

# Produktivitätsmodell

## "Planung der Feinerschliessung mit Rückegassen"

### Teil A: Grundlagen

Marc Werder

Oliver Thees

Janine Schweier

Fritz Frutig



Bild: Marc Werder, WSL

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

Das Produktivitätsmodell "Planung der Feinerschliessung mit Rückegassen" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Jungwaldpflege/ 1. Produktionsstufe, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen "Juwapfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>).

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	O. Thees / F. Frutig	03.06.2021	Entwurf der Dokumentation
1.1	M. Werder / O. Thees	17.08.2023	Überarbeitung

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Prozessbeschreibung.....</b>	<b>2</b>
3.1	Planungsverfahren .....	2
3.2	Leistungsbestimmende Faktoren.....	3
3.2.1	Verhältnisse von Gelände und Bewuchs .....	3
3.2.2	Rückegassenabstand .....	3
3.2.3	Hilfskräfte .....	4
3.2.4	Erfahrung/Ortskenntnisse der Planerinnen und Planer.....	4
<b>4</b>	<b>Modell .....</b>	<b>4</b>
4.1	Zeitsystem.....	4
4.2	Faktoren für bezahlte Wegzeiten und Pausen <sup>1</sup> .....	5
4.3	Arbeitszeiten der involvierten Personen.....	5
4.3.1	Hauptplanende Person [h/ha].....	6
4.3.2	Hilfskraft [h/ha] .....	6
4.3.4	Korrekturfaktoren.....	7
4.4	Formeln.....	7
4.4.1	Hauptplanende Person (PPH <sub>15</sub> ) .....	7
4.4.2	Hilfskraft (PPH <sub>15</sub> ).....	7
4.4.3	Arbeitsplatzsystemzeit (WPSH) .....	8
4.5	Kosten.....	8
4.5.1	Personalkosten .....	8
4.5.2	Gerätekosten .....	9
4.5.3	Systemkosten .....	9
<b>5</b>	<b>Benutzerführung.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Beurteilung der Qualität des Modells .....</b>	<b>12</b>

