

Produktivitätsmodell

„Pflanzung“

Teil A: Grundlagen

Marc Werder

Janine Schweier



Foto: U. Wasem, WSL

Eidg. Forschungsanstalt WSL

Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft

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 Grundmodell "Pflanzung" wurde im Jahr 2018 erstellt und im Jahr 2021 und 2023 überarbeitet. Dem Bundesamt für Umwelt BAFU und der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH) danken wir für die finanzielle Unterstützung.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
3.0	M. Werder/J. Schweier	30.05.2023	Überarbeitung und Aktualisierung
2.0	F. Frutig/S. Holm	05.05.2021	Schlussredaktion, Überarbeitung IT-Modell
2.0	R. Lemm	27.10.2020	Überarbeitung
1.0	R. Lemm	01.06.2018	Erstellung Grundlagenmodell

Inhalt

1	Grundlagen	4
1.1	Entstehung und Verwendung	4
1.2	Umfrage in der Forstpraxis.....	4
2	Prozessbeschreibung	6
2.1	Pflanzverfahren	6
2.1.1	Spaltpflanzung	6
2.1.2	Lochpflanzung	7
2.1.3	Topfpflanzung.....	7
2.2	Pflanzenarten	8
2.2.1	Nacktwurzler	8
2.2.2	Ballenpflanzen	8
3	Modell	11
3.1	Zeitsystem.....	11
3.2	Faktoren für Indirekte Arbeitszeiten, Pausen und Wegzeiten	11
3.3	Übersicht über die modellierten Pflanzverfahren.....	12
4	Modelle für die Pflanzverfahren mit den einzelnen Werkzeugen	14
4.1	Buchenbühler Schrägpflanzhaue.....	14
4.1.1	Zeiten.....	15
4.1.2	Kosten.....	16
4.2	Rhodener Pflanzhaue (Hartmann-Haue).....	17
4.2.1	Zeiten.....	18
4.2.2	Kosten.....	19
4.3	Hohlspaten	20
4.3.2	Kosten.....	22
4.4	Wiedehopfhaue	23
4.4.1	Zeiten.....	24
4.4.2	Kosten.....	26
4.5	Erdbohrer.....	27
4.5.1	Zeiten.....	27
4.5.2	Kosten.....	30
4.6	Anbaugerät.....	31
4.6.1	Zeiten.....	31

4.6.2	Kosten.....	33
5	Benutzerführung.....	34
6	Literatur.....	40

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 den verwendeten Materialien 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, wurde 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.

