



Prüfung von Alternativen zu Pflanzenschutzmitteln im Wald

Schlussbericht zur externen Vorstudie

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Erstellt von Anke Schütze, Patrick Dietsch, Mélanie Thomas
05.08.2020

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Wald, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmerin: Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Abteilung Waldwissenschaften, Länggasse 85, 1352 Zollikofen.

Autoren: Anke Schütze (HAFL, Waldökologie; Projektleitung), Patrick Dietsch (HAFL, Forstliche Produktion), Mélanie Thomas (HAFL, Forstliche Produktion)

Begleitung BAFU: Matthias Biolley (BAFU, Sektion Holz- und Waldwirtschaft), Jacqueline Bütikofer (WaldSchweiz), Claudio De Sassi (BAFU, Sektion Biodiversitätspolitik), Elmar Fasel (Despond S.A.), Beat Forster (Waldschutz Schweiz, WSL), Philippe Grossrieder (Despond S.A.), Urs Kamm (Waldschutzbeauftragter, Kanton ZH), Matthias Kläy (Forstbetrieb Region Zofingen), Bernhard Pauli (HAFL), Therese Plüss (BAFU, Sektion Waldschutz und Waldgesundheit), Philippe Röser (BAFU, Sektion Ökonomie, beratend), Thomas Volkmer (BFH-AHB, beratend)

Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein die Auftragnehmerin verantwortlich.

Bildnachweis Titelseite:

Mit Storanet (PSM von BASF) abgedeckter Polter in Bern. Foto: Anke Schütze, HAFL

Danksagung

Ein grosses Dankeschön an alle, die an den Umfragen und Experteninterviews teilgenommen haben und uns so bei der Erstellung des vorliegenden Berichts unterstützt haben.
Ausserdem bedanken wir uns bei der Projektbegleitgruppe, die zum einen an den beiden Workshops konstruktiv diskutiert und mit den jeweiligen Sichtweisen und dem Expertenwissen zu den vorliegenden Resultaten entscheidend beigetragen haben, aber auch darüber hinaus für unsere Fragen zur Verfügung standen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
1 Einleitung	7
2 Zielsetzung	7
3 Methoden	8
3.1 Begleitgruppe mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette Holz	8
3.2 Literaturrecherche	8
3.3 Qualitative Experteninterviews	8
3.4 Umfragen an die kantonalen Waldschutzbeauftragten	8
4 Ergebnisse	9
4.1 Grundlagen und aktuelle Entwicklungen zu Pflanzenschutzmitteln im Wald	9
4.1.1 Rechtliche Grundlagen	9
4.1.2 Zulassungsverfahren und zugelassene Mittel und Wirkstoffe	9
4.1.3 Toxizität von Cypermethrinen als meistverwendete PSM im Wald	9
4.1.4 Entwicklungen auf dem forstlichen PSM-Markt	10
4.1.5 Kosten für den Einsatz von PSM	10
4.1.6 Gründe für den Einsatz von PSM	11
4.1.7 Holz- und rindenbrütende Käfer	11
4.2 Wertverlust des Holzes durch Insekten und Pilze	12
4.3 Resultate zu den durch die Begleitgruppe ausgewählten Schwerpunktthemen	12
4.3.1 Entrindung	12
4.3.1.1 Entrindung zur Werterhaltung	12
4.3.1.2 Motormanuelle Entrindung im Bestand	14
4.3.1.3 Maschinelle Entrindung im Bestand mit entrindenden Harvesterköpfen	14
4.3.1.4 Maschinelle Entrindung an der Waldstrasse	14
4.3.2 Grundlagen zur Alternativlagerung	15
4.3.2.1 Poltern in Rinde	15
4.3.2.2 Poltern ohne Rinde	15
4.3.2.3 Nasslagerung	15
4.3.2.4 Lagerung ausserhalb des Waldes	16
4.3.2.5 Lebendkonservierung	17
4.3.2.6 Folienlagerung	17
4.3.3 Grundlagen zur Logistiko Optimierung	18
4.3.3.1 Stand der Praxis im Bereich der Holzlogistik	18
4.3.3.2 Ansätze zur Logistiko Optimierung	21
4.3.4 Absatz von verblautem Holz: Sensibilisierung entlang der Wertschöpfungskette	22
Potential für die Verwendung von verblautem Holz	22
Marketingkampagne zu verblautem Holz und Schweizer Holzmarkt	22
4.3.5 Vorbereitet in die nächste Krise – kantonale Konzepte und Analysetool der FVA	23
4.3.6 Sensibilisierung und Schulung der AnwenderInnen	23
4.3.6.1 Auf Ebene der FachbewilligungsträgerInnen	24
4.3.6.2 Auf Ebene der Anwendungsbewilligungsstellen	24
4.3.6.3 Auf Ebene der Waldschutzbeauftragten	24
4.3.7 Forschungsbedarf zu PSM-Alternativen	25
4.3.7.1 Biotechnische Verfahren der insektizidfreien Borkenkäferregulation	25
4.3.7.2 Einsatz von pigmentlosen Stämmen des Bläuepilzes	25
4.3.7.3 Thaiändische Neembaumsamenprodukte als biologische Alternative	25
4.4 Ergebnisse aus den Umfragen 2019 und 2020 an die Waldschutzbeauftragten	25
4.4.1 Resultate aus der Umfrage im Sommer 2019 zu den Jahren 2016 -2018	25
4.4.1.1 Rücklauf	25
4.4.1.2 Gründe für die Anwendung von PSM	26
4.4.1.3 Mitteleinsatz	26

4.4.1.4 Bewilligungsverfahren	27
4.4.1.5 Politische Vorstösse	27
4.4.1.6 Kantonale Massnahmen zur Reduktion von PSM	27
4.4.1.7 Ergebnisse zum Thema «Einführung der Weiterbildungspflicht» bei Fachbewilligung	27
PSM	27
4.4.2 Resultate aus der Umfrage im Februar 2020	28
5 Diskussion der Ergebnisse	29
6 Empfehlungen der Begleitgruppe	35
7 Synthese	38
8 Abbildungsverzeichnis	40
9 Tabellenverzeichnis	40
10 Literaturverzeichnis	41
Anhang	44

Zusammenfassung

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Schweiz wird aktuell in Politik und Gesellschaft diskutiert. Zwei Volksinitiativen äussern Kritik am Einsatz von synthetischen Pestiziden in der Schweiz. Zusätzlich wiesen Studien PSM in Böden und Fließgewässern nach, und auch die Diskussion um das Insektensterben steht in diesem Zusammenhang. Der Aktionsplan PSM des Bundes strebt eine generelle Reduktion von PSM an. Dies gilt auch für den Wald, in dem ca. 0.02 % der insgesamt in der Schweiz verkauften Wirkstoffmenge eingesetzt werden.

Ziel dieses Projektes ist es, organisatorische und technische Alternativen zum Einsatz von PSM im Wald zu prüfen und zu bewerten.

Nach einer Einführung mit allgemeinen Informationen zu PSM im Wald werden im vorliegenden Bericht diejenigen alternativen Methoden beschrieben, die von der Begleitgruppe in einem ersten Workshop als besonders prüfenswert definiert wurden: Entrindung der Stämme, (Nass-)Lagerung ausserhalb des Waldes, Weiterbildungen und Sensibilisierung der PSM-AnwenderInnen, Optimierung von Management und Logistik sowie Aufwertung von verblautem Holz. Die entsprechenden Zusammenstellungen im Kapitel 4 berücksichtigen sowohl die vorhandene Literatur als auch die Meinungen der befragten ExpertInnen. Zudem werden die Ergebnisse aus zwei Umfragen an die kantonalen Waldschutzbeauftragten dargestellt.