## Übersicht

Thema	Ort	Beschrieb
Ziel	Seite 2 Kapitel 2	Anhand einer Umfrage in der Forstpraxis wurde eine Datengrundlage erarbeitet, auf welcher das Produktivitätsmodell zur «Planung der Feinerschliessung mit Rückegassen» aufbaut.
Umfrage		Die Umfrage deckt für die anschliessende Auswertung folgende Themen ab: (i) der Zeitaufwand für die Planung unter jeweiligen Verhältnissen, (ii) die Rückegassenabstände und (iii) die Erfahrung und Ortskenntnisse der Ausführenden.
Adressaten der Umfrage		Die <b>Adressaten</b> waren Personen aus der Schweiz und Deutschland, die sich mit der Planung von Rückegassen beschäftigen. Diese sind der Forschungsgruppe entweder persönlich bekannt oder wurden über Kantonsverantwortliche und Forstämter ermittelt. Die <b>Erfahrungsjahre</b> der Teilnehmenden liegen zwischen 2 und 40, wobei 50 % zwischen 4 und 22 Jahren liegen. Der Median ist 14 Erfahrungsjahre. Der durchschnittliche <b>Umfang der geplanten Rückegassen</b> der Adressaten beläuft sich auf 85 ha/Jahr. Die Bandbreite liegt zwischen 2 – 550 ha/Jahr, wobei 50% zwischen 20 – 100 ha/Jahr liegen. Vom gesamten Umfang sind 40 % Neuanlagen und 60 % stellen Optimierungen von bestehenden Rückegassennetzen dar.
Datengrundlage		Die ausgewerteten Resultate basieren auf 58 erhaltenen Antworten. Davon konnten 46 Datensätze für die Erstellung des Produktivitätsmodells (statistische Auswertung) verwendet werden (bei 12 Datensätzen fehlten die Zeitaufwandsangaben).
Planungsverfahren	Seite 2 Kapitel 3.1	Es gibt unterschiedliche Verfahren Rückegassennetze zu planen (Papierkarte/ GIS; mit Busssole, Fluchtstab mit/ ohne GPS; reines GPS etc.). In der Auswertung konnte zwischen den einzelnen Verfahren kein zeitlicher Unterschied festgestellt werden. Somit gilt dieses <b>Modell für alle Planungsverfahren</b> , unabhängig von den eingesetzten Hilfsmitteln und Materialien. Die Planungsverfahren beinhalten die gleichen fünf Arbeitsschritte im Büro und im Gelände.
Leistungsbestimmende Faktoren	Seite 3 Kapitel 3.2	Anhand der statistischen Auswertung der Umfrageergebnisse konnten verschiedene Parameter eruiert werden, die den Zeitaufwand bzw. die Produktivität bei der Planung von Rückegassen beeinflussen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verhältnisse von Gelände und Bewuchs</li> <li>- Rückegassenabstand</li> <li>- Erfahrung/ Ortskenntnisse der Planerinnen und Planer</li> <li>- Hilfskräfte (Einfluss statistisch nicht nachweisbar)</li> </ul>
Rückegassenabstand (Meter [m])	Seite 3 Kapitel 3.2.2	Die Rückegassenabstände variieren zwischen 20 – 60 Meter. Der Defaultwert im Modell ist 30 Meter.
Hilfskraft	Seite 4 Kapitel 3.2.3	Es wird angenommen, dass der <b>Planungsprozess von einer Person allein</b> durchgeführt wird. Im Planungsschritt 4 (Markieren, Verifizieren, Erfassen der Rückegassen im Bestand) kann eine <b>Hilfskraft</b> hinzugezogen werden, deren Zeitaufwände sich ebenfalls nach den Rückegassenabständen und den Verhältnissen richten.
Zeiten (Stunden [h])	Seite 5 Kapitel 4.3	Die die der Umfrage erhobenen Aufwandszeiten beziehen sich auf <b>produktive Zeiten des Arbeitssystems</b> mit Unterbrechungen bis 15 Minuten (PSH15). Die vom Modell ausgegebene Zeit ist die <b>Arbeitsplatzzeit</b> (WPSH; Produktive Arbeitszeit inkl. indirekter Arbeitszeiten sowie bezahlter Weg- und Pausenzeiten).
Kosten (Franken [CHF])	Seite 8 Kapitel 4.5	Für die <b>Personalkosten</b> sind Standardkostensätze hinterlegt, die bereits in allen HeProMo und JuWaPfl Modellen verwendet werden, sich aber individuell anpassen lassen. Die <b>Materialkosten</b> für die Arbeiten im Bestand (Fluchtstab, Busssole, mobiles GPS) sind die aktuellen Marktpreise (Stand 19.12.22) für die Geräte, dividiert durch deren jeweiligen Lebensdauer und der durchschnittlich beplanten Waldfläche pro Jahr. Personal- und Materialkosten werden pro Hektar als auch für das Gesamtprojekt angegeben.
Auswertung	Teil B	Die Auswertung des Umfragebogens wurde mit den Programmen Microsoft Excel (deskriptive Auswertung) und R-Studio (statistische Auswertung mit der R Methode 'lm' ('Fitting Linear Models')) durchgeführt.

## 1 Ausgangslage

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

Tabelle 1 zeigt die Umfrageergebnisse bezüglich der Wichtigkeit des Planens und Erfassens von Rückegassen. Gemäss Umfrage erachteten 91% der Betriebsleiter aus der Region Flachland (Forstregionen Mittelland und Jura) die Feinerschliessungsplanung als *wichtig* oder *eher wichtig*, in der Region Gebirge (Forstregionen Voralpen, Alpen, Alpensüdseite) sind es noch 46%. Auch in den Regionen mit steilem Gelände gibt es flachere Partien, in denen die Feinerschliessung mit Rückegassen erfolgt.

Erwartungsgemäss wurden nur wenige Datenquellen gemeldet.

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

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Daten- quellen Flach- land	Anzahl Daten- quellen Ge- birge
49	Rückegassen planen und erfassen	91	46	6	0

Vor dem Hintergrund dieses Bedürfnisses wurde ein Modell entwickelt, um Zeitbedarf und Kosten für die Planung der Rückegassen im konkreten Fall zu schätzen. Eine erste Orientierung im Jahr 2021 in der Schweizer und der deutschen Forstpraxis (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Thüringen) ergab, dass die angewandten Verfahren bei der Planung der Rückegassen sehr heterogen und keine Informationen über den Zeitbedarf dokumentiert sind. Daher wurde entschieden, eine Umfrage in der Praxis durchzuführen, um quantitative Grundlagen für die Modellerstellung zu erlangen. Diese im Jahr 2022 durchgeführte Umfrage bildet die Basis des statistischen Modells und der vorliegenden Modellbeschreibung sowie der Programmierung.