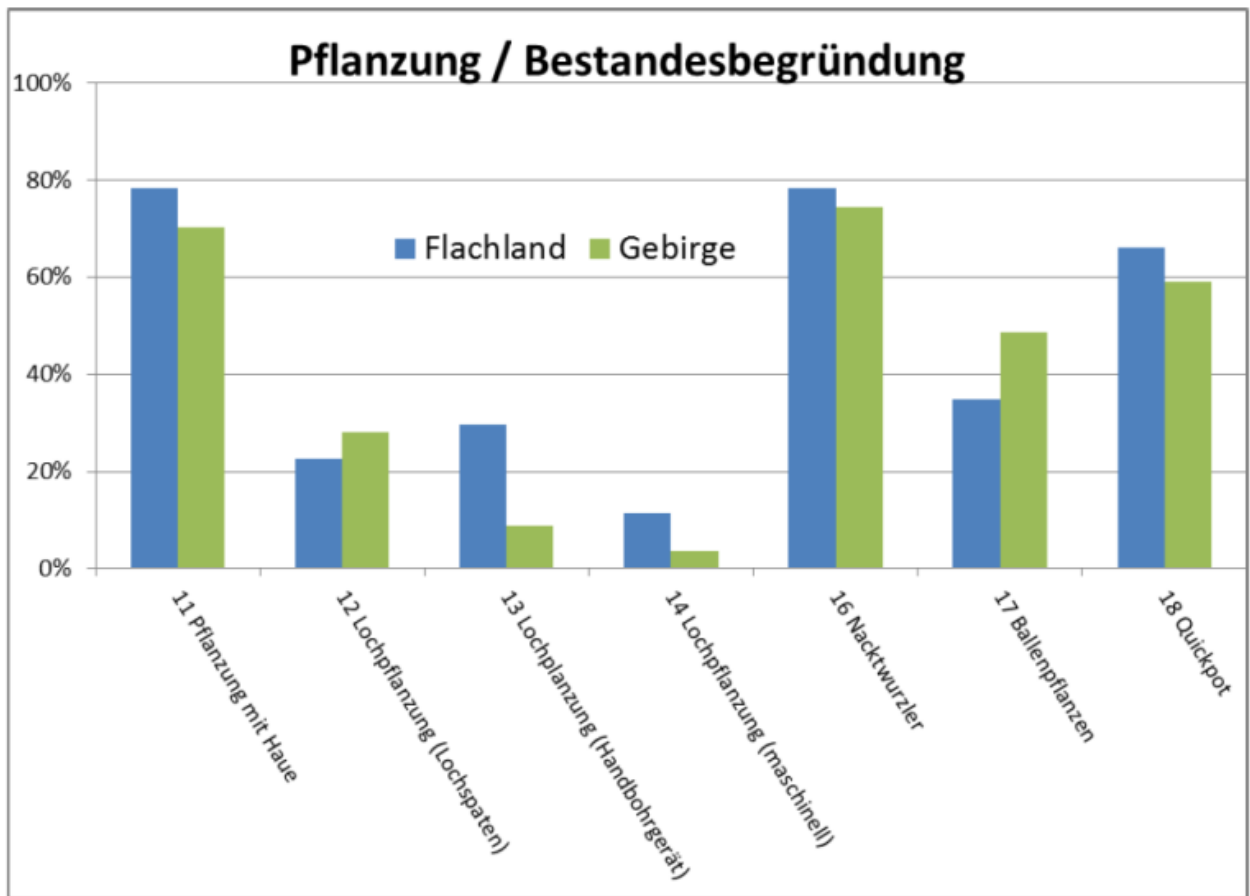


Abbildung 1: Ergebnisse aus der Umfrage bezüglich Pflanzung

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. Diese Resultate bilden die Grundlage für das Produktivitätsmodell «Pflanzung».

1.3 Datengrundlage

Die Datengrundlagen für das Produktivitätsmodell «Pflanzung» sind Angaben aus der Literatur sowie eigene, systematische Erhebungen zum Zeitaufwand bei Pflanzungen. Die Erhebungen wurden in den Jahren 2021 bis 2023 bei 10 Forstbetrieben in der Deutsch- und Westschweiz auf 31 Pflanzflächen durchgeführt. Insgesamt konnte so der Pflanzaufwand für 9500 Pflanzen erhoben werden, von welchen 8325 für die im Folgenden beschriebenen Verfahren im Modell verwendet wurden. Die Auswahl der Verfahren in der Version 3.0. basiert auf der Umfrage und Literaturhinweisen.

2 Prozessbeschreibung

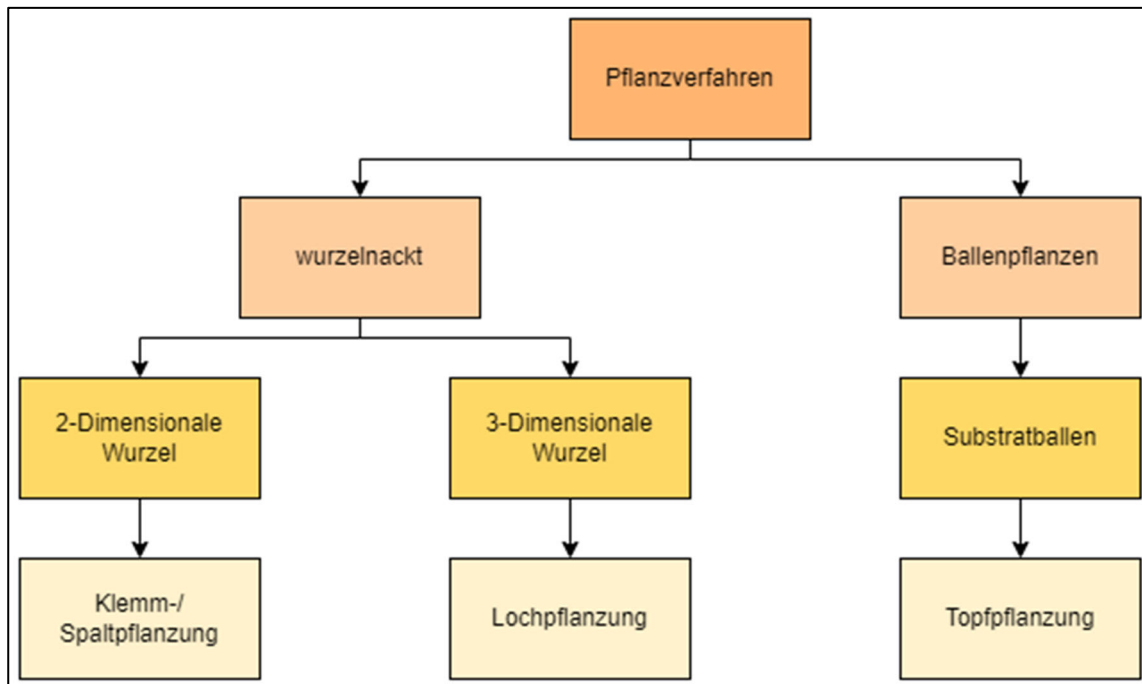


Abbildung 2: Für die Modellerstellung ausgewählte Pflanzverfahren.