Die Begleitgruppe diskutierte und bewertete diese Alternativen zu PSM, deren Vor- und Nachteile, sowie Umsetzbarkeit bei den in der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft gegebenen Rahmenbedingungen in einem zweiten Workshop. Dabei wurden zwei alternative Massnahmen favorisiert: 1) Zum einen wird eine Logistikoptimierung entlang der Wertschöpfungskette Holz als eine Variante zur Reduzierung von PSM gesehen, die auch bei einem Verzicht auf PSM wirksam wäre. Allerdings braucht es hierbei ein Zusammenspiel und eine Abstimmung aller Akteure. 2) Eine zweite Option ist das Schaffen von Lagerplätzen ausserhalb des Waldes, sei es mit oder ohne Bewässerung. Hierbei fallen erhebliche Mehrkosten an, die sich im Millionenbereich bewegen. Wer diese tragen soll, wäre Teil einer politischen Diskussion und von Verhandlungen der Akteure.

Unabhängig davon, welche der beiden Varianten zukünftig weiterverfolgt werden sollte, wird die Implementierung von Weiterbildungen und Sensibilisierungsmassnahmen als sinnvoll erachtet. Dies ist im Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln des Bundes mit der Einführung einer Weiterbildungspflicht für alle AnwenderInnen von PSM im Wald ab 2026 bereits vorgesehen.

Darüber hinaus könnte ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduktion von PSM im Wald die Optimierung der Bewilligungspraxis in den Kantonen sein. Dies wäre recht zeitnah und relativ einfach umzusetzen. Ausserdem sollte beobachtet werden, wie die Entwicklungen in den Nachbarländern bezüglich PSM im Wald weitergehen, insbesondere in Bezug auf neue alternative, biologische PSM.

Im Normalbetrieb ist eine Reduzierung von PSM bei gleichzeitiger Werterhaltung durch eine optimierte Logistik oder Lagerplätze ausserhalb des Waldes ein gangbarer Weg. Wenn aber durch Stürme oder sonstige Naturereignisse plötzlich hohe Holzmengen anfallen, sollte eine ausnahmsweise Anwendung von PSM auf Holz weiterhin möglich sein.

Pflanzenschutzmittel, Alternativen, Logistikoptimierung, Lagerplätze

1 Einleitung

Die nachhaltige und multifunktionale Waldbewirtschaftung ist in der Waldgesetzgebung verankert. Zur Schonung der Umwelt verbietet Artikel 18 des Bundesgesetzes über den Wald (WaG; SR 921.0) den Einsatz von umweltgefährdenden Stoffen wie Pflanzenschutzmittel (PSM) im Wald, verweist aber für Ausnahmen auf die Umweltgesetzgebung, konkret die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV; SR 814.81).

Im idealen Fall wird das geerntete Holz innert kurzer Zeit aus dem Wald in die Werke abtransportiert. Wenn dagegen aufgrund von natürlichen Ereignissen wie Sturm, Trockenheit und Käferbefall viel Holz anfällt, ist eine rasche Abfuhr aus dem Wald aus logistischen Gründen meist nicht möglich und es bleibt somit länger im Wald. Dann kann ausnahmsweise und mit kantonaler Bewilligung das geschlagene, aufgeschichtete Holz auf vorgesehenen Lagerplätzen - meist an Waldwegen, niemals im Baumbestand selbst - mit PSM behandelt werden, um holzentwertende Schädlinge fern zu halten.

Die im Wald verwendeten PSM-Mengen sind mit ca. 0,02 % des Gesamtverbrauchs an PSM in der Schweiz gering (Umfrage Waldschutzbeauftragte 2019). Dennoch ist es auch im Sinne vieler Waldeigentümer, Förster und Leute der Waldbranche, die Menge an PSM möglichst gering zu halten oder noch weiter zu reduzieren. Demgegenüber steht die Waldwirtschaft immer mehr vor grossen Herausforderungen: Normaljahre werden Ausnahmejahre und Ausnahmesituationen werden zum Normalfall: Stürme, Trockenheit, Käferbefall mit zusätzlichem, meist plötzlichem und geballtem Holzaufkommen, schlechte Holzpreise, weniger regionale Sägewerke. Dies alles setzt die Waldwirtschaft unter organisatorischen und ökonomischen Druck.

Derzeit wird das Thema PSM grundsätzlich in den Medien und der Politik kritisch diskutiert. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ist in Zusammenhang mit dem Aktionsplan Pflanzenschutzmittel bestrebt, dass künftig weniger Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden. Das gilt auch für den Wald. Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) die HAFL mit einem Prüfprojekt beauftragt. Es sollen organisatorische und technische Alternativen zum PSM-Einsatz geprüft werden, welche praxistauglich sind. Dies ist der Auftrag zu dem vorliegenden Bericht.

Welche Alternativen lassen sich aber auf die Schweizer Rahmenbedingungen anwenden? Welche Massnahmen machen organisatorisch und ökonomisch Sinn? Zur Beantwortung dieser Fragen diskutierten VertreterInnen der Wertschöpfungskette Holz, Vertreter des Bundesamtes und Wissenschaftler die verschiedenen Optionen, um diejenigen Massnahmen zu identifizieren, die bei einer Reduktion der PSM-Anwendung bei der Lagerung von (Nadel-)Holz im Wald in Frage kommen.

2 Zielsetzung

Das BAFU möchte aufgrund der aktuellen Debatten zum Thema PSM prüfen, welche Alternativen es zu PSM im Wald für die Schweiz gibt bzw. wie der Einsatz von PSM reduziert werden kann. Dabei steht die Anwendung von PSM auf liegendes Nadel-Rundholz im Fokus. Das Ziel, das mit der Prüfung von Alternativen verfolgt wird, ist die Schaffung einer Grundlage, auf der das BAFU entsprechende Empfehlungen für die Branche geben kann.

Ausserdem wurde die kantonalen Waldschutzbeauftragten befragt, um einen Überblick über die gängige Bewilligungspraxis und die eingesetzten PSM-Mittel zu erhalten.

Mit der durch die Projektbegleitgruppe ausgesprochenen Empfehlung liegt nun eine Einschätzung der Praxis vor, mit welchen Mechanismen die Wald- und Holzwirtschaft an den Zielen des Bundes zur Reduktion der PSM mitwirken kann.

3 Methoden

3.1 Begleitgruppe mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette Holz

Das Projekt wurde durch eine Begleitgruppe (siehe Impressum auf Seite 2) mit verschiedenen Akteuren der Wertschöpfungskette Holz beraten. Aufgabe dieser Begleitgruppe war es, ihr Expertenwissen in das Projekt mit einzubinden und die verschiedenen Lösungen und Vorschläge zu diskutieren und zu bewerten. Die Expertenrunde mit Mitgliedern der Praxis und der Wissenschaft und Forschung tagte am 18.10.2019 und am 04.03.2020.

Ziele der beiden Workshops war es, Massnahmen und Methoden zur Reduktion oder Vermeidung von PSM im Wald herauszuarbeiten, die zum einen praxistauglich sind, zum anderen von der Branche akzeptiert und den Schweizer Rahmenbedingungen entspricht. So wurden im ersten Schritt diejenigen Massnahmen identifiziert, die nach Meinung der Expertenrunde genauer geprüft werden sollten. Diese von der Begleitgruppe ausgewählten Praktiken sind in Kapitel 4.3 beschrieben. Im zweiten Workshop wurden diese Methoden anhand eines technischen Berichts (unveröffentlicht) diskutiert und schliesslich eine Empfehlung (siehe Kapitel 6) ausgesprochen. Diese beinhaltet die von der Expertenrunde favorisierten Lösungen für eine Reduktion oder ein Verzicht auf PSM im Wald, die für die Praxis umsetzbar und sinnvoll ist.

3.2 Literaturrecherche

Zu den einzelnen Massnahmen, die von Begleitgruppe beim ersten Meeting als Alternativen zu PSM und zur weiteren Prüfung ausgewählt wurden, erfolgte eine umfassende Auswertung von Literatur, insbesondere von wissenschaftlichen Artikeln zu den einzelnen Themenfeldern. Hierbei wurde nur die Fichte (*Picea abies*) betrachtet, da diese durch Stürme und Käferbefall die hauptsächlich betroffene Baumart ist.

Ergänzt wurden die Literaturlauswertungen durch Experteninterviews und persönliche Gespräche mit Mitgliedern der Begleitgruppe.