## 2 Grundlagen

Aufgrund der fehlenden Grundlagen zu Zeitbedarf und Kosten der Rückegassenplanung wurde eine Umfrage in der Praxis durchgeführt. Als Adressaten fungierten Personen, die in der Planung von Rückegassen versiert sind. Diese waren der Projektgruppe entweder persönlich bekannt oder wurden in der Schweiz in den Kantonen Aargau, Bern, Luzern, Solothurn, Zug und Zürich über die für dieses Thema Verantwortlichen ermittelt. Diese Kantone weisen gemäss dem Schweizerischen Landesforstinventar (LFI) die höchsten Erschliessungswerte mittels Strassen und Rückegassen im Waldgebiet auf (Brändli, U.-B.; Abegg, M.; Allgaier Leuch, B. (Red.) 2020). Zusätzlich wurde die Umfrage bei Einzelpersonen in verschiedenen Forstverwaltungen in Deutschland durchgeführt (Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz).

Die Umfrage wurde als Online-Umfrage durchgeführt. Sie wurde mit dem Tool «LimeSurvey» erstellt und die Daten, für einen verbesserten Datenschutz, auf einem WSL-internen Server gespeichert. Der Fragebogen gliedert sich in drei Teile betreffend: (i) den Zeitaufwand für das gewählte Planungsverfahren (h/ha) unter den jeweiligen Verhältnissen (leichte, mittlere, schwierige), (ii) die geplanten Rückegassenabstände sowie (iii) die Erfahrung (Erfahrungsjahre, Ortskenntnisse) der Umfrageteilnehmenden. Insgesamt besteht der Fragebogen aus 7 Fragen (zzgl. Unterfragen) und benötigt zirka 20 Minuten für das komplette Ausfüllen.

Der Fragebogen wurde im Jahr 2022 von insgesamt 58 Personen ausgefüllt, wovon 46 Teilnehmende diesen komplett und 12 teilweise abschlossen. 30 der antwortenden Personen stammten aus der Schweiz, 27 aus Deutschland. Ein Rücklauf konnte aufgrund fehlender Angaben nicht zugeordnet werden.

Dem Teil B der Grundlagen der Programmierung können der originale Fragebogen und die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Antworten entnommen werden.

## 3 Prozessbeschreibung

Das Modell bildet die Planung von Rückegassen bzw. Rückegassennetzen ab. Diese umfasst die Beschaffung der notwendigen Informationen, die Ausarbeitung eines Planes im Büro, die Übertragung des Gassennetzes in das Gelände und dessen Dokumentation. Die für die konkrete Anlage notwendigen Holzerntearbeiten gehören nicht mehr zum Planungsprozess. Da in der Praxis Rückegassenanlagen bereits mehrheitlich existieren, geht es bei den Planungsarbeiten meistens darum, die bestehenden Anlagen zu verändern bzw. zu verbessern. Letzteres wird in der Praxis meist als Optimieren bezeichnet.

### 3.1 Planungsverfahren

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, wie die Planung eines Rückegassennetzes erfolgen kann. Dennoch lässt sich ein grundsätzliches Vorgehen mit den folgenden **fünf Arbeitsschritten** skizzieren:

1. Die **Vorarbeiten im Büro** umfassen das Abgrenzen der Feinerschliessungseinheit bzw. des zu planenden Perimeters und die Markierung aller bestehenden Rückegassen mit den zur Verfügung stehenden Unterlagen (z.B. topographische Karten, Satellitenbilder, Orthofotos, Lidar-Bilder).
2. Allenfalls ist eine **Geländebegehung** nötig, zum Beispiel um fehlende Gassen aufzunehmen oder an kritischen Stellen die Befahrbarkeit zu überprüfen.
3. Auf der komplettierten Karte erfolgt die neue **Planung der Rückegassen** nach einem gewählten Feinerschliessungskonzept (Richtung, Abstand der Gassen, usw.), wobei im Interesse des Bodenschutzes möglichst viele bestehende Gassen übernommen werden sollten.

4. Anschliessend werden die neu geplanten Rückegassen **im Gelände verifiziert, markiert, erfasst** und nötigenfalls in der Linienführung angepasst (Hindernisse, Mikrotopografie, feuchte Stellen) (Abb. 1). Dies erfolgt entweder mit Papierkarte, Fluchtstab und Bussole, mit einem mobilen GPS oder in Kombination.
5. Zum Schluss erfolgt im Büro die **Dokumentation** der aufgenommenen Rückegassennetze.