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).

Für diese werden zwei unterschiedliche Formen des Pflanzgutes unterschieden:

- Wurzelackte Pflanzen
- Ballenpflanzen. Bei diesen 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 und Hohlspaten 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

Ballenpflanzen 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 Lochpflanzung.

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:

- Teils 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 wurzelnackte 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, wurzelnackt 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 (Pflanzchock) verzögern eine Aufforstung um Jahre und der Zusatzaufwand für Nachpflanzungen und damit verbundenen Pflegearbeiten ist hoch.

Bei Nacktwurzlern 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, da vergleichsweise grosse, gegenüber der Umgebungsvegetation konkurrenzfähige 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 steinigem 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 bei geeigneter Topfgrösse minimiert (*Hartwandcontainer Pflanzen*, 2024).

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.
- Einfache Zwischenlagerung.
- Meistens 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). Um Wurzeldeformationen bereits im Topf zu verhindern, bleiben schnellwüchsige Baumarten nur eine halbe bis ganze Vegetationsperiode darin, langsam wachsende höchstens 2 Jahre. 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 Hohlspaten, Handbohrer, tragbare motorangetriebene Spiralbohrer oder verschiedene Hauen 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.
- Geeignet für Standorte mit kurzer Vegetationszeit, wo die Pflanze rasch anwachsen muss.

Nachteile:

- Wurzelwerk braucht länger, um sich im Boden zu verankern.
- Oft unausgewogene Verhältnisse von Sprossmasse zu Wurzelmasse.
- Erschwerter Transport zu Pflanzfläche aufgrund erhöhten Gewichts und Grösse.

3 Modell

3.1 Zeitsystem

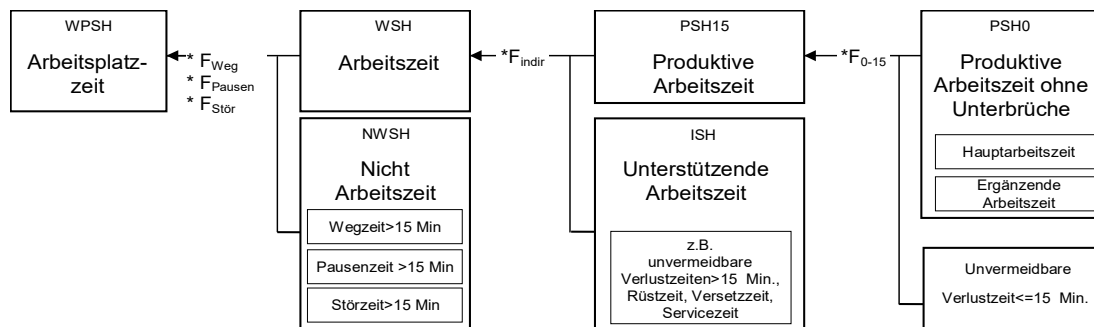


Abbildung 3: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

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				
	workplace...	non work...	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 zeigt Faktoren für indirekte Arbeitszeiten sowie bezahlte Wegzeiten und Pausen.

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

Abkürzung	Definition	Defaultwert	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 Pflanzverfahren mit den folgenden Pflanzwerkzeuge berücksichtigt (Tab. 3):

- Buchenbühler Pflanzhaue mit Nacktwurzeln.
- Rhodener Pflanzhaue (Hartmann-Haue) mit Nacktwurzeln und Ballenpflanzen.
- Hohlspaten mit Nacktwurzeln und Ballenpflanzen.
- Wiederhopfhaue mit Nacktwurzeln.
- Erdbohrer (manuell und maschinell).
- Anbaugerät.

