

Produktivitätsmodell „Wildschutzmassnahmen“

Grundlagen

Marc Werder

Janine Schweier



Foto: Niclo Brodbeck, 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	Erstellung Modell
1.0	F. Frutig	09.07.2018	Überarbeitung
1.1	R. Lemm	05.11.2020	Überarbeitung
1.1	F. Frutig	27.04.2021	Schlussredaktion
1.2	M. Werder/ J. Schweier	03.04.2024	Überarbeitung/ Aktualisierung

Inhalt

1	Grundlagen.....	3
2	Beschreibung der verschiedenen Schutzarten.....	3
2.1	Schutzmassnahmen und anfallende Teilarbeiten	3
2.2	Wuchshüllen.....	4
2.3	Drahtkörbe leicht.....	4
2.4	Drahtkörbe massiv.....	5
2.5	Einzelbaumschutz Holz.....	5
2.6	Chemischer Schutz	6
2.7	Triebsschutzmanschette	7
2.8	Schälschutz	7
2.9	Wildschutzzaun	8
3	Modell.....	10
3.1	Zeitsystem	10
3.2	Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen	10
3.3	Einzelschutz	11
3.3.1	Zeitaufwand pro geschützte Pflanze	14
3.3.2	Kosten pro geschützte Pflanze	14
3.4	Flächenschutz mit Zaun.....	16
3.4.1	Zeitaufwand.....	16
3.4.2	Kosten.....	19
3.5	Kostenvergleich zwischen Wuchshülle und Zaun.....	20
4	Benutzerführung.....	23
4.1	Berechnung der Zeitaufwände für Einzel- und Flächenschutz.....	23
4.2	Kostenvergleich zwischen Einzelschutz und Zaun.....	25
5	Literatur.....	26

1 Grundlagen

Mit geeigneten Schutzmassnahmen sollen Bäume, vornehmlich im bewirtschafteten Wald, vor schädigenden 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 grösstenteils Angaben aus der Literatur, da bei der Erstellung des Modells im Jahr 2020 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).

Als Validierung und Ergänzung der Literaturwerte und zur Aktualisierung des Modells wurden in den Jahren 2021 – 2023 eigene systematische Erhebungen mittels Zeitstudien durchgeführt. Die erhobenen Zeitaufwände stammen aus sieben Forstbetrieben aus der Deutschschweiz und Romandie, die auf 13 Flächen Schutzmassnahmen durchführten. Insgesamt konnten die Aufwandszeiten für die Installation von zirka 3500 Einzelschützen erfasst werden. Die mittels Erhebung aktualisierten Leistungen zu Schutzmassnahmen sind in Kapitel 3.3 abgebildet.

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
- Holzschutz
- 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 Holzpfahl, 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 Holzpfahl 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 / Drahtosen 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), Bindedraht (1mm stark, verzinkt) oder Kabelbindern (4 Stück) befestigt.

Vorteile:

- Wirksamer und langanhaltender Schutz gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälern
- 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 Einzelbaumschutz Holz

Als Alternative zu den aus Kunststoff- oder Drahtkörben existieren biologisch abbaubare Einzelschütze aus Holz (oftmals Käferholz). Diese bestehen aus, je nach Modell, unterschiedlich breiten und dicken Holzlatten, die mithilfe eines Drahtes oder Jutebändern verbunden sind. Befestigt werden die Einzelbaumschütze an Haltepfähle mit Drähten, Jutebändern oder Drahtklammern (Bostich). Gemäss den Herstellerangaben verrotten alle verwendeten Bestandteile der Schütze nach zirka 10 Jahren vollständig. Unabhängige Studien aus der Praxis dazu liegen aufgrund der erst kürzlich eingeführten Schutzart noch nicht vor.

Vorteile:

- Wirksamer und langanhaltender Schutz gegen Verbiss, Fegen und bedingt gegen Schälern
- Vollständig biologisch abbaubar, wodurch sehr minime bis keine Rückstände im Bestand zurückbleiben
- Keine Rückholung und Entsorgung der Schutzhüllen
- Passt ästhetisch ins Waldbild
- Aus einheimischem oder käferbefallenem Holz

Nachteile:

- Im Vergleich zu äquivalenten Schutzarten hohe Anschaffungskosten
- Jährliche Pflege von Hand nötig (Einwuchs)
- Momentan nur Varianten gegen Rehwild verfügbar

2.6 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).