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

### 3.2 Leistungsbestimmende Faktoren

Die Erwartung, dass das Verfahren einen signifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf hat, bestätigte die Auswertung der Umfrage nicht. Dagegen konnten (i) die Verhältnisse von Gelände und Bewuchs (Sicht, Jahreszeit) und (ii) der Abstand der Rückegassen als signifikante leistungsbestimmende Einflussfaktoren identifiziert werden. Weitere leistungsbestimmende Faktoren sind der Einsatz von Hilfskräften bei den Planungsarbeiten im Gelände und die Erfahrung/Ortskenntnisse der Planerinnen und Planer.

#### 3.2.1 Verhältnisse von Gelände und Bewuchs

Für das Modell wurden drei Schwierigkeitsstufen (leicht, mittel, schwierig) unterschieden und wie folgt definiert:

- Leichte Verhältnisse: z.B. flaches Gelände, unbelaubter Zustand, übersichtlich, weitsichtig, keine oder geringe Behinderung durch Bewuchs und Geländemerkmale wie Gräben und Felsen
- Mittlere Verhältnisse: z.B. Frühling oder Herbst mit wenig Laub, Jungwaldpassagen, eingeschränkte Sichtverhältnisse
- Schwierige Verhältnisse: z.B. ausgeprägte Hanglage, belaubter Zustand, viel Jungwald oder Stangenholz, hoher Nadelholzanteil, Sichtverhältnisse erheblich eingeschränkt, Bodenrauigkeit erhöht, vernässte Stellen, viele alte Rückegassen zu berücksichtigen

#### 3.2.2 Rückegassenabstand

Entsprechend den in der Praxis angewendeten Rückegassenabständen liegen die vom Modell abgebildeten Abstände zwischen 20 – 60 Meter.

Grundsätzlich ist folgende Wechselbeziehung zu beachten: Da grössere Abstände zu höheren Erntekosten führen, werden hauptsächlich bei vollmechanisierten Holzernteverfahren eher geringe Rückegassenabstände gewählt. Die Anlage von Rückegassen führt zu Verlust von Produktionsflächen und durch die Verdichtung des Bodens sowie die Schädigung der Wurzeln von Gassenrandbäumen können Zuwachseinbussen auftreten. Bei grösseren Rückegassenabständen als 20 m müssen die Bäume zum Teil motormanuell zugefällt oder vorgerückt werden, wodurch höhere Erntekosten entstehen und höhere Schäden am bleibenden Bestand zu erwarten sind. Gemäss einer Studie von Frutig et. al (2016) liegt der optimale Rückegassenabstand bei 30 – 50 Meter.

### 3.2.3 Hilfskräfte

Hilfskräfte sind Personen, die die Planerinnen und Planer bei der Umsetzung des Planungsprozesses unterstützen. Gemäss der Umfrage kommen diese bei Arbeiten im Gelände und hauptsächlich bei schwierigen Verhältnissen zum Einsatz. Aus rein ökonomischen Gründen sollte eine Hilfskraft nur eingesetzt werden, wenn die Planung allein nur sehr schwierig oder nicht durchführbar ist (ungenügende Genauigkeit, viel höherer Zeitaufwand). Bei solchen Verhältnissen kann im Modell eine Hilfskraft im Arbeitsschritt «Verifizieren, Markieren und Erfassen der neu geplanten Rückegassen im Bestand» berücksichtigt werden. Sie lässt sich mit einem individuellen, im Vergleich mit dem oder der Hauptplanenden in der Regel geringeren Kostensatz verrechnen.

Nach den Ergebnissen der Umfrage hat der Einsatz von Hilfskräften keine Reduzierung der Systemzeiten zur Folge. Die Aufwandszeiten bleiben somit mit oder ohne Hilfskraft gleich, die Kosten für den Planungsprozess steigen beim Beizug einer Hilfskraft allerdings.