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

Pflanzwerkzeug	Pflanztechnik	Haupt- baumart	Wurzelaus- dehnung Länge/Breite	Ausschluss	Schwierig- keiten ¹⁾	Produktivität [Pflanzen/h] ²⁾ (e/m/s)
Buchenbühler Pflanzhaue	Spalt	Kiefer, Lärche, Lbh	21/11	Sperrige Wurzeln	e/m/s	120/100/80
Rhodener Pflanzhaue	Spalt ³⁾	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	Spalt	Ndh, Lbh	23/17	stark lehmige Böden	e/m/s	65/54/43
	Loch ³⁾	Ndh, Lbh			e/m/s	54/43/27
	Topf ³⁾	Ndh, Lbh			e/m/s	60/45/30
Wiederhopfhaue	Spalt ³⁾ (Winkelpflanzung)	Ndh, Lbh	15/12	Lbh-Pfahl- wurzeln	e/m/s	50-100 91/67/50
	Loch ³⁾	Ndh, Lbh			e/m/s	56/45/28
Erdbohrer	manuell	Ndh, Lbh	30/30	stark lehmige Böden	e/m/s	27/14/10
	Maschinell ³⁾	Ndh, Lbh	30/30		e/m/s	71/40/29 43/32/22
Anbaugerät	maschinell ³⁾	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⁾ Bestandteil der systematischen Erhebung der WSL mittels Arbeitszeitstudien bei Forstbetrieben in der Schweiz.
- ⁴⁾ Quelle: Auf die Wurzeln kommt es an. LWF-Merkblatt Nr. 4, Oktober 1998.

4 Modelle für die Pflanzverfahren mit den einzelnen Werkzeugen

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 Pflanzhaue

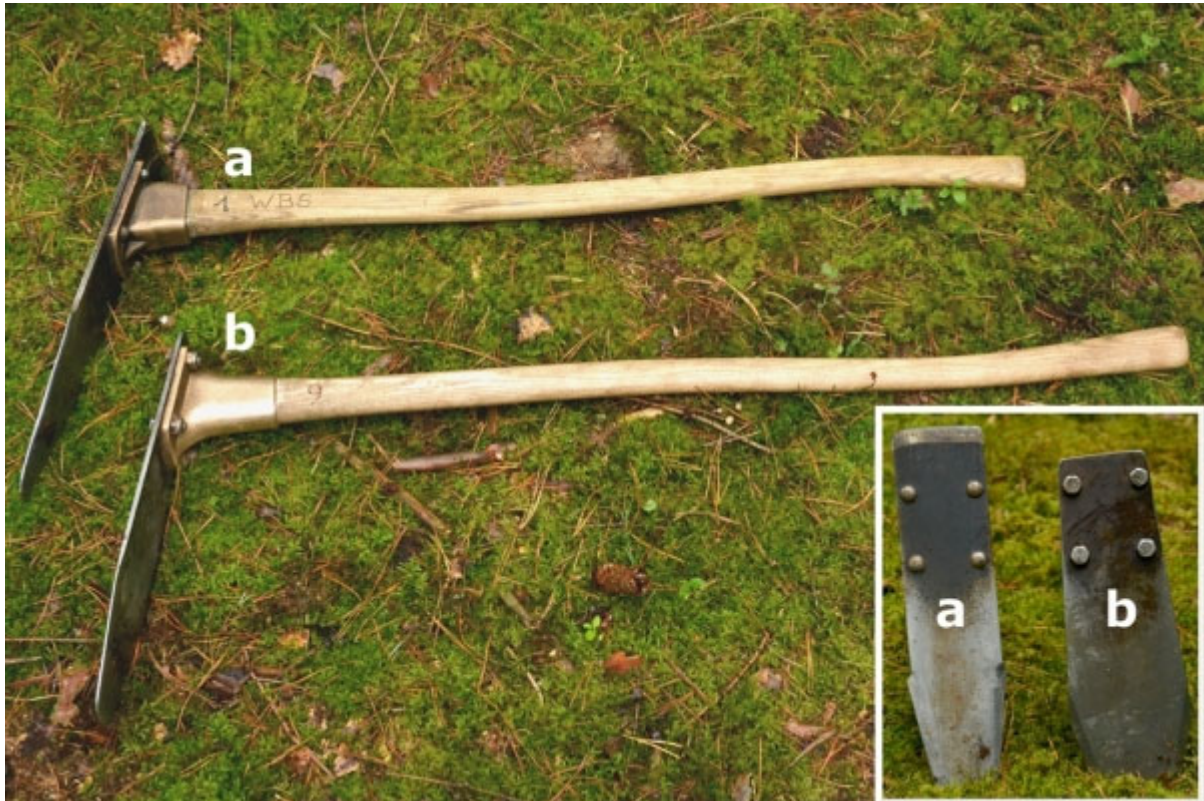


Abbildung 4: Buchenbühler Schrägflanzhaue (a) im Vergleich zur Rhodener Pflanzhaue (b). Die Buchenbühler Schrägflanzhaue hat ein schmaleres Blatt und eine andere Stielform. Sie eignet sich für kleine Pflanzen mit schmalen Wurzeln. Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und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

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Beschaffung}_{TS} = x \text{ Std}$

Z1

Der Aufwand für die Pflanzenbeschaffung ist individuell einzugeben.