2.7 Triebschutzmanschette

Triebschutzmanschetten bestehen aus UV-geschütztem Kunststoff und schützen die Terminaltriebe von Nadelbäumen vor Winterverbiss. Sie werden jeweils in der Safruhe (September bis März) an den Endknospen per Druckverschluss angebracht und dort das ganze Jahr belassen. Dabei ist es wichtig, dass sie nicht zu locker oder zu hoch angebracht werden, sodass der Zuwachs der Pflanze die Manschette nicht aufdrückt und die Seitentriebe zwischen den Stäben herauswachsen können. Im folgenden Herbst werden sie gelöst und am neuen Endtrieb befestigt. Die Manschetten können mehrmals wiederverwendet werden und (Lebensdauer ca. 8 – 10 Jahre). Dank des geringen Umfangs und Gewichts kann eine grosse Stückzahl mitgetragen werden.

Vorteile:

- Pflanzen sind durch farbige Manschetten an Endtrieben beim Ausmähen leicht sichtbar
- Günstige Anschaffungskosten und rasche Anbringung
- Kann bei jeder Witterung angebracht werden
- Manschetten können mehrmals verwendet werden

Nachteile:

- Müssen jährlich kontrolliert und angepasst werden
- Seitentriebe sind nicht vor Wildverbiss geschützt
- Bei unkorrektem Anbringen Gefahr von Deformation des Terminaltriebs
- Bei hohem Verbissdruck keine sichere Wirkung

2.8 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.

2.9 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 180-200 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 Holzpfosten

Das gängigste Pfostenmaterial ist Holz. Die Haltbarkeit der Zaunpfosten hängt stark von der Holzart bzw. der Holzbehandlung ab. Druckimprägnierte Holzpfosten 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

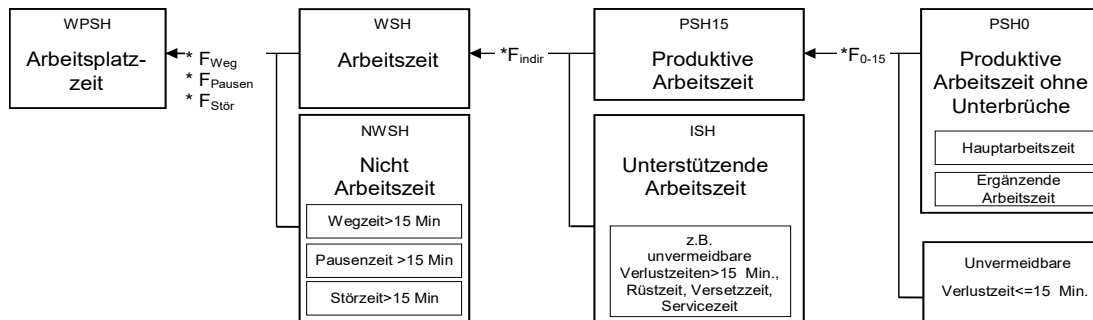


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinemann 1997; verändert).

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	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: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.125$	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) und anhand eigene, von der WSL in den Jahren 2021 - 2022 durchgeführte, Zeitstudien.

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

		¹ Wuchshülle	¹ Drahtkorb leicht/ Kunststoffkorb	² Einzelbaum- schutz Holz	Chemisch	² Triebsschutz- manschette
Baumartengruppe (keine Eingangsgrösse ins Modell)		Lbh/Ndh	Ndh/Lbh	Ndh/Lbh	Ndh	Ndh
Schutzart		Verbiss/ Schälen/ Fegen	Verbiss/ Schälen	Verbiss/ Schälen/ Fegen	Verbiss	Verbiss
Schutzdauer in Jahren		10	7	10	1	8
Anzahl Kontrollen		10	2	2	0	8**
Notwendigkeit der Entsorgung		Ja/Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
Aufbau	Personal Zeit Aufbau [min/Einheit u.10 Jahre]	2	3	3	5	0.5
	Personal Zeit Astung [min/Einheit u.10 Jahre]	0	0	0	0	0
	Fahrzeugkosten pauschal [CHF]	0	0	0	0	0
	Hülle (Reh-/Rotwild) [CHF] Hüllentyp siehe Tab. 4/5	2.40/3.80	0	0	0	0
	Drahtgeflecht je nach Zaunhöhe (Reh-/Rotwild) [CHF/Drahtkorb] Kunststoffgeflecht [CHF/Korb]	0	2.50/4.50 6.80*	0	0	0
	Holzhülle (Reh-/Rotwild) [CHF]	0	0	6.50	0	0
	Matte oder Netz [CHF]	0	0	0	0	0
	Wildverbiss-Schutzmittel [CHF]	0	0	0	0.20	0
	Triebsschutzmanschette [CHF]	0	0	0	0	0.20
	Akazienpfosten je nach Länge 150/200 [CHF]	0.85/1.95	0.85/1.95	0.85/1.95	0	0
	Kabelbinder [CHF]	0.03	0	0	0	0
	Querlatte [CHF]	0	0	0	0	0
Unterhalt/ Kontrolle	Personal Zeit Unterhalt/Kontr. [min/Einheit und 10 Jahre]	8	2	2	0	0.2
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0	0	0	0
Abbau/Ent- sorgung	Personal Zeit Abbau/Entsorgung [min/Einheit und 10 Jahre]	3	3	0	0	0.2
	Fahrzeugkosten [CHF]	0	0	0	0	0
	Entsorgungsgebühren [CHF]	0.035	0.2	0	0	0.01