### 3.2.4 Erfahrung/Ortskenntnisse der Planerinnen und Planer

Die mit der Planung von Rückegassen vertrauten Umfrageteilnehmer bestätigten die Annahme, dass Planerinnen und Planer, die über keine oder mangelnde Erfahrung und/oder Ortskenntnisse verfügen, mehr Zeit für die Planung von Rückegassen benötigen. Die Umfrageergebnisse zeigten konkret einen Zeitzuschlag von 49 % des Gesamtaufwandes bei mangelnder Erfahrung und 57 % bei fehlenden Ortskenntnissen. Im Modell werden diese zwei Faktoren pauschal zusammengefasst und als Default-Wert mit einem Zeitzuschlag von 50 % angegeben. Falls eine Planerin oder Planer über mangelnde Erfahrung/ Ortskenntnisse verfügt, kann dieser Zeitzuschlag individuell angepasst werden.

## 4 Modell

### 4.1 Zeitsystem

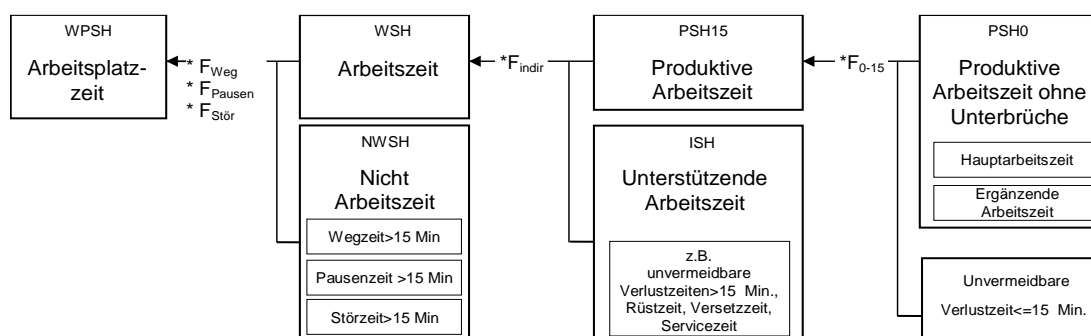


Abbildung 1: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinimann 1997; verändert).

Die in Abbildung 1 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tab. 2). Für das Modell «Planen von Rückegassen» sind vor allem die Arbeitsplatzzeit WPSH und die Produktive Arbeitszeit PSH<sub>15</sub> wichtig. Wegzeiten und Pausen sind mit einem Defaultwert im Modell hinterlegt (siehe Kapitel 5.2 bzw. Tabelle 3), können jedoch im Einzelfall individuell gewählt werden.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

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

## 4.2 Faktoren für bezahlte Wegzeiten und Pausen<sup>1</sup>

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

Abkürzung	Definition	Default- wert	Def. bereich	Einheit
$F_{Pause}$	Pausen >15 Min.		≥1.0	[-]
$F_{Weg}$	Wegzeiten >15 Min.		≥1.0	[-]
$F_{Stör}$	Gewählter Defaultwert: $F_{Pause} * F_{Weg} = 1.1133$ <sup>2)</sup>	1.133	≥1.0	[-]
WPSH	$Arbeitsplatzzeit = PSH_{15} \times F_{Weg} \times F_{pausen}$			

<sup>1)</sup> Der in den Modellen HeProMo und JuWaPfl verwendete Faktor für indirekte Arbeitszeiten (ISH; Abbildung 1) von 1.1 wird hier aufgrund der abweichenden Datenerhebung mittels Umfrage (Erfahrungswerte) nicht berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die indirekten Arbeitszeiten bei den Planungsarbeiten zur Feinerschliessung einen geringen Umfang einnehmen und in den Schätz-/Erfahrungswerten zum Zeitbedarf bereits enthalten sind.

<sup>2)</sup> Auf der Benutzeroberfläche können die tägliche Arbeitszeit und der Anteil bezahlte Wegzeiten und Pausen eingegeben werden. Damit lässt sich der Faktor individuell berechnen.

## 4.3 Arbeitszeiten der involvierten Personen

Das Modell wurde aus den Ergebnissen der statistischen Analyse der Umfragedaten gebildet. Bei den im Modell verarbeiteten Zeitangaben handelt es sich um produktive «Personen-Stunden» mit Unterbrechungen bis 15 Minuten (PPH<sub>15</sub>). Das Modell errechnet in einem ersten Schritt die Zeitbedarfe als produktive Systemstunden mit Unterbrechungen bis 15 Minuten (PSH<sub>15</sub>). Zum Beispiel ergäbe sich bei einem Arbeitssystem bestehend aus einem Hauptplaner mit einem Einsatz von 5 PPH<sub>15</sub> und einer Hilfskraft mit einem Einsatz von 2 PPH<sub>15</sub> eine Systemzeit von 5 PSH<sub>15</sub>. Dieser Wert wird mit Faktoren für indirekte Arbeitszeiten, bezahlte Wegzeiten und Pausen multipliziert, um die Arbeitsplatzzeit (WPSH) zu ermitteln.