Defaultwert = 1 Std.

4.1.1.2 Transport

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Transport}_{TS} = x \text{ Std}$

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

Werkzeug	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	Leistung [Pflanzen/h]
Buchenbühler Pflanzhaue	Klemm-/Spalt-pflanzung	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/Spalt-pflanzung	einfach	120
	mittel	100
	schwierig	80

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Pflanzung}_S = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung}_S} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$

Z3

Default: Anzahl Pflanzen = 200

Leistung_S : Leistung der Klemm – oder Spalt-pflanzung

bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden (einfach, mittel und schwierig)

Default = 120 (einfach)

4.1.1.4 Unterhalt

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Unterhalt}_S = \text{Faktor Unterhalt} \times$

$\text{Zeitaufwand_Buchenbühler_Pflanzung}_S$

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

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

S = einfach, mittel, schwierig

4.1.2 Kosten

4.1.2.1 Beschaffung

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

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

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

S = einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten pro Pflanze= 2.40 CHF.

4.1.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Buchenbühler_Transport}_S = \text{Zeitaufwand_Schrägpflanzung_Transport}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad K2$$

S= einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten Transportmittel 120 Fr.

4.1.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Buchenbühler_Pflanzung}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Schrägpflanzung_Pflanzung}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad K3$$

S = einfach, mittel, schwierig

4.1.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Buchenbühler_Unterhalt}_S = 0.1 \times \text{Zeitaufwand_Schrägpflanzung_Unterhalt}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad K4$$

