wichtig erachtet werden Jungwaldpflege und Wildschutzmassnahmen. Vorbereiten von Verjüngungsflächen und Pflanzungen erreichen Werte um die 50 %, Pflanzungen haben im Gebirge einen etwas weniger hohen Stellenwert (40 %). Die Wertastung ist erwartungsgemäss im Flachland viel wichtiger als im Gebirge.

Abbildung 2 zeigt an den beiden Beispielen jungwaldpflege und Wildschutzmassnahmen eine detaillierte Zusammenstellung der Umfrageergebnisse, wie sie für alle Positionen des Fragebogens erfolgte. Naturgemäss sind in einzelnen Positionen grosse Unterschiede zwischen den Regionen «Flachland» und «Gebirge» festzustellen, da an alle Revierförster in der Schweiz ein einheitlicher Fragebogen verschickt wurde.

Auswahl wichtiger Themen

Alle Positionen, deren Nennung «wichtig» und «eher wichtig» mehr als 50 % erreichte, wurden in Tabelle 1 (Seite 8) zusammengefasst. Für die dort genannten Prozesse beabsichtigen wir, Modelle zur Schätzung von Leistung und Kosten zu entwickeln. Die Position 45 «Flächenschutz mit Zaun» wurde trotz einer Wichtigkeit von lediglich 38 bzw. 42% ebenfalls in die Auswahl aufgenommen, damit ein direkter Vergleich des Aufwandes mit den Einzelschutzmassnahmen möglich wird.

Erstellen von Produktivitätsmodellen

Für die ausgewählten Prozesse (Tab. 1) sollen Modelle erstellt werden, mit denen für konkrete Anwendungen Leistungen und Kosten in Abhängigkeit von den wichtigsten Einflussgrössen bestimmt werden können. Wie gut dies gelingen wird, hängt sehr davon ab, in welchem Umfang und in welcher Qualität uns Daten zur Verfügung stehen. Erwartungsgemäss hat die in der Umfrage gestellte Frage nach vorhandenen Grundlagen gezeigt, dass die Arbeiten der 1. Produktionsstufe in der Forstpraxis eher wenig dokumentiert sind. Mögliche weitere Datenquellen sind Angaben aus der Literatur und Daten aus deutschen Landesforstbetrieben. Die wenigen Daten, die wir aus der Forstpraxis erhalten haben oder die

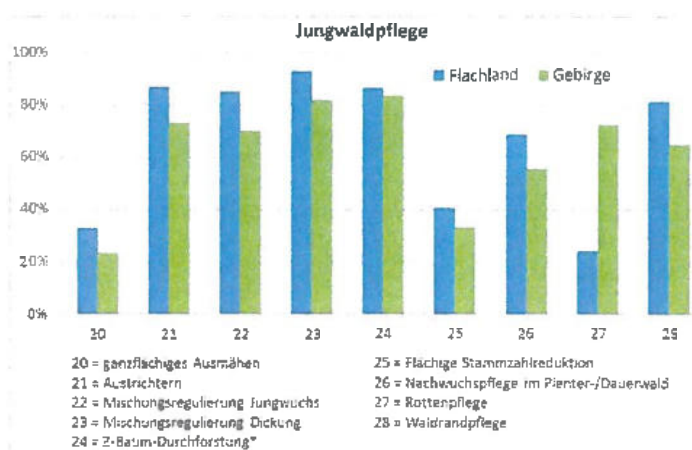
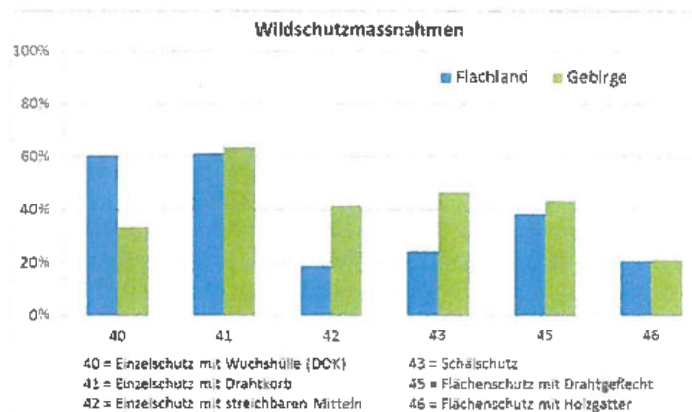


Abbildung 2: Detaillierte Auswertung der Umfrageergebnisse, dargestellt am Beispiel der Jungwaldpflegearbeiten und der Wildschutzmassnahmen

* Bestimmen der Z-Bäume im Endabstand, Entnahme von Konkurrenten ohne Eingriffe im Füllbestand



Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]
11	Pflanzung mit Haue	80	70
	16 Nacktwurzler	78	75
	17 Ballenpflanzung	35	50
	18 Quickpot	65	0
21	Austrichern	87	72
22	Mischungsregulierung Jungwuchs	83	70
23	Mischungsregulierung Dichtung	91	81
28	Waldrandpflege	81	65
31 32	Wertastung bis 6 m Höhe		
	mit Leiter und Handsäge	59	9
	mit Stangensäge	48	8
40	Einzelschutz mit Wuchshülle	60	33
41	Einzelschutz Drahtkorb/Kunststoffkorb	60	62
45	Flächenschutz mit Zaun (Drahtgeflecht)	38	42
49	Rückegassen planen und markieren	89	40
52	Begehungswege erstellen	17	64
53	Massnahmen gegen Schneegleiten	4	56