#### 4.3.1 Hauptplanende Person [h/ha]

Im Modell werden folgende Zeitaufwände für den gesamten Planungsprozess pro Hektar der hauptplanenden Person in Abhängigkeit der Verhältnisse und Rückegassenabstände verwendet:

		GrundaufwandHaupt <sub>v</sub> [h/ha]	Rückegassenabstand (RGAHaupt <sub>m</sub> ) [h/ha]
Verhältnisse (v)	einfach	10.6299	- 2.4883 × log(m)
	mittel	11.7906	- 2.4883 × log(m)
	schwierig	13.0965	- 2.4883 × log(m)

##### GrundaufwandHaupt<sub>v</sub>

Grundaufwand [h/ha] des Planungsprozesses bei unterschiedlichen Verhältnissen von Gelände und Bewuchs (einfach, mittel, schwierig) unabhängig vom Rückegassenabstand.

Default: 11.7906 (mittel)

##### RGAHaupt<sub>m</sub>

logarithmierter Rückegassenabstand [m] multipliziert mit der Aufwandszeit.

Default: m = 30 (Meter)

#### 4.3.2 Hilfskraft [h/ha]

Hilfskräfte werden im Arbeitsschritt 4 «Verifizieren, Markieren und Erfassen der neu geplanten Rückegassen im Bestand» (siehe Kapitel 4.1) eingesetzt. Die Systemzeit bleibt beim Einsatz einer Hilfskraft unverändert und wird nicht reduziert oder erhöht. Allerdings erhöhen sich die Kosten der Systemzeit bzw. -stunde. Der Mehraufwand an Arbeitsstunden infolge des Einsatzes einer Hilfskraft wird mit dem ihr entsprechenden Kostensatz verrechnet und findet Eingang in den Kostensatz der Systemstunde.

		GrundaufwandHilfs <sub>v</sub> [h/ha]	Rückegassenabstand (RGAHilfs <sub>m</sub> ) [h/ha]
Verhältnisse (v)	einfach	3.1175	- 0.5364 × log(m)
	mittel	3.9313	- 0.5364 × log(m)
	schwierig	4.8710	- 0.5364 × log(m)

##### GrundaufwandHilfs<sub>v</sub>

Grundaufwand [h/ha] des Aufwands Arbeitsschritt 4 bei unterschiedlichen Verhältnissen von Gelände und Bewuchs (einfach, mittel, schwierig) unabhängig vom Rückegassenabstand.

Default: 3.9313 (mittel)

##### RGAHilfs<sub>m</sub>

logarithmierter Rückegassenabstand [m] multipliziert mit der Aufwandszeit.

Default: m = 30 (Meter)

Hilfskraft	
ja	0.00
nein	0.00

Default = nein

#### 4.3.4 Korrekturfaktoren

##### 4.3.4.1 Ortskenntnisse (KF1)

Vorhandene Ortskenntnisse (Informationen über die Beschaffenheit der Böden, die Mikrotopografie, den Zustand des Bestandes etc.) verringern den Zeitaufwand für die Planung von Rückegassen. Fehlen diese, dauert der Prozess länger. Da bei den angegebenen Grundzeiten Ortskenntnisse als gegeben angenommen werden, erhöht sich der Aufwand bei fehlenden pauschal um den Faktor 0.50.

Ortskenntnisse vorhanden	KF1
ja	0.00
nein	0.50

Default: ja

##### 1. Übung Planungsverfahren (KF2)

Übung und Erfahrung mit dem jeweiligen Planungsverfahren können sich signifikant auf die Zeitdauer des Arbeitsprozesses auswirken. Da die Grundzeiten auf Daten von versierten Planern basieren, erhöht sich die Aufwandszeit bei fehlender Übung/ Erfahrung pauschal um den Faktor 0.50.