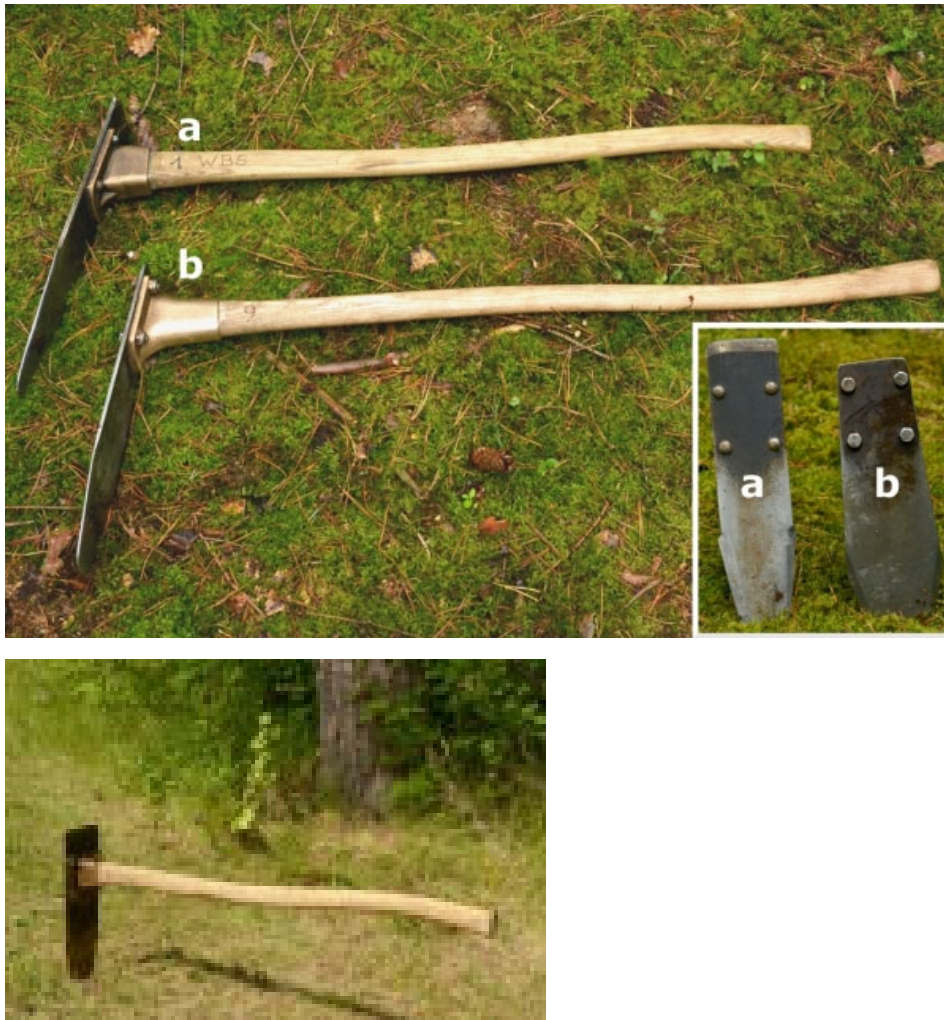
S= einfach, mittel, schwierig

4.1.2.5 Gesamtkosten

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

S= einfach, mittel, schwierig

4.2 Rhodener Pflanzhaue (Hartmann-Haue)



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

Im Gegensatz zur Buchenbühler Pflanzhaue benutzt der Pflanzler bei der Rhodener Pflanzhaue beide Hände. Das Pflanzverfahren mit der Rhodener Pflanzhaue 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. Die Rhodener Pflanzhaue⁴ (Hartmann-Haue, Wald und Holz (1997) 8: 12-13.) hat ein deutlich längeres Hauenblatt als die Wiedehopfhaue 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

Werkzeug	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Rhodener Pflanzhaue	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

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

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**

$$\text{Zeitaufwand_Rhodener_Unterhalt}_{TS} = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Zeitaufwand_Rhodener_Pflanzung}_{TS} \quad \text{Z4}$$

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

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

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

4.2.1.5 **Gesamtzeitaufwand**

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

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

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

4.2.2 **Kosten**

4.2.2.1 **Beschaffung**

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

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

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

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

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

Default Kosten pro Pflanze: = 2.40 Fr.

4.2.2.2 **Transport**

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

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

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

Default: Kosten Transportmittel = 120 Fr.

4.2.2.3 **Pflanzung**

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

4.2.2.4 **Unterhalt**

$$\text{Kosten_Rhodener_Pflege} = 0.1 \times \text{Zeitaufwand_Rhodener_Unterhalt}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K4}$$

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

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

4.2.2.5 **Gesamtkosten**

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

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

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

4.3 Hohlspaten



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

Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,

Foto: J. Böhm.

Beim Pflanzverfahren mit dem Werkzeug Hohlspatnunterscheidet 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 Pflanzler 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

$\text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Beschaffung}_{TS} = x \text{ Std}$

Z1

Defaultwert = 1 Std.

4.3.1.2 Transport

$\text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Transport}_{TS} = x \text{ Std}$

abhängig von Pflanzenart (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

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

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=Spalt, Loch, Topf

S=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=Spalt, Loch, Topf

S=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=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten pro Pflanze: 2.40 Fr.

4.3.2.2 **Transport**

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

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten Transportmittel = 120 Fr.

4.3.2.3 **Pflanzung**

$$\text{Kosten}_v\text{_Hohlspaten_Pflanzung} = \text{Zeitaufwand_Hohlspaten_Pflanzung}_{TS} \times \text{KostenAnsatz_Personal} \quad \text{K3}$$

4.3.2.4 **Unterhalt**

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

K4

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert: Faktor = 1.1 (10%)

4.3.2.5 Gesamtkosten

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

T =Spalt, Loch, Topf

S =einfach, mittel, schwierig

4.4 Wiedehopfhaue



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

Die Winkelpflanzung, im Bereich Spaltpflanzung, ist eine der meistverwendeten Pflanztechniken, weil sie sehr kostengünstig ist. Sie erfolgt mit der sog. Wiedehopfhaue, einem speziell zu diesem Zweck entwickelten Werkzeug mit rechtwinklig zueinander stehenden Hauenblättern. In begrastem, nicht zu steinigem Boden erlaubt sie, einen Halbiegel 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 Wiedehopfhaue 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.

Auch Loch- und Topfpflanzungen können mit der Wiedehopfhaue durchgeführt werden. Da die Wiedehopfhaue allerdings explizit für die Winkelpflanzung konzipiert wurde, empfiehlt es sich für die Loch- und Topfpflanzungen aus ergonomischen Gründen und zur Vermeidung von Wurzeldeformationen der Pflanzen andere Pflanzwerkzeuge zu verwenden.

4.4.1 Zeiten

4.4.1.1 Beschaffung

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

Z1

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

4.4.1.2 Transport

$\text{Zeitaufwand_Wiedehopfhaue_Transport} = x \text{ Std}$

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

Werkzeug	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Wiedehopfhaue	Klemm/Spalt-pflanzung (Winkelpflanzung)	Ndh Lbh	15/12 cm	Lbh Pfahlwurzeln	50-100 ⁸ 91/67/50 ⁹ 50-100 ¹⁰
Wiedehopfhaue	Lochpflanzung	Ndh Lbh	20 cm		56/45/28 ¹¹
Wiedehopfhaue	Topfpflanzung	Ndh Lbh			nA ¹²

Für das Modell mit der Arbeitstechnik «**Lochpflanzung**» werden folgende Leistungen in Anzahl Pflanzen pro Stunde verwendet:

		Leistung Lochpflanzung mit Wiedehopfhaue
Schwierigkeitsgrad S	einfach	56
	mittel	45
	schwierig	28*

* Aufgrund fehlender Datengrundlage ist dies momentan ein Schätzwert und wird bei der nächsten Modellüberarbeitung validiert.