3.3 Qualitative Experteninterviews

Es wurden zwölf Experteninterviews (5x Romandie und Jura, 7x Deutschschweiz) mit Forstbetrieben und kantonalen Forstbehörden geführt. Ziel der leitfadengestützten Befragung war es, ein breites Spektrum an Meinungen zu PSM im Wald abzuholen. Welche Alternativen zum Einsatz von PSM sieht die Forstbranche, die umsetzbar sind? Wo sind ihrer Meinung nach Stolpersteine? Welche Rahmenbedingungen stehen einer Reduktion bzw. einem Verzicht an PSM momentan noch im Weg? Die Antworten sind jeweils in die Resultate mit eingearbeitet.

Es wurden ressourcenbedingt nur Experten aus der Forstbranche interviewt. Bei einer eventuellen Konkretisierung der Massnahmen wären auch die Meinungen der Holzbranche abzuholen.

3.4 Umfragen an die kantonalen Waldschutzbeauftragten

Im August 2019 wurde eine Umfrage an die kantonalen Waldschutzbeauftragten geschickt, um eine Übersicht über die aktuelle Vollzugspraxis in den Kantonen aus den Jahren 2016 - 2018 zu erhalten. Ausserdem wurden Fragen zur Umsetzung der Weiterbildungspflicht gestellt, welche ab 2026 für alle FachbewilligungsinhaberInnen eingeführt wird.

In einer zweiten Erhebung im Februar 2020 wurden die Daten zu PSM im Wald aus dem Jahr 2019 ermittelt.

Die Ergebnisse aus den Umfragen finden sich in Kapitel 4.4., den Fragebogen vom August 2019 im Anhang0 (Anhang 3).

4 Ergebnisse

4.1 Grundlagen und aktuelle Entwicklungen zu Pflanzenschutzmitteln im Wald

Die hier dargestellten Grundlagen geben einen Überblick über die wichtigsten geltenden Regelungen zu PSM im Wald und stellen die diesbezüglichen aktuellen Entwicklungen dar.

4.1.1 Rechtliche Grundlagen

Grundsätzlich ist die Anwendung von PSM im Wald verboten (WaG 2010). Doch es sind im Gesetz Ausnahmen vorgesehen. Die Bedingungen, unter welchen ausnahmsweise PSM im Wald verwendet werden dürfen, werden in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV 2020) geregelt (Abschnitt 2 und Anhang 2.5).

Gemäss Art. 4 ChemRRV ist für die Ausstellung einer Anwendungsbewilligung die kantonale Vollzugsbehörde zuständig. Meist sind dies die kantonalen Forstdienste und insbesondere die kantonalen Waldschutzbeauftragten. Gemäss Art. 5 ist eine Bewilligung zeitlich & räumlich beschränkt. Die Umsetzung des Vollzugs obliegt den entsprechenden Vollzugsbehörden der Kantone.

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich ausschliesslich auf den Einsatz von PSM auf liegendem Nadel-Rundholz, i.d.R. Fichte, im Wald und auf Lagerplätzen. Dafür ist eine Ausnahme für den Einsatz von PSM in der ChemRRV vorgesehen. Dabei dürfen nur Mittel zum Einsatz kommen, die beim Bundesamt für Landwirtschaft für diesen Anwendungsbereich zugelassen sind. Ausserdem dürfen die Lagerplätze nicht in den Grundwasserschutzzonen S1, S2 und Sh liegen und es sind die Abstandsregeln zu Oberflächengewässern einzuhalten. Zudem müssen wirksame Massnahmen gegen das Versickern und Abschwemmen der Mittel getroffen werden (ChemRRV, Anhang 2.5, Ziffer 1.2, Absatz 3, Buchstabe b). Ein Einsatz ist nur vorgesehen, wenn das Holz nicht rechtzeitig abgeführt werden kann. Niemals darf PSM eingesetzt werden in Gebieten, die nach eidgenössischem oder kantonalem Recht unter Naturschutz stehen.

Eine weitere Bedingung für die Anwendung von PSM im Wald ist, dass der Anwender oder die Anwenderin eine entsprechende Fachbewilligung vorweisen kann (VFB-W 2005). Diese Fachbewilligung erhält man nach einer Ausbildung und einer Fachprüfung. Hier stehen Änderungen an wie die Einführung einer Weiterbildungspflicht (nähere Informationen in Kapitel 4.3.6).

4.1.2 Zulassungsverfahren und zugelassene Mittel und Wirkstoffe

Bevor ein Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden darf, muss es das Zulassungsverfahren des Bundesamtes für Landwirtschaft (BWL) durchlaufen. Erst wenn überprüft und sichergestellt ist, dass die Wirksamkeit gegeben ist, zum anderen aber auch «keine unannehmbaren Nebenwirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt auftreten, werden sie zugelassen und dürfen in Verkehr gebracht werden» (Bundesamt für Landwirtschaft BLW 2020). Für die im Wald zugelassenen Insektizide zur Behandlung von «liegendem Rundholz im Wald und auf Lagerplätzen» sind im Pflanzenschutzmittelverzeichnis des BLW für diese Kategorie gelistet: <https://www.psm.admin.ch/de/kulturen/9956>.

Für FSC-zertifizierte Wälder gelten gesonderte Regelungen. Bis Ende August 2020 sind die Mittel mit den Wirkstoffen «Cypermethrin» und «Alpha-Cypermethrin» zugelassen. FSC international will langfristig Pestizideinsatz in Wäldern unterbinden. In der Schweiz formierte sich eine Arbeitsgruppe zu dem Thema PSM mit dem Ziel, einen Vorschlag zu verabschieden, «welcher FSC-verträglich ist, aber gleichzeitig Forstschutzvorgaben und den Interessen der Waldeigentümer genügen kann» (Coleman Brantschen 2020, persönliche Mitteilung).

4.1.3 Toxizität von Cypermethrinen als meistverwendete PSM im Wald

Zur Bekämpfung von holz- und rindenbrütenden Borkenkäfern wird in der Schweiz mit 97 % fast ausschliesslich Cypermethrine verwendet (Umfrage Waldschutzbeauftragte 2019). Diese Insektizide gehören zu den synthetischen Pyrethroiden, die als Kontakt- und Frassgifte wirken und das

Nervensystem der Insekten angreifen. Cypermethrine werden nicht nur zur Behandlung von liegendem Rundholz angewendet, sondern auch in der Landwirtschaft und im Weinbau.

Diese synthetischen Pyrethroide haften gut auf trockenem Belag, sind im Boden nicht mobil (Hurling 2018) und haben eine hohe insektizide Wirkung (auch Nutzinsekten), gleichzeitig aber eine geringe Toxizität für Warmblüter (Schröter und Weigerstorfer 2006).

Dabei sind sie stark gewässergefährdend. Cypermethrin gehört zu den 12 besonders problematischen Pestiziden, die in einer Revision der Gewässerschutzverordnung, für die strengere Grenzwerte eingeführt wurden, die im Piktogrammbereich¹ liegen. Diese liegen unter den bisher üblichen 0.1 Mikrogramm pro Liter (UVEK 2020).

Die Schutzdauer für Holzpolter wird bei einmaliger Behandlung mit 12 Wochen angegeben (Seitz und Delb 2018).

4.1.4 Entwicklungen auf dem forstlichen PSM-Markt

Schweiz

Bisher stehen dem Schweizer Markt noch einige PSM für die Rundholzbehandlung zur Verfügung.

Durch den Ausstieg von BASF aus dem Forstsektor (wegen Nachforderungen Umweltbundesamt für Zulassungsverlängerungen) wird mittelfristig für die Schweiz «Fastac Forst» und «Storanet» als PSM für den Wald wegfallen. «Storanet» sind mit alpha-Cypermethrin getränkte Netze und bieten den Vorteil einer geringen Auswaschung und Abdrift. Dem gegenüber steht aber ein hoher Personalkostenaufwand für die Ausbringung der Netze. Ausserdem sind die Materialkosten hoch: für einen Polter mit 80 m³ benötigt man zwei Netze à 250 CHF (Wyssbrod 2020, persönliche Mitteilung).