Übung mit dem Planungsverfahren	KF2
ja	0.00
nein	0.50

Default: ja

#### 4.4 Formeln

##### 4.4.1 Hauptplanende Person (PPH<sub>15</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Zeitaufwand}_{\text{Hauptplaner}} &= (\text{GrundaufwandHaupt}_v + \text{RGAHaupt}_m) + \\ &((\text{GrundaufwandHaupt}_v + \text{RGAHaupt}_m) \times \text{KF1}_{\text{Ortskenntnisse}}) + \\ &((\text{GrundaufwandHaupt}_v + \text{RGAHaupt}_m) \times \text{KF2}_{\text{Übung Planungsverfahren}}) \end{aligned}$$

##### 4.4.2 Hilfskraft (PPH<sub>15</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Zeitaufwand}_{\text{Hilfskraft}} &= (\text{GrundaufwandHilfs}_v + \text{RGAHilfs}_m) + \\ &((\text{GrundaufwandHilfs}_v + \text{RGAHilfs}_m) \times \text{KF1}_{\text{Ortskenntnisse}}) + \\ &((\text{GrundaufwandHilfs}_v + \text{RGAHilfs}_m) \times \text{KF2}_{\text{Übung Planungsverfahren}}) \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Arbeitsplatzsystemzeit (WPSH)

Für die Berechnung der Arbeitsplatzsystemzeit (WPSH) wird die produktive Systemzeit mit Unterbrechungen bis 15 Minuten ( $PSH_{15}$ ) mit den Faktoren für bezahlte Wegzeiten und Pausen multipliziert. Da sich die Systemzeit (WPSH) beim Beizug einer Hilfskraft nicht verändert, ist diese analog der, in Kapitel 4.4.1 angegebenen, produktiven «Personen-Stunden» mit Unterbrechungen bis 15 Minuten ( $PPH_{15}$ ) der hauptplanenden Person. Das Produktivitätsmodell für die Planung der Feinerschliessung mit Rückegassen lautet somit:

$$WPSH/ha = Zeitaufwand_{Hauptplaner} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$$

Für den Zeitaufwand pro effektiv beplante Fläche bzw. pro Auftrag werden die Zeiten pro Hektare mit der Anzahl beplanter Hektaren im Bestand multipliziert:

$$WPSH = \frac{WPSH}{ha} \times ha$$

Die Produktive Arbeitszeit mit Unterbrechungen bis 15 Minuten der Hilfskraft ( $PPH_{15}$ ) wird für das Modell ebenfalls mit den Faktoren für bezahlte Wegzeiten und Pausen multipliziert (WPPH). Dies hat auf die Arbeitsplatzsystemzeit (WPSH) keinen Einfluss, ist aber kostenrelevant:

$$WPPH_{Hilfskraft} = Zeitaufwand_{Hilfskraft} \times F_{Weg} \times F_{Pausen}$$

#### 4.5 Kosten

Die Gesamtkosten bestehen vorwiegend aus den Personalkosten. Sachkosten sind von untergeordneter Bedeutung. Die Personalkosten pro Stunde sind in der Höhe frei wählbar; als Default werden Standardkostensätze in Franken (CHF) pro Stunde verwendet, die bereits in allen HeProMo- und JuWaPfl-Modellen hinterlegt sind. Die Sach- bzw. Gerätekosten (CHF) wurden anhand gängiger Marktpreise definiert. Die Summe der Personal- und Gerätekosten ergeben die Systemkosten.

##### 4.5.1 Personalkosten

$$Personalkosten/ha_{Hauptplaner} = WPSH/ha \times Personalkostensatz_{Hauptplaner}$$

$$Personalkosten/ha_{Hilfskraft} = WPPH_{Hilfskraft} \times Personalkostensatz_{Hilfskraft}$$

##### Default Personalkostensatz

Hauptplaner = 80 CHF/ha

Hilfskraft = 50 CHF/ha

#### 4.5.2 Gerätekosten

Materialien für die Planung der Rückegassen werden bei der Erfassung, dem Anzeichnen und Abstecken der Rückegassensysteme benötigt. Dabei handelt es sich je nach gewähltem Verfahren um Fluchtstäbe, eine Taschenbussole und ein mobiles GPS. Da die Ausrüstung keiner starken Abnutzung im Bestand unterliegt, wurde eine Lebensdauer von 5-10 Jahre angenommen, über welche die Amortisation erfolgen muss. Anhand der Rückmeldungen aus der Umfrage wurde eine durchschnittliche Anzahl Hektaren definiert, auf welchen eine Planung des Rückegassennetzes pro Jahr erfolgt. Es ergeben sich Gerätekosten pro Hektar von CHF 3.85, welche als Default im Modell eingestellt sind. Dieser Wert kann individuell angepasst werden.