Tabelle 1: Auswahl der wichtigsten Ergebnisse aus der Umfrage beim Forstdienst, dargestellt für die beiden Gruppen «Flachland» und «Gebirge». Die Prozentangabe der Wichtigkeit umfasst die beiden Nennungen «wichtig» und «eher wichtig» aus dem Fragebogen.

uns in Aussicht gestellt wurden, sind für uns jedoch sehr wertvoll, um die Daten aus der Literatur und aus dem benachbarten Ausland zu überprüfen. Um Synergien zu nutzen, haben wir die Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik KWF gesucht, welches mit seinem Projekt REPLAN ähnliche Ziele verfolgt. Wir gehen davon aus, dass etwa bis Mitte des Jahres 2019 zu den ausgewählten Prozessen Ergebnisse zu Leistungen und Kosten vorliegen werden.

LITERATUR

- [1] Bürgi, P., Thomas, M., Pauli, B., 2015: Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz: Ergebnisse der Jahre 2011–2013. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik [BFS], 44 S.
- [2] Erni, V., Ramp, B., Lemm, R., 2000: Ein Versuch, vorhandene Grundlagen zu nutzen. Kalkulation von Jungwaldpflegearbeiten. Wald Holz 81, 10: 37–40.

Danksagung

Unser grosser Dank geht an die Revierförster für die rege Beteiligung an der Umfrage und für die fallweise Lieferung von Daten und Erfahrungswerten aus ihrem Betrieb. Ebenso danken wir dem Wald- und Holzforschungsfonds für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung

WALD und HOLZ

Nachrichten

auf www.waldundholz.ch
und www.waldschweiz.ch

OSTSCHWEIZ

Aus Lignum Thurgau wird Lignum Ost

CHRISTOF LAMPART | *Lignum Thurgau heisst neu Lignum Ost. Der Verein, in dem sich die Thurgauer Wald- und Holzwirtschaft zusammengeschlossen hat, will sich geografisch öffnen, um so etwaige neue Möglichkeiten beim Schopfen packen können.*



Lignum-Ost-Präsident Paul Koch (links) mit dem neuen Lignum-Ost-Geschäftsführer Simon Biegger

Lampart

Am 31. Mai, im Frauenfelder «Giardino del vino», hat die ausserordentliche Mitgliederversammlung den Verein Lignum Thurgau in Lignum Ost umbenannt. Mit dem Namenswechsel will der Verein erreichen, dass er problemloser inländische Kantons- und ausländische Landesgrenzen überwinden und einfacher neue Kooperationen und Geschäftsfelder erschliessen kann als bisher. Lignum-Ost-Präsident Paul Koch, Oberneunforn, formulierte es so: «Wir sind mit dem neuen Namen nicht mehr eingengt und können dann in unserem Tun mehr über die Grenzen hinaus und auf die Regionen als Ganzes schauen.» Zumal es ja bereits jetzt schon bei Lignum Thurgau eine interkantonale Zusammenarbeit gegeben habe, nämlich jene zwischen einigen Hinterthurgauer Gemeinden und dem Verein Pro Zürich Berggebiet.

Es muss nicht immer Frauenfeld sein

Doch der Namenswechsel war nicht die einzige Änderung, der die Mitglieder zustimmten. Denn die Versammlung votierte auch einstimmig für eine Statutenrevision. Diese wurde unter anderem deshalb vorgenommen, um die Organisation Lignum Ost fit für das vermehrte «grosse Bauen»

von Wohn-, Industrie-, Gesundheits- und Bildungsbauten zu machen. Und dies wiederum mit dem Ziel, «vermehrt Schweizer Holz dabei zu verbauen», so Koch.

Neu befindet sich auch der Sitz der Vereins Lignum Ost nicht mehr zwangsläufig in Frauenfeld, sondern am Sitz der Geschäftsstelle, welcher im Falle des neuen Geschäftsführers, Simon Biegger, mit dessen Wohnort, Frauenfeld, zusammenfällt.

Zwei Stimmen für die Finanzkräftigsten

Über die Aufnahme von Mitgliedern entscheidet neu der Vorstand, und bei den Mitgliedern gibt es neu fünf Kategorien, nämlich Hauptträger-, Träger-, Basis- und Einzelmitglieder sowie nicht stimmberechtigte Gönner. Ebenso wurde das Beitrags- und Stimmrechtsreglement überarbeitet. Dabei wurde, nach reger Diskussion, festgelegt, dass Hauptträger, also Trägerverbände, Organisationen und Ämter, bei Abstimmungen zwei Stimmen haben sollen, da sie einen deutlich höheren Mitgliederbeitrag entrichten als die übrigen Mitglieder. Während der Namenswechsel ab sofort gilt, treten die übrigen Statutenänderungen erst am 1. Januar 2019 in Kraft.