Frankreich und Deutschland

Seit 14.10.2019 ist in Frankreichs öffentlichen Wäldern (Staats- und Gemeindewald) ein Totalverbot von Pestiziden in Kraft getreten (ONF 2019). Nicht betroffen von dem Verbot sind die Privatwälder (2/3 der französischen Wälder).

In Deutschland hat sich die Situation bezüglich PSM im Wald verschärft und es «zeichnet sich bei steigenden Risiken mittelfristig ein Versorgungsproblem mit verfügbaren, wirksamen und zugelassenen PSM ab!» (Habermann ohne Jahr). Das Bundesamt für Umwelt verlangt weiterführende Studien, die viele Firmen aus ökonomischen Gründen nicht mehr erfüllen wollen (Waldmann 2020, persönliche Mitteilung). Man hofft auf Zulassungsverlängerung für Karate Forst flüssig (ebd.) als zukünftig einzig verbleibendes Mittel.

4.1.5 Kosten für den Einsatz von PSM

Ein Vorteil von der Anwendung von PSM im Vergleich zu anderen Massnahmen wie Entrinden, Nasslager etc. sind - neben den geringen Ansprüchen an die organisatorischen Vorbereitungen - die vergleichsweise sehr günstigen Kosten.

Die Kosten werden mit ca. 3 CHF / m³ beziffert (Covi et al. 2000a), bei grösseren Poltern sinken diese Kosten nochmals auf ca. 2 CHF / m³ (Fasel 2019a, persönliche Mitteilung). Im Vergleich dazu kostet das Entrinden 12 CHF/m³ (Covi et al. 2000b).

Hierbei ist zu beachten, dass meist der administrative Aufwand für den Prozess der Anwenderbewilligungen und der Abwicklung nicht mit in die Rechnung mit einbezogen wird. Angaben über die Höhe der dadurch entstehenden Kosten konnten nicht ermittelt werden.

¹ 1 Piktogramm = 1 pg = 0,000 000 000 001 Gramm = 10⁻¹²g). Dies zeigt, wie wenig von diesem Wirkstoff nötig ist, um akute bis chronische Schäden im Wasserökosystem auszulösen.

4.1.6 Gründe für den Einsatz von PSM

Es gibt Situationen, in denen grosse Frischholzmengen anfallen (z.B. durch Stürme), das Holz aber nicht direkt nach der Ernte abgeführt und ins Werk gebracht werden kann.

Zwei Gründe führen hierbei zur Anwendung von PSM:

1. Aus Werterhaltungsgründen, vor allem gegen holzbrütende Käfer (insbesondere Liniertes Nutzholzborkenkäfer und Sägehörniger Werftkäfer, siehe auch Kapitel 4.1.7; hauptsächlich Einsatz von PSM):

Geerntete Stämme von guter Qualität, ohne Käferbefall und auch ohne Käferdruck werden aus verschiedenen Gründen zum Teil im Wald zwischengelagert:

- Die Kapazität der Lagerplätze bei den Sägereien ist nicht ausreichend;
 - Als Lager für eine sofort verfügbare Holzmenge für die Holzverarbeitenden Werke bei knappem Holzvorrat im Werk;
 - Als Vorrat von wintergeschlagenem Holz für einen Einschnitt in den Monaten April bis August;
 - Bei noch nicht verkauftem Holz oder eine ungenügend miteinander abgestimmte Produktionsplanung zwischen den Akteuren der Wertschöpfungskette Holz.
2. Aus Waldschutzgründen gegen rindenbrütende Käfer (insbesondere Buchdrucker, siehe auch Kapitel 4.1.7, wird aber in Praxis selten gemacht):
 - Die geernteten, noch nicht vom Borkenkäfer befallenen Stämme werden mit PSM behandelt, um zu verhindern, dass das Holz von Buchdruckern befallen wird, diese sich vermehren und anschliessend auf umstehende, gesunde Bäume fliegen und diese befallen.
 - Nicht empfohlen wird die Behandlung von bereits vom Käfer befallenen Holz. Es dringen höchsten geringe Mengen der Wirkstoffe durch die Rinde bis ins Kambium ein und die Brut entwickelt sich ungestört unter der Rinde weiter.
 - In der Schweiz nicht empfohlen wird ausserdem die sogenannte Vorausspritzung (PSM-Behandlung kurz vor Ausflug). Untersuchungen aus den 1980er Jahren der EMPA St. Gallen haben gezeigt, dass die Giftmenge, die er Käfer beim Ausbohren aufnimmt, nicht zur Letalität führt. (Forster 2018, persönliche Mitteilung).

Darüber hinaus gibt es auch die Situation, dass Stämme im Wald sowohl aus Waldschutz- als auch aus Werterhaltungsgründen behandelt werden. Dies ist der Fall, wenn gute Qualitäten im Wald gelagert werden, der Käferdruck durch umstehende befallene Bestände aber hoch ist. Ohne Behandlung besteht die Gefahr, dass Käfer aus noch stehenden, befallenen Bäumen das liegende Holz befallen und als neues, zusätzliches Brutmaterial nutzen.

4.1.7 Holz- und rindenbrütende Käfer

Holzbrütende Käfer

Holzbrütende Käfer befallen im Gegensatz zu rindenbrütenden Käfern verschiedene Holzarten. Besondere Relevanz bezüglich Schäden im Holz haben der Gestreifte / Linierte Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum* / *Xyloterus lineatus*), oft einfach als Lineatus bezeichnet, und der Sägehörnige Werftkäfer / Bohrkäfer (*Hylecoetus dermestoides*) (siehe auch [Anhang 2](#)).

Sie nagen Brutgänge ins Holz und infizieren es mit dem Ambrosiapilz, dessen Sporen sie in ihrem Magen tragen. Der Pilz ernährt sich vom Holz, während die Käfer und Larven sich vom Pilz ernähren. Abgestorbene Pilze führen zu den typischen schwarzen Verfärbungen (Verblauung), die in den verlassenen Brutgängen auftreten. Der Pilz breitet sich über den gesamten Splintbereich aus. Weil die Bohrgänge und eingeschleppten Pilze das Holz entwerten, handelt es sich um technische Schädlinge. Der Schaden begrenzt sich i.d.R. aufs Splintholz.

Rindenbrütende Borkenkäfer

Rindenbrütende Borkenkäfer befallen i.d.R. geschwächtes, bei Massenvermehrung auch gesunde Bäume. So findet man den **Buchdrucker** (*Ips typographus*) und den **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) auf der Fichte (*Picea abies*) (siehe auch [Anhang 2](#)). Durch diese Frasstätigkeit der Larven im Bast wird der Saftstrom im Phloem unterbrochen und dem Baum damit die Nahrung abgeschnitten. Im sogenannten «weissen Stadium» sind die Jungkäfer noch nicht fertig entwickelt bzw. noch nicht ausgehärtet. Bei Entrindung in dieser Phase kann die Rinde im Wald liegen bleiben, da die Jungkäfer absterben. Die Käfer im «braunen Stadium» haben den sogenannten Reifungsfrass hinter sich, sind voll entwickelt und eine Entrindung kann ihnen nichts anhaben. Deswegen muss solche Rinde vernichtet werden oder gehäckselt, damit diese Käfer nicht ausfliegen (Nierhaus-Wunderwald und Forster 2004).

Der Kupferstecher geht vor allem in die Wipfel der Stämme. Gehandelt wird hier aus Waldschutzgründen (z.B. häckseln). Ein PSM-Einsatz gegen den Kupferstecher ist in der Schweiz nicht gestattet (Forster 2017). Deshalb wird der Kupferstecherbefall in dieser Studie nicht berücksichtigt.