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

¹¹ Erhebung WSL mittels Arbeitszeitstudien bei Forstbetrieben (nA = es konnten noch nicht genügend Daten erhoben werden).

Für das Modell mit der Arbeitstechnik «**Winkelpflanzung**» 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

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

Z3

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Default =200

Zeitaufwand_Winkelpflanzung : Grundzeit der Klemm – oder Spaltpflanzung

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**

$$\frac{\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung_Unterhalt}}{\text{Zeitaufwand_Winkelpflanzung}} = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Z4}$$

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**

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

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

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

Defaultwert Kosten pro Pflanze= 2.40 Fr.

4.4.2.2 **Transport**

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

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**

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

4.4.2.5 **Gesamtkosten**

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

4.5 Erdbohrer

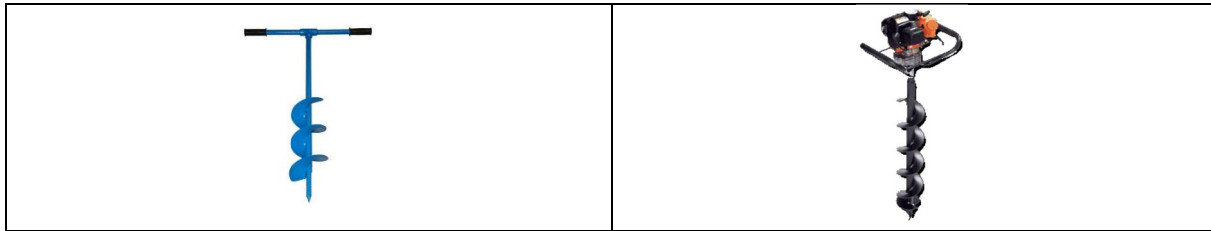


Abb. 8: Hand-Erdbohrer (manuell) und Motor-Erdbohrer (maschinell)

Dieses Pflanzverfahren eignet sich für Topf-, Containerpflanzen und Nacktwurzler. 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.

Nachteile:

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

$Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdbohrer_Beschaffung_S = x Std$ oder frei wählbar **Z1**

Defaultwert = 1 Std.

4.5.1.2 Transport

$Zeitaufwand_Lochpflanzung_Erdbohrer_Transport_S = x Std$

abhängig von Pflanzenart (Grösse, Gelände, Transportart) frei wählbar **Z2**

Defaultwert = 3 Std

¹¹ETH Zürich, Skript Waldbau 3, 2003.

4.5.1.3 Pflanzung

Verfahren	Arbeitstechnik	Baumart	Wurzelausdehnung L/B	Ausschluss	[Pflanzen/h]
Lochpflanzung ¹¹		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

¹ bezieht ebenfalls Topfpflanzung mit ein.

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:

$$\text{Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_manuell}_s = \frac{\text{AnzahlPflanzen}}{\text{Leistung_manuell}_s} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$$

Z3

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Defaultwert Anzahl Pflanzen = 200

Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_manuell_s = Zeitaufwand_Personal_manuell_s

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

Defaultwert = 27

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.

Maschinell

$$Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_maschinell_S = \frac{AnzahlPflanzen}{Leistung_maschinell_S} \times F_{Weg} \times F_{Pausen} \times F_{indir}$$

Z3a

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

Das muss später bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

$$Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät_S = \frac{AnzahlPflanzen}{Leistung_maschinell_S} \times FB_S$$

Z3b

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Default Anzahl Pflanzen = 200

$Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_maschinell_S = Zeitaufwand_Personal_maschinell_S$

$Zeitaufwand_Erdborher_Pflanzung_maschinell_Bohrgerät_S =$
 $Zeitaufwand_Bohrgerät_maschinell_S$

$Leistung_maschinell_S$
: Leistung_maschinell bei unterschiedlichen SchwierigkeitsgradenS
(einfach, mittel und schwierig)

Defaultwert = 71

FB_S = Maschinenlaufzeit nach Schwierigkeitsgrad

Defaultwert = 0.4

4.5.1.4 Unterhalt

$$Zeitaufwand_Erdborher_Unterhalt_manuell_S = \%_AnteilxZeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_manuell_S$$

Z4

$$Zeitaufwand_Erdborher_Unterhalt_maschinell_S =$$
$$\%_AnteilxZeitaufwand_Lochpflanzung_Erdborher_Pflanzung_maschinell_S \quad \text{Z4}$$

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

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

4.5.1.5 Gesamtzeitaufwand

$$Zeitaufwand_Erdborher_Gesamt_{TS} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

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

4.5.2 Kosten

4.5.2.1 Beschaffung

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

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

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

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten pro Pflanze: 3.50 Fr.

