

# Produktivitätsmodell "Austrichern 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 "Austrichern 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 „Austrichern 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

<b>1</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
1.1	Entstehung und Verwendung.....	3
1.2	Beurteilung und Besonderheiten .....	3
<b>2</b>	<b>Prozessbeschreibung.....</b>	<b>3</b>
2.1	Verwendete Methoden .....	3
2.2	Definitionsbereich und Abgrenzungen.....	4
2.3	Prozess.....	4
<b>3</b>	<b>Modell .....</b>	<b>5</b>
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
<b>4</b>	<b>Benutzerführung .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>13</b>

# 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  $h_{\text{dom}}$  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

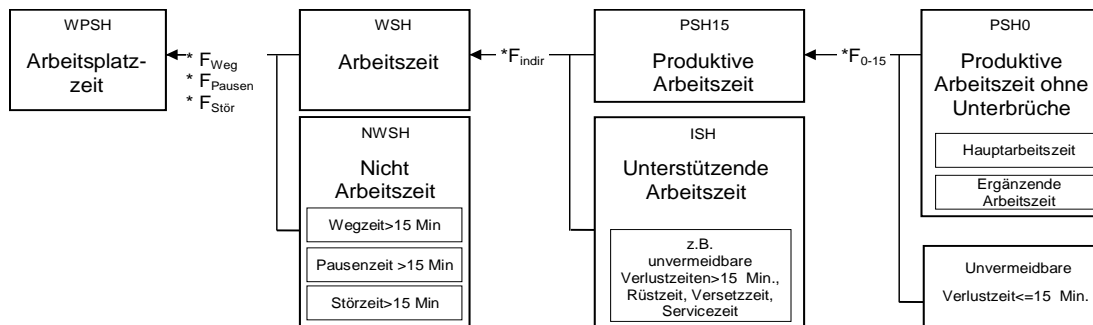


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

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 <sub>15</sub> =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	Defaultwert	Definitionsbereich	Einheit
$F_{indir}$	Indirekte Arbeitszeiten <sup>1)</sup>	1.1		
$F_{Pause}$	Bezahlte Pausen >15 Min.		$\geq 1.0$	[-]
$F_{Weg}$	Bezahlte Wegzeiten >15 Min.		$\geq 1.0$	[-]
	<b>Gewählter Defaultwert:</b> $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.133$ Annahme: von 510 Min. Arbeitszeit/Tag sind 60 Min. bezahlte Wegzeiten und Pausen. <b>Hinweis: Die Wegzeiten innerhalb der Arbeitsfläche (von Baum zu Baum) sind bereits in der Grundzeit enthalten!</b>	1.133		

<sup>1)</sup> 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 Jungwaldpflegearbeiten, welche damals um ein Vielfaches höher lagen als heute.

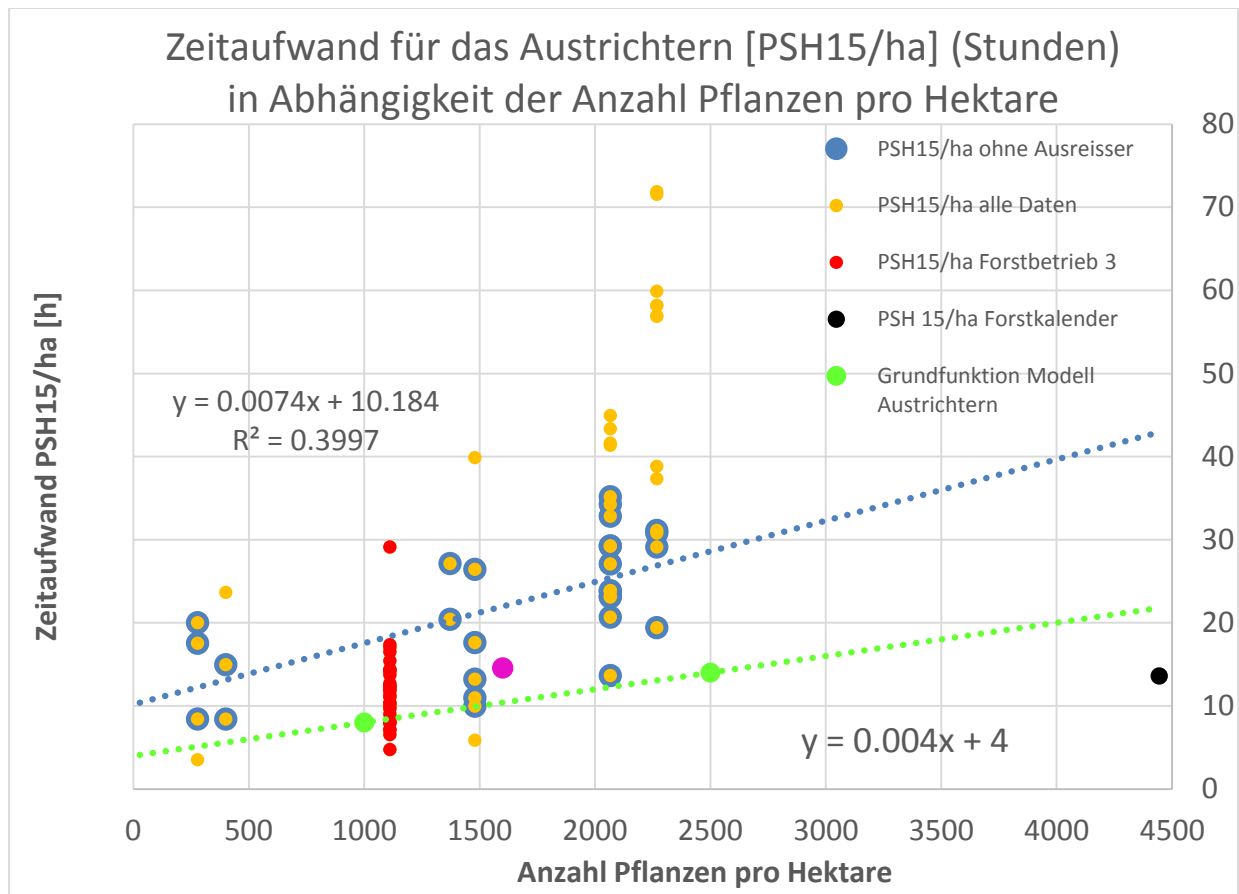


Abbildung 2: Grundzeit für das Austrichern in Abhängigkeit von der Anzahl Pflanzen pro Hektare.