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

** Die Manschetten müssen jedes Jahr am neuen Terminaltrieb neu angebracht werden.

¹ Aufwandszeiten anhand Gmür (2020) mittels systematischer Erhebungen der WSL validiert und aktualisiert.

² Aufwandszeiten anhand systematischer Erhebungen der WSL

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 Pflöste 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, Holzschutze, Triebsschutzmanschetten 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 Wuchshüllen und Einzelschutze aus Holz biologisch abbaubar ist entfällt der Zeitaufwand für den Abbau. Draht-, Kunststoffkörbe und Triebsschutzmanschetten 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, Holzschutzhüllen, Triebsschutzmanschetten, chemische Schutzmittel, Schälsschutzmatten/-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**:*

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 **Einzelbaumschutz Holz**:*

$$\text{Kosten_Material} = \text{Kosten_Holzschutzhülle} + \text{Kosten_Akazienpfahl}$$

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 mit **Triebsschutzmanschetten**:*

$$\text{Kosten_Material} = \text{Kosten_Triebsschutzmanschette}$$

K₁₂

Falls Schutz **chemisch**:

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

K_{12}

Falls Schutz mit **massivem Drahtkorb**:

$Kosten_Material$

$= Kosten_Drahtgeflecht + 3 \times Kosten_Akazienpfahl$
 $+ 3 \times Kosten_Querlatte$

K_{12}

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:

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

Alle zu schützenden Pflanzen verursachen Kosten von:

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

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:

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau}_{\text{rehwildsicher}} = \frac{\text{Zeitaufwand}_{\text{rehwildsicher}} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{Weg+Pausen}}}{60 \times 100}$$

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau}_{\text{rotwildsicher}} = \frac{\text{Zeitaufwand}_{\text{rotwildsicher}} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{Weg+Pausen}}}{60 \times 100}$$

Falls Metallpfähle:

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau}_{\text{rehwildsicher}} = \frac{\text{Zeitaufwand}_{\text{rehwildsicher}} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{Weg+Pausen}}}{60 \times 100}$$

$$\text{Zeitaufwand_Aufbau}_{\text{rotwildsicher}} = \frac{\text{Zeitaufwand}_{\text{rotwildsicher}} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{Weg+Pausen}}}{60 \times 100}$$

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 rotwildsicheren 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	
	Knotengeflecht/lfm 150/11/15: 150 cm hoch, 11 horizontale Drähte, 50 m-Rolle [CHF/lfm]	2.00	2.00		
	Knotengeflecht/lfm 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 Jungwaldpflege-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:

$$\text{Kosten_Aufbau} = \text{Zeitaufwand_Aufbau} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Aufbau} + \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 1/4 \times \text{Kosten_Zaunpfähle} + \text{Kosten_Spanndraht} + \text{Kosten_Drahtspanner}$$

Falls rotwildsicher:

$$\text{Kosten_Aufbau} = \text{Zeitaufwand_Aufbau} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Aufbau} + \text{Kosten_Drahtgeflecht} + 1/5 \times \text{Kosten_Zaunpfähle} + \text{Kosten_Spanndraht} + \text{Kosten_Drahtspanner}$$

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

$$\text{Kosten_Kontrolle_Unterhalt} = \text{Zeitaufwand_Kontrolle_Unterhalt} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Kontrolle_Unterhalt} \quad \mathbf{Z_2}$$

3.4.2.3 Abbaukosten

$$\text{Kosten_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrten_Abbau_Entsorgung} \quad \mathbf{Z_3}$$

3.4.2.4 Total Kosten pro Laufmeter

Die gesamten Kosten addieren sich.