4.2 Wertverlust des Holzes durch Insekten und Pilze

Der Wertverlust des Holzes wird durch Käferbefall (Frassgänge) und Verfärbungen / Verblauung verursacht. Durch die vorbeugende PSM-Behandlung von Rundholzpoltern an der Waldstrasse soll die **Qualität des Holzes erhalten** werden. Der Wertverlust erfolgt durch holzbrütende Käfer; rindenbrütende Käfer wie der Buchdrucker führen nur indirekt durch die schnellere Einschleppung von Bläuepilzen zu einem Wertverlust. Da die Käfer den Befall durch Bläuepilze fördern, wird durch die Verhinderung des Käferbefalls auch der Pilzbefall verlangsamt (vgl. Graf und Manser 1994 und 1996). Die Verblauung tritt bei langer Lagerung im Wald auch auf, wenn PSM eingesetzt wird, weil die Übertragung von Bläuepilzen auch über die Luft erfolgt (Hebenstreit 2017). Die Holzeigenschaften werden durch die Verblauung nicht eingeschränkt, weil lediglich die Zellinhaltsstoffe, nicht aber die Zellwände, betroffen sind (Seifert 1993); (Graf und Manser 1994); (Hebenstreit 2017)). Trotzdem führen Verfärbungen oder Insektenbefall zu grossen Preisabschlägen von 30 % oder mehr für die Forstwirtschaft und zu einem 10 - 25% geringeren Verkaufswert bei den Sägereien (Griesser Kym 2019). Ein Schwellenwert, wie viel Prozent der Splintholzfläche verfärbt sein müssen, damit eine Qualitätsminderung gerechtfertigt ist, ist nicht klar definiert (siehe [Anhang 1](#)).

Holz, welches nach Winterstürmen oder dem Wintereinschlag ungeschützt im Wald liegen bleibt, ist zur Schwärmzeit der Käfer aufgrund der Holzfeuchte extrem fängisch. Für die Lagerung sollte die Holzfeuchte unter 30 % oder über 120 % betragen (Schröder 2015), darunter und darüber finden die Pilze keine geeigneten Lebensbedingungen vor (Schröder 1998). Dies kann bspw. durch die Entrindung oder eine geeignete Lagerung (Nasslager) erfolgen.

Wenn eine Verblauung von maximal 1 - 5 % toleriert wird, liegt die maximale Lagerungsdauer von Mai bis September zwischen 3 und 4 Wochen. Im Sommer gibt es keinen signifikanten Unterschied in der durch Käfer oder Luft übertragenen Verblauung. Im Winter wurden der Wert von 5% Verblauung (Sporenfektion ausschliesslich durch die Luft) erst bei einer Lagerdauer von 15 Wochen überschritten (Graf und Manser 1994).

4.3 Resultate zu den durch die Begleitgruppe ausgewählten Schwerpunktthemen

4.3.1 Entrindung

4.3.1.1 Entrindung zur Werterhaltung

Die Entrindung erfolgt in den meisten Fällen als phytosanitäre Massnahme, damit der Buchdrucker (*Ips typographus*) bei Holzpoltern keine geeigneten Brutstätten findet und ein Befall des gesunden Bestandes vermieden wird. Die Entrindung aus Werterhaltungsgründen wird derzeit wenig praktiziert, wahrscheinlich wegen der recht hohen Kosten und der geringeren Wirksamkeit gegenüber PSM. Dennoch ist die Entrindung als Schutz vor Insekten- und Pilzbefall (Mohni und Kamm 1995) eine Möglichkeit zur Werterhaltung ohne PSM, sofern die Entrindung schonend erfolgt. Dabei wird das

schnelle Antrocknen des Holzes gefördert und das Holz für die Anlage einer Brut unattraktiv (ebd.). Wird im Winter geschlagenes, entrindetes Holz an trockenen und windexponierten Orten gelagert, ist bis zum Flugbeginn der Käfer eine Trocknung auf 25 - 30 % Holzfeuchte möglich. Nutzholzborkenkäfer befallen bei erhöhter Luft- und Holzfeuchtigkeit jedoch selbst entrindetes Holz, deswegen ist die Lagerung in der Nähe von Gewässern zu vermeiden (ebd.). Der Einschlag von Holz, welches entrindet gelagert wird, soll vor November oder nach Februar erfolgen. Zwischen Dezember und Februar gefälltes Holz wird von Werft- und Nutzholzborkenkäfern am stärksten befallen. (Covi et al. 2000a).

Die Entrindung des Holzes an der Waldstrasse zur Werterhaltung wurde in den 90er Jahren von der EMPA untersucht. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Versuche von Graf und Manser (Graf und Manser 1994); (Graf und Manser 1996).

Im Kanton SG wurden 29 Fichten- und Tannen-Rundhölzer von 10m Länge und 33cm durchschnittlichem Durchmesser zu 50% entrindet und in 5 Poltern an unterschiedlichen Standorten (860 - 880m.ü.M.) ohne chemische Behandlung gelagert (Fälldatum Mitte Dezember 1994, Entrindung Mitte Februar). Das Holz wurde bis Mitte August im Wald gelagert, dann die restlichen 50% der Stämme entrindet, eingeschnitten und auf Bläue- und Insektenbefall kontrolliert. Es wurde untersucht, ob eine Entrindung des Rundholzes vor dem Flug der Nutzholzkäfer (ab März bis in den August hinein) zu reduziertem Befall führt.

100% des berindeten und 82% des entrindeten Holzes wurde durch Werft- und Nutzholzborkenkäfer befallen. Bei den entrindeten Stammabschnitten (5m) wurden jedoch 80% weniger Einbohrungen festgestellt.

Nach dem Einschnitt wurden die Bretter auf Bläue- und Insektenbefall kontrolliert. 10% der Schnitthölzer zeigten einen starken, 20% einen schwachen Insekten- und / oder Bläuebefall. In Rinde gelagertes Schnittholz wies zu 27% keinen, zu 22% schwachen und zu 51% starken Befall durch Frischholzinsekten auf. Entrindetes Holz war zu 66% nicht, zu 24% schwach und zu 10% stark von **Insektenbefall** betroffen (Tabelle 1). Eine Reduktion des **Bläuebefalls** durch Entrindung konnte vor allem am splinthaltigen Schnittholz (Seitenbretter) festgestellt werden. Bei den Kanthölzern und Gerüstbrettern war mit und ohne Entrindung kein starker Bläuebefall festzustellen.

Tabelle 1: Insekten- und Bläuebefall an frisch eingesägten Schnitthölzern (berindet / entrindet gelagert) [in %]. Schwacher Befall Insekten ≤ 10 Bohrlöcher je Laufmeter und Umfang des Schnittholzes; Schwacher Befall Bläue: leichte lokale Verfärbung, keine zusammenhängende, streifenförmige Verfärbung (ebd., verändert)

Berindetes Rundholz (100% = 271 Schnitthölzer)				
		Insekten		
Beurteilung		keine	schwach	stark
Verblauung	keine	25	17	19
	schwach	2	4	26
	stark	0	1	15
Entrindetes Rundholz (100% = 267 Schnitthölzer)				
		Insekten		
Beurteilung		keine	schwach	stark
Verblauung	keine	62	24	6
	schwach	4	0	3
	stark	0	0	1

Die Entrindung kann somit einen Beitrag zur Werterhaltung ohne PSM-Einsatz leisten. Der Befall des Rundholzes durch Frischholzinsekten und Bläue ist nach der Entrindung geringer und eine Reduktion des PSM-Einsatzes erscheint möglich. Bläuepilze und Einbohrungen durch Frischholzinsekten sind meist ein ästhetisches Problem. Wird von Holzbaunormen und Bauherren ein schwacher Befall der Schnitthölzer toleriert, würde die Ausfallquote bei entrindetem Holz weniger als 10% betragen (Manser und Graf 1996). Wenn kein Befall toleriert wird, ist die chemische Behandlung des Rundholzes zur Werterhaltung notwendig.

4.3.1.2 Motormanuelle Entrindung im Bestand

Für die motormanuelle Entrindung existieren verschiedene **Anbaugeräte** für Motorsägen (bspw. ESG 1; Biber; Rotaflex). Die motormanuelle Entrindung eignet sich in schwer zugänglichen Beständen zur Entrindung einzelner, im Wald verbleibender Stämme, um die Buchdrucker-Problematik zu entschärfen. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands ist sie nur bei Einzelbäumen und zum Waldschutz sinnvoll und hat deswegen auf die Reduktion des PSM-Einsatzes keinen Einfluss.