4.5.2.2 Transport

$$\text{Kosten_Transport}_{TS} = \text{Zeitaufwand_Erdborhrer_Transport}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Kosten_Transportmittel} \quad K2$$

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert Kosten_Transportmittel : 120 Fr.

4.5.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Pflanzung_manuell}$$

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

K3

$$\text{Kosten_Pflanzung_maschinell}$$

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

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

$$\times \text{KostenAnsatz_Bohrgerät}$$

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

Defaultwert für Erdborhrgerät: 15.00 Fr./h

4.5.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Unterhalt_manuell} = \% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Erdborhrer_Unterhalt_manuell}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K4

$$\text{Kosten_Unterhalt_maschinell} = \% \text{Anteil} \times \text{Zeitaufwand_Erdborhrer_Unterhalt_maschinell}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K4

S=einfach, mittel, schwierig

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

4.5.2.5 Gesamtkosten

$$\text{Kosten_Erdborhrer_manuell_Gesamt}_S = K1a+b + K2 + K3 + K4$$

$$\text{Kosten_Erdborhrer_maschinell_Gesamt}_S = K1a+b + K2 + K3a + K3b + K4$$

S=einfach, mittel, schwierig

4.6 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

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

oder frei wählbar **Z1**

Defaultwert = 1 Std.

4.6.1.2 Transport

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

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 ¹	Lochpflanzung	Ndh Lbh	30/30	Stark lehmig-tonige Böden, Bohr-Ø<30 cm	143/77/56 ¹⁵

¹ bezieht ebenfalls Topfpflanzung mit ein.

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 Pflanzhaken, diese werden aber wie die Handgeräte bei den anderen Verfahren nicht berechnet.

Maschinell:

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

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

Legende:

AnzahlPflanzen: Anzahl Pflanzen, die gepflanzt wurden

Defaultwert für Anzahl Pflanzen = 200

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

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

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

$$\text{Zeitaufwand_Anbaugerät_Unterhalt_maschinell}_S = \%_{\text{Anteil}} \times \text{Zeitaufwand_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_S \quad \text{Z4}$$

S=einfach, mittel, schwierig

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

4.6.1.5 Gesamtzeitaufwand

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

S=einfach, mittel, schwierig

4.6.2 Kosten

4.6.2.1 Beschaffung

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

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

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

S=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=einfach, mittel, schwierig

Default Kosten_Transportmittel : 120 Fr.

4.6.2.3 Pflanzung

$$\text{Kosten_Pflanzung_maschinell} = 2x \text{ Zeitaufwand_Anbaugerät_Pflanzung_maschinell}_{TS} \times$$

$$\text{KostenAnsatz_Personal} + \text{Zeitaufwand_Anbaugerät_maschinell_Pflanzung_Bohrgerät}_{TS} \times$$

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

T=Spalt, Loch, Topf

S=einfach, mittel, schwierig

4.6.2.4 Unterhalt

$$\text{Kosten_Unterhalt_maschinell} = \% \text{Anteil} \times$$

$$\text{Zeitaufwand_Anbaugerät_Unterhalt_maschinell}_S \times \text{KostenAnsatz_Personal}$$

K4

S=einfach, mittel, schwierig

4.6.2.5 Gesamtkosten

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

S=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 Pflanzhaue		Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00
		Kosten/Pflanze [Fr.]		2.40
	Klemm- /Spaltpflanzung	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
Rhodener Pflanzhaue		Kostenansatz Personal [Fr./h]		70.00
		Kosten/Pflanze[Fr.]		2.40
	Klemm- /Spaltpflanzung	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	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		
Wiedehopfhaue		Kostenansatz Personal [Fr./h]	70.00		
	Winkelpflanzung 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	
		Winkelpflanzung 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
	Lochpflanzung	Kosten/Pflanze [Fr.]		2.40
		Einfach	Beschaffung [h]	1
			Transport [h]	3
			Pflanzung [Pfl/h]	56
			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]	28
			Unterhalt [Faktor]	1.1

				Defaultwerte
Erdbohrer	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 Erdbohrgeräte 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
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

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.

Hartwandcontainer Pflanzen. (2024, April 23). <https://www.wsl.ch/de/wald/bewirtschaftung-und-waldfunktionen/waldbau-wachstum-und-ertrag/waldverjuengung/hartwandcontainer-pflanzen/>