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

$$Z_{\text{Total}} = \text{Zaunlänge} \times Z_{\text{pro Laufmeter}}$$

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.

$$\text{Kosten}_{\text{Einzelschutz}} = \text{Kosten}_{\text{Zaun}}$$

$$\text{Zaunlänge} \times \sum_{i=1}^3 Z_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Zaun} + \text{Pflanzkosten_Zaun})$$

$$= \text{Anzahl_Pflanzen} \\ \times \sum_{i=1}^3 K_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Einzelschutz} \\ + \text{Pflanzkosten_Einzelschutz})$$

$$\text{Zaunlänge} = \text{Anzahl_Pflanzen} \times \sum_{i=1}^3 K_i + \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Einzelschutz} + \text{Pflanzkosten_Einzelschutz} - \text{Anzahl_Pflanzen} \times (\text{Kosten_der Pflanze_Zaun} + \text{Pflanzkosten_Zaun})) / \sum_{i=1}^3 Z_i$$

K_i $i = 1..3$ 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.

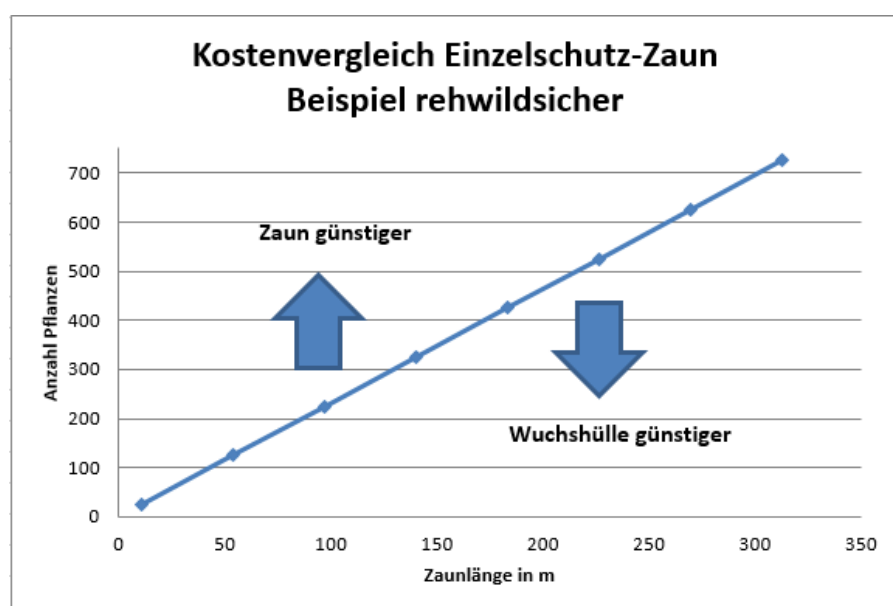


Abbildung 2: Vergleich von Einzelschutz und Zaun gegen den Verbiss durch Rehe. Verglichen werden die Kosten des Einzelschutzes mit Wuchshüllen und der Flächenschutz mit rehwildsicherem Zaun. Pflanzenzahlen unterhalb der blauen Linie bedeuten, dass der Einzelschutz durch Wuchshüllen günstiger ist als 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	Einzelchutz, 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	dito
		Kontrolle/Unterhalt	
		Abbau/Entsorgung	
	Typ nicht abbaubar, rotwildsicher	Aufbau	dito
		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	
Einzelbaumschutz Holz ¹	rehwildsicher	Aufbau	Personalaufwand
			Schutzhülle
			Akazienstab
		Kontrolle/Unterhalt	Fahrkosten

			Personalaufwand
Triebsschutzmanschette		Aufbau	Personalaufwand
			Schutzmanschette
			Fahrkosten
		Kontrolle/Unterhalt	Personalaufwand
			Fahrkosten
		Abbau Entsorgung	Personalaufwand
			Fahrkosten
Entsorgungsgebühr			
Chemischer Schutz		Aufbau	Personalaufwand
			Schutzmittel
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	

¹ Für rotwildsichere Holzschutze noch nicht genügend Daten vorhanden

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 Z₁.

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>