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*

<b>Rückegassen vorhanden</b>	<b>KF3</b>
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*

<b>Einzelschutz oder Zaun</b>	<b>KF4</b>
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*

<b>Lufttemperatur</b>	<b>KF8</b>
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:

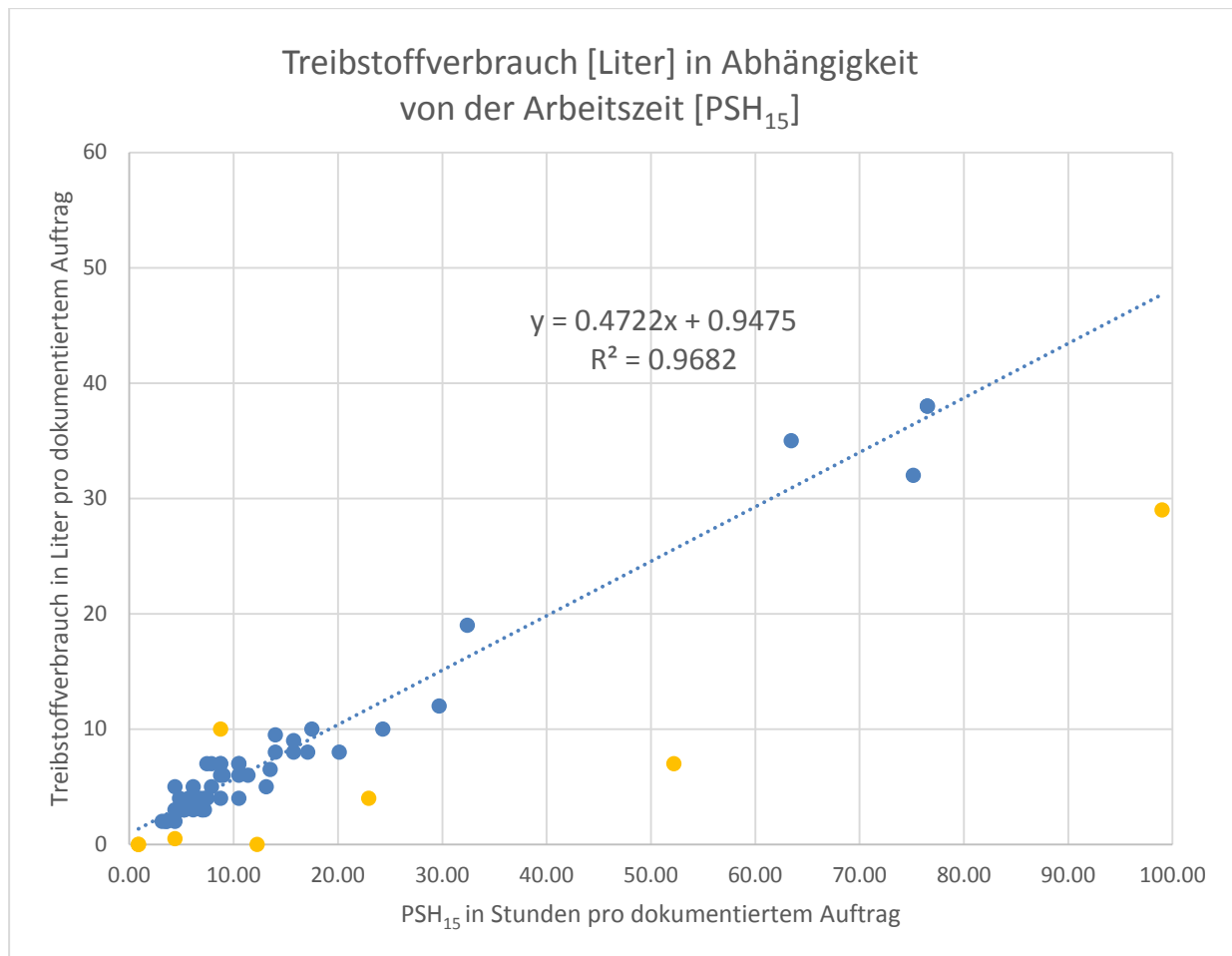
$$\begin{aligned} PSH_{15}^{\text{Austrichtern}} &= (0.004 \times \text{Anzahl}_{\text{Pflanzen}} + 4.0) \times KF1_{\text{Verunkrautung}} \times KF2_{\text{Hangneigung}} \times KF3_{\text{Rückegassen}} \\ &\times KF4_{\text{Einzelschutz oder Zaun}} \times KF5_{\text{Temperatur}} \end{aligned}$$

### 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:

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

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

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

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

### 3.3.9 Gerätekosten für Austrichern 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	<a href="https://wvs-shop.abacuscity.ch/de/home">https://wvs-shop.abacuscity.ch/de/home</a>

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

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

<sup>1)</sup> 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.

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

<sup>2)</sup> 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.