Ausrüstung	Anschaffungskosten [CHF]	Amortisation [Jahre]	Durchschnittliche Planung [ha/Jahr]	Kosten pro Hektar	Quelle
Mobiles GPS	CHF 2517.00	10	80	CHF 3.15	<a href="https://emlid.com/reachrs2plus/">https://emlid.com/reachrs2plus/</a>
Taschenbussole	CHF 200.00	10	80	CHF 0.25	<a href="https://de.roland-schmid.ch/p/suunto-taschenbussole-kb-14400-g/P81-014/?q=bussole#itemId=81-014">https://de.roland-schmid.ch/p/suunto-taschenbussole-kb-14400-g/P81-014/?q=bussole#itemId=81-014</a>
Fluchtstäbe (6 Stk.)	CHF 180.00	5	80	CHF 0.45	<a href="https://de.roland-schmid.ch/p/reise-fluchtstaebe/P83-020/?q=fluchtstab#itemId=83-022">https://de.roland-schmid.ch/p/reise-fluchtstaebe/P83-020/?q=fluchtstab#itemId=83-022</a>
<b>Total</b>				<b>CHF 3.85</b>	

$$\text{Gerätekosten/ha [CHF]} = 3.85 \text{ [CHF]}$$

#### 4.5.3 Systemkosten

$$\begin{aligned} \text{Systemkosten/ha} &= \text{Personalkosten/ha}_{\text{Hauptplaner}} + \text{Personalkosten/ha}_{\text{Hilfskraft}} \\ &+ \text{Gerätekosten/ha} \end{aligned}$$

Für die Kosten pro effektiv beplante Fläche bzw. pro Auftrag werden die Kosten pro Hektar mit der Anzahl beplanter Hektare multipliziert:

$$\text{Systemkosten/Auftrag} = \text{Systemkosten/ha} \times \text{ha}$$

## 5 Benutzerführung

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

<b>Bestand</b>	<b>Fläche [ha]</b>	Eingabe: Zahl zwischen 1.0 und 10000.0, <i>Default 50.0</i>	
	<b>Verhältnisse</b>	leicht	Auswahl, 1 Möglich- keit
		<i>mittel</i>	
		schwierig	
<b>Planung</b>	<b>Rückegassenabstand [m]</b>	Eingabe: ganze Zahl zwischen 20 und 60, <i>Default 30</i>	
	<b>Hilfskraft</b>	ja	Auswahl, entweder oder
		<i>nein</i>	
<b>Erfahrung</b>	<b>Ortskenntnisse</b>	<i>ja</i>	Auswahl, entweder oder
		nein	
	<b>Übung mit dem Planungs- verfahren</b>	<i>ja</i>	Auswahl, entweder oder
		nein	
<b>Personal</b>	<b>Personalkostensatz [CHF/h]</b>	<i>80</i>	Default Wert
	<b>Hilfskraftkostensatz [CHF/h]</b>	<i>50</i>	Default Wert
	<b>Tägliche Arbeitszeit [min]</b>	<i>510</i>	Default Wert
	<b>davon bezahle Wegzeiten und Pausen [min]</b>	<i>60</i>	Default Wert
<b>Materialkosten</b>	<b>Gerätekosten [CHF/ha]</b>	<i>3.85</i>	Default Wert

Die für das IT-Tool gewählten Defaultwerte sind **kursiv** geschrieben. Für alle numerischen Defaultwerte gilt, dass sie durch individuelle Werte ersetzt werden können.

## 6 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.

Brändli, U.-B.; Abegg, M.; Allgaier Leuch, B. (Red.) 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt. 341 S

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

## 7 Beurteilung der Qualität des Modells

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Datengrundlage aus den Jahren	2022	Umfrage in der Forstpraxis (CH / D)
Technische Aktualität (Verfahren)	hoch	Das Modell ist auf die aktuellen Planungsverfahren anwendbar.
Umfang der Datengrundlage	mittel	
Anwendbarkeit auf CH-Verhältnisse	gegeben	
Dokumentation der Auswertung	siehe Grundlagen Teil B	
Anhand Grundlagendaten überprüft	ja	Kreuzvalidierung durchgeführt.
Detaillierungsgrad des Modells	gering	
Gesamturteil	Grobe Schätzungen von Zeitbedarf und Kosten sind möglich. Alternative Modelle existieren nicht.	