4.3.1.3 Maschinelle Entrindung im Bestand mit entrindenden Harvesterköpfen

Die maschinelle Entrindung im Bestand mit entrindenden Harvesterköpfen wird in Europa seit einigen Jahren erforscht. Die aus der Plantagenbewirtschaftung kommenden entrindenden Harvesterköpfe müssen für den Einsatz in mitteleuropäischen Wäldern modifiziert werden, weil die Zieldurchmesser grösser und heterogener sind. Intensiv erforscht wurden entrindende Harvesterköpfe in den letzten Jahren im Projekt Debarking Head Grünberger (2019), aus welchem nachfolgende Erläuterungen stammen.

Im Projekt wurden drei Harvesterköpfe modifiziert, um die Entrindungsleistung zu verbessern. Die wichtigste Modifikation war der Austausch der Vorschubwalzen. Anstelle von Stachelwalzen wurden Entrindungswalzen eingesetzt, um eine Drehung des Stammes und ein Einschneiden der Rinde zu bewirken. Untersucht wurden Entrindungsprozent und Holzbeschädigung bei drei Durchgängen des Stammes durch das Aggregat sowie die Produktivität [fm/h]. Als Vergleichsdaten diente die Aufarbeitung mit einem konventionellen Harvesterkopf mit der gleichen Maschine.

Im **Sommer** wurde ein Entrindungsprozent zwischen 73 und 90%, im Winter 35 bis 54% erreicht. Der Grund für die niedrigeren Entrindungsprozente im Winter ist der fehlende Saftfluss. Auch bei Käferholz ist der Saftfluss limitiert und dadurch eine schlechtere Entrindung möglich. Eine höhere Anzahl Entrindungsdurchgänge, wie sie in Plantagen eingesetzt wird (5-9 Durchgänge) würde zu einer Produktivitätssenkung und zu grösseren Holzbeschädigungen führen. Die **Beschädigung des Holzkörpers** kann eine Absenkung der Holzqualität zur Folge haben, fördert Pilzbefall und beeinträchtigt damit die Lagerfähigkeit.

Die **reine Aufarbeitungszeit** erhöhte sich durch die Entrindung um rund $\frac{1}{3}$. Frei Waldstrasse ist mit 10% mehr Zeitbedarf zu rechnen. Eine erste Schätzung ist, dass mit einem **Mehraufwand** von 5 Euro / fm gerechnet werden muss. Nicht eingerechnet sind dabei Produktivitätseinbussen während der Einarbeitungszeit, Standzeiten der Maschine für den Umbau und ein höherer Verschleiss der Maschine (Aggregat, Kransäule) durch die Drehbewegung des Stammes.

Empfohlen werden kann der Einsatz von entrindenden Harvesterköpfen derzeit deswegen für alle Holzerntemassnahmen mit hohem Mechanisierungsgrad, um das Holz schnell zu entrinden (Forstschutzmassnahmen), wenn es im Saft steht. Im Käferholz werden je nach Entwicklungsstadium geringere Entrindungsprozente erreicht. Eine schnelle Aufarbeitung nach Erkennen des Käferbefalls ist für eine gute Entrindung und eine hohe Produktivität deshalb wesentlich.

Die Entrindung mit Harvesteraggregaten ist im Winter derzeit nicht empfehlenswert. Deswegen stellen entrindende Harvesterköpfe derzeit keine Alternative zum PSM-Einsatz dar. Welche Auswirkungen die maschinelle Entrindung im Bestand auf die Entwicklung von **Insekten- und Bläuebefall** hat, wurde bisher noch nicht untersucht. Es wird vermutet, dass aufgrund der grösseren Verletzung des Holzkörpers der Befall höher ist als bei einer maschinellen Entrindung an der Waldstrasse.

4.3.1.4 Maschinelle Entrindung an der Waldstrasse

Die **Bedeutung** der maschinellen Entrindung an der Waldstrasse hat in den letzten Jahrzehnten abgenommen. Aus Forstschutz-technischer Sicht ist zur Bekämpfung des Borkenkäfers die Entrindung an der Waldstrasse mit Entrindungszügen weiterhin eine sinnvolle Massnahme und wird z.T. auch durch kantonale Beiträge (Waldschutzgründe bei Borkenkäferbefall im weissen Stadium) unterstützt. Allerdings ist die Holzindustrie oft kein Befürworter solcher Massnahmen, weil die Rinde heute kostenlos mitgeliefert wird. Das Verschwinden der Entrindungszüge ist darauf zurückzuführen, dass die Sägereien über eigene Entrindungsanlagen verfügen und weniger Langholz ausgehalten wird als früher. Deswegen sind heute nur noch wenige mobile Entrindungsmaschinen vorhanden und die

Verfahren zur maschinellen Entrindung an der Waldstrasse lassen sich nur noch bedingt umsetzen (LWF 2014). Abgesehen davon wäre die Entrindung an der Waldstrasse für wintergeschlagenes Holz eine Alternative zum Einsatz von PSM. Dies jedoch nur unter der Bedingung, dass geringer Insekten- und Bläuebefall, welcher die Festigkeitseigenschaften des Holzes nicht beeinträchtigt, toleriert und nicht weiterhin eine Nulltoleranzpolitik verfolgt wird. Die Kosten für die Entrindung betragen gemäss AG Forstschutz rund 12.-/ fm (Covi et al. 2000b). Für die Rückführung der Rinde in den Bestand muss mit weiteren 1.-/fm gerechnet werden (ebd.).

4.3.2 Grundlagen zur Alternativlagerung

Besteht keine Möglichkeit, das Holz zeitgerecht abzuführen und die Werterhaltung dadurch zu gewährleisten, erfolgt eine werterhaltende Lagerung. Dabei gibt es grundsätzlich zwei Ansätze. Entweder es wird eine möglichst hohe oder eine möglichst tiefe Holzfeuchtigkeit angestrebt. Hinweise, wie sich eine Lagerung in und ohne Rinde auf die Mindererlöse im Forst und im Werk auswirken, geben die Merkblätter der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Forstschutz (AG FS) (Covi et al. 2000a). Nachfolgend werden die wichtigsten Punkte daraus zusammengefasst dargestellt.

4.3.2.1 Poltern in Rinde

Poltern in Rinde ist ein gängiges, kostengünstiges Verfahren. Dadurch ist es möglich, eine hohe Holzfeuchte zu erhalten und das Holz über eine Vegetationsperiode zu lagern. Ohne PSM-Einsatz gelagert werden sollte gemäss AG FS (2000) vor November oder nach Februar gefälltes Holz. Zwischen Dezember und Februar gefälltes Holz wird von Werft- und Nutzholzborkenkäfern am stärksten befallen (ebd.). Holz aus Sommereinschlag (Saftzeit) wird zügig abgefahren oder bei längerer Lagerdauer entrindet / ins Nasslager gebracht, um es vor Verblauung und Insektenbefall zu schützen. In Rinde gepoltertes Holz ist windgeschützt zu lagern; PSM sollte nur verwendet werden, wenn keine Alternativen bestehen (LWF 2014). Wird ohne PSM-Einsatz gepoltert, sollte der Poltermantel aus minderwertigem Rundholz erstellt werden, weil der Insektenbefall dort am intensivsten ist (AG FS 2000; Graf und Manser 1995).

4.3.2.2 Poltern ohne Rinde

Beim Poltern ohne Rinde wird eine schnelle Trocknung des Holzes auf eine Holzfeuchte unter 30% angestrebt. Holzerstörende Pilze finden dann keine geeigneten Lebensbedingungen mehr vor. Zusätzlich wirkt die Entrindung gegen Buchdrucker-Befall. Ein zu schnelles und starkes Abtrocknen fördert allerdings die Rissbildung. Entrindet werden sollten Bäume, die vor November oder nach Februar eingeschlagen wurden. Zwischen Dezember und Februar gefälltes Holz wird von Werft- und Nutzholzborkenkäfern am stärksten befallen (AG FS 2000). Das Verfahren ist für Nadelholz geeignet, wenn zwischen Aufarbeitung, Entrindung und Poltern nur wenig Zeit vergeht, der richtige Zeitpunkt gewählt wird und die Trocknung nicht zu schnell und nicht zu langsam erfolgt. Haufenpolter werden nur bei wind- und sonnenexponierten Lagerplätzen empfohlen. Praxiserfahrungen zeigten, dass entrindetes, im Winter gefälltes Fichtenstammholz nach mehrmonatiger Lagerung an der Waldstrasse trocken ist. Rotstreifigkeit, Bläue und Verfärbungen treten nur bis in geringe Tiefen und in der Seitenware auf (LWF 2014). Die Bedeutung der Entrindung ist jedoch stark zurückgegangen, weil nur noch wenige mobile Entrindungsmaschinen verfügbar sind und das Holz i.d.R. in Rinde ins Sägewerk geliefert wird. Zusätzlich wird immer weniger Langholz ausgehalten, was bei der Entrindung zu höheren Kosten führt (vgl. Kapitel 4.3.1.4).

4.3.2.3 Nasslagerung

Durch Beregnung oder Wasserlagerung wird die Entwertung des Holzes durch Pilz- und Insektenbefall bis zu 6 Jahre verhindert (LWF 2014). Praxiserfahrungen des SFB (Stettler 2019) bestätigen eine Werterhaltung von bis zu 2 Jahren, danach kommt es zu Wertverlust durch Hallimasch-Befall. Damit die Verbreitung von Pilzen nicht gefördert wird, darf nur gesundes, unverblautes Holz eingelagert werden (LWF 2014). Weil die Lagerung ohne Wertverlust über einen längeren Zeitraum ermöglicht wird, können Nasslager zur Stabilisierung des Holzpreises verwendet werden, wenn ein Überangebot an Holz vorhanden ist. Im Gegensatz zur Waldlagerung ist keine Behandlung des Holzes mit PSM notwendig / erlaubt. Nasslager werden nur für wertvolle Sortimente verwendet. Nasslager wären auch eine

Möglichkeit für die Einlagerung von guten Zwangsnutzungsqualitäten (hochwertiges, noch nicht verblautes Käferholz). Gemäss Winkler (2019) sollen Nasslager mindestens 30 Aren gross sein, um die Kostenbelastung pro Festmeter gelagertes Holz zu senken. Weiter ist auf eine ausreichende Wasserversorgung und Dimensionierung der Pumpen notwendig, da für 1000 fm rund 2m³ Wasser pro Stunde resp. 0.6 Liter pro Sekunde benötigt werden.

Für den Betrieb eines Nasslagers müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Der Grundeigentümer muss einwilligen;
- Die bau- und wasserrechtlichen Bewilligungen müssen eingeholt werden;
- Die für Umweltrecht zuständigen Stellen müssen einbezogen werden (Winkler 2019).

Durch die benötigten Bewilligungen wird die schnelle Inbetriebnahme eines Nasslagers nach einem Sturmereignis erschwert. Deswegen sollten Nasslager frühzeitig vorbereitet werden.

Die Mehrkosten für die Nasslagerung hängen von mehreren Faktoren (Distanz Wald – Nasslager – Sägerei; Unterhaltskosten, Grösse, etc.) ab und sind schwierig abzuschätzen. Gemäss LWF (2014) wird mit ca. 15 Euro Mehrkosten pro Festmeter gerechnet. Die AG Waldschutz (2000) rechnet mit bis zu 10 CHF / Festmeter, allerdings ohne Einbezug der Transportkosten. Martin Winkler, der mit der Vorbereitung von Nasslagern im Kanton ZH beauftragt ist, gibt folgende Kosten an:

- Nasslager für Einlagerung von 3500 m³:
 - Bei 2 Jahren und 100 % Amortisierung: 13 CHF / m³ auf zwei Jahre (= 6.50 / Jahr)
 - Bei 2 Jahren und 50 % Amortisierung (Wiederverwendung Material): 12 CHF/2J/m³.
 - Transportkosten ca. 10 – 12 CHF / m³
- Je grösser dimensioniert, umso günstiger. (Winkler 2020a, persönliche Mitteilung)

Die Erfahrungen mit Nasslagern sind unterschiedlich und reichen von sehr zufrieden bis zum Urteil «nicht überzeugend». Die Kosten für die Nasslager divergieren, aber es wird dennoch als lohnende Investition beurteilt. Der Markt kann durch die Nasslagerung ausgeglichen werden und somit werden höhere Preise erzielt, die den Invest amortisieren. Berücksichtigt werden muss bei der Beurteilung von Nasslagern auch der Einfluss auf die Wasserqualität und die Folgen für den Verkehr.

4.3.2.4 Lagerung ausserhalb des Waldes

Für die Lagerung ausserhalb des Waldes gilt als Richtwert eine Entfernung von 500m zu Nadelholzbeständen. Diese Distanz ist in der Regel ausreichend gross, als dass Käfer in ausreichender Zahl diese Strecke mit Flug überwinden können (Forster und Meier 2010). Hierdurch wird zum einen verhindert, dass Käfer aus dem Wald das gelagerte Holz als neue Brutstätte nutzen. Umgekehrt kann bei auf solche Weise gelagertem Käferholz vermieden werden, dass ausfliegende Käfer nicht wieder in den Wald gelangen und neuen Schaden anrichten.

Wird dieser Abstand eingehalten, ist kein Schutz des Holzes durch PSM notwendig (LWF 2014). Die Einrichtung von Zwischenlagern ausserhalb vom Wald generiert in jedem Fall Mehrkosten. Diese entstehen durch zusätzliche Transportdistanzen, den Unterbruch des Materialflusses (zusätzliches Ab- und Beladen), die Pacht oder der Kauf von Flächen, Planungs- und Organisationsaufwände, Schutzmassnahmen gegen Sonne oder Schädlinge.

Anhand eines Rechenbeispiels werden die Mehrkosten aus dem Unterbruch des Materialflusses geschätzt. Nicht einbezogen werden die Kosten für die Flächenpacht (bzw. Kauf), für Planung und Organisation sowie weitere Schutzmassnahmen. Es wurde folgende Annahmen getroffen: Anfahrt- und Rückfahrtzeit von je 1 Stunde, vier Transportfahren zwischen Wald und Zwischenlager von je 25 Fm mit 1 km zusätzliche Transportdistanz, Lade- und Abladezeiten von je 20 Minuten. Bei einem Kostensatz für den LKW und den Fahrer von 200 CHF/h (ASTAG 2017 in (Gautschi et al. 2017) würden die Mehrkosten 10.00 CHF/Fm betragen und bei einem Kostensatz von 130 CHF/h (Praxisbeispiel) würden die Mehrkosten 6.50 CHF/Fm betragen.

Um die Mehrkosten zu minimieren, sind zwei Zwischenlagerungsmodelle vorstellbar:

	Kleine lokale Zwischenlager	Regionales Netz an Lagerungsplätze
Beschreibung	- Lagerung von einzelnen Poltern, 500m bis 1km vom Wald entfernt oder möglichst nahe an den Sägewerken.	- Ca. 20 Lagerplätze von ca. 5'000 bis 10'000 Fm verteilt in der Schweiz
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Nahezu keine Umwege - Geringer Planungs- und Organisationsaufwand, wenn von einzelnen Akteuren (Forstbetriebe oder Sägewerke) betrieben - Für Waldeigentümer, welche weitere Landungen besitzen (z.B. politische Gemeinden), geringere Landkosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Kann als Logistikkreisläufe wirken, die überbetriebliche Zusammenarbeit fördern, sowie zu einer optimierten Sortimentszuteilung, einer erhöhten Wertschöpfung und optimierten Transportvolumen führen. - Durch Skaleneffekte sind effizientere Prozesse (z.B. Portalkräne, IT-Tools) und Schutzmassnahmen (Dach, Bewässerung) zu geringeren Mehrkosten möglich - Durch Bedeckung oder Bewässerung kann das Holz über mehrere Monate gelagert werden - Bietet eine Alternative im Fall von grösseren Störungen, wie Stürme
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - In ländlichen Regionen mit verstreuten Waldungen oder engen Tälern sind kaum Plätze ausserhalb der Bauzone zu finden, die mindestens 500m vom Wald entfernt sind - Bei nicht gedeckten oder bewässerten Plätzen kann das Holz für ca. 1 bis max. 3 Monate (April bis Juni) gelagert werden. - Für Waldeigentümer oder Sägewerke, welche keine weiteren Landungen besitzen, entstehen u.U. hohe Flächenkosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Grösseren Platzbedarf und dadurch hohe Kosten für die Fläche - Zusätzliche Transportdistanzen - Erhöhter Planungs- und Organisationsaufwand, um Holz von verschiedenen Eigentümern und für verschiedene Abnehmer zu verwalten

Die interviewten Experten stehen zum Teil der Zwischenlagerung aufgrund der Mehrkosten und der geringen Umsetzbarkeit kritisch gegenüber. Insbesondere wurde die Schwierigkeit, geeignete Plätze zu finden erwähnt. Neben den Hindernissen durch die aufwendigen Genehmigungsverfahren sind die Zuständigkeiten und Rollen der Akteure zu regeln. Ebenfalls stellt sich bei beiden Modellen die Frage, wer die Mehrkosten übernehmen soll. Andererseits können Förderungen einen Einfluss auf die Preisbildung haben, sodass nicht unbedingt die Akteure, welche die Mehrkosten tragen, auch von den Förderungen profitieren. Als sinnvoll wird die Einrichtung von Lagerplätzen ausserhalb des Waldes aber aus Waldschutzgründen angesehen.

4.3.2.5 Lebendkonservierung

Die Lebendkonservierung wird verwendet, wenn nach grossen Windwürfen nicht genügend Kapazität vorhanden ist, um sämtliche Schäden zeitgerecht aufzuarbeiten. Dabei müssen mindestens 30% der Wurzeln noch Bodenkontakt aufweisen (LWF 2014).

4.3.2.6 Folienlagerung

Bei der Folienlagerung wird das Holz mit einer UV-beständigen Folie luftdicht verpackt. Eingelagert werden darf nur frisches, gesundes Fichtenholz. Die Erfahrungen mit Folienlagerung sind unterschiedlich. Oftmals werden die Folien beschädigt und bei zu heissen Sommern überhitzt das Holz in der Folie und verliert dadurch an Qualität.

Die Folienlagerung verursacht hohe Kosten und einen hohen Logistikaufwand, weil regelmässige Kontrollen notwendig sind (LWF 2014). Die Mehrkosten durch die Folienlagerung belaufen sich auf ca. 4 bis 6 CHF / m³ (AG FS 2000). Andere Erfahrungen aus der Praxis sprechen von 10-15 CHF/m³ Mehraufwand bei einem Zeitaufwand von ca. 2 Stunden für 200 fm.

4.3.3 Grundlagen zur Logistikoptimierung

Der Wertverlust durch Käfer oder Verblauung ist eng mit der Holzlagerung im Wald verknüpft. Gerade dieser Holzvorrat, der längere Zeit im Wald lagert, wird auf Wunsch des Holzkäufers gegen Käferbefall und Verblauung mit Insektiziden behandelt. Um den Einsatz von PSM bzw. die Verblauung des Holzes zu vermeiden, sollte das Holz innerhalb von 2 bis maximal 3 Wochen aus dem Wald abgeführt werden. Diese Option verlangt eine reibungslose Logistik zwischen allen Akteuren der Wertschöpfungskette.

4.3.3.1 Stand der Praxis im Bereich der Holzlogistik

Durch Literaturstudium, Expertenwissen und Interviews konnten die Gründe aufgedeckt werden, welche zu längeren Lagerzeiten im Wald führen (Abbildung 1). Nicht alle führen aber per se zu einer Insektizidbehandlung. Die Faktoren, welche hauptsächlich zum Einsatz von PSM im Wald führen, sind in der Grafik rot markiert. Orange sind diejenigen Faktoren, welche unter gewissen Umständen ebenfalls zum Einsatz von PSM führen können.

Unterschiedliche Produktionszeiten zwischen Sägewerken und Forstbetrieben

Der erste Hauptgrund für den Einsatz von PSM liegt in den unterschiedlichen Produktionszeiten der Prozessschritte der Wertschöpfungskette. Sägewerke sind auf eine ganzjährige Holzversorgung angewiesen, andererseits ist der Holzanfall durch verschiedene Gründe nicht gleichmässig. Um diese Unregelmässigkeiten auszugleichen, wird Rundholz gelagert. Jedoch sind die Lagerkapazitäten bei den Sägewerken aufgrund der hohen Kapitalbindung und aus Platzgründen häufig beschränkt (bis zu weniger als eine Woche Holzvorrat).

Sowohl Holzabnehmer als auch Waldeigentümer wünschen eine Holznutzung ausserhalb der Saftzeit. Während der Saftzeit geschlagenes Holz ist schwieriger zu verarbeiten, reisst leichter (u.a. problematisch bei der Herstellung von hochwertigen Holzprodukten). Auch solche Sägewerke, die keine oder zu kleine Trocknungsanlagen haben, sind auf wintergeschlagenes Holz angewiesen. Holzschläge in der Saftzeit verursachen zudem vermehrte Schäden am verbleibenden Bestand. Damit auch im Frühling und Sommer wintergeschlagenes Holz gesägt werden kann, wird Holz im Wald gelagert und gespritzt.

Bisher gibt es keine Studie über die monatlichen Holznutzungen in der Schweiz. Gemäss Aussagen aus den Experteninterviews wird v.a. im Mittelland weiterhin der grösste Teil des Holzes im Winter geschlagen. Auch wenn Holz aus den Gebirgen im Sommer anfällt und einzelne grössere Forstbetriebe gleichmässig über das Jahr nutzen, liegen hohe Holzvolumen im Frühling im Wald. Ab März-April, wenn die Temperatur konstant über 15°C bleibt, muss das Holz innert kurzer Zeit aus dem Wald gebracht werden, um einem Befall durch den Gestreiften Nutzholzborkenkäfer und den Sägehörnigen Werftkäfer zuvorzukommen. Die beschränkte Aufnahmekapazität der Holzverarbeitenden Betriebe ist der Flaschenhals in der Logistikkette. Prioritär wird Holz abgeführt, das in Gewässerschutzzonen liegt und nicht gespritzt werden darf sowie Holz von sehr guter Qualität. Das übrige Holz wird im Wald gelagert und aus Werterhaltungsgründen mit Insektiziden gespritzt. Einzelne Forstbetriebe können durch ihre gute Marktpositionierung einen Verzicht auf PSM in ihren Wäldern durchsetzen. Doch verschiebt dies zum Teil nur die Problematik auf andere, schlechter positionierte Waldeigentümer, die als Folge ihr eigenes Holz länger im Wald lagern und zur Werterhaltung spritzen müssen.

Wer die Kosten für das Spritzen übernimmt ist regional unterschiedlich. Gewisse Holzabnehmer beziehen hauptsächlich wintergeschlagenes Holz und entschädigen die Forstbetriebe für die PSM-Behandlung. In anderen Regionen übernehmen die Holzabnehmer die Kosten für den Holzschutz von Holz, welches bis zu einem festgelegten Datum bereitgestellt, aber nicht frühzeitig abgeführt werden konnte.

Laut den Interviews funktioniert die laufende Abfuhr im Sommer und Herbst meist innerhalb von ca. 2 bis maximal 3 Wochen. Durch Zwangsnutzungen oder Betriebsferien der Sägereien können längere Lagerungszeiten im Wald entstehen, führen jedoch meist nicht zu einem Einsatz von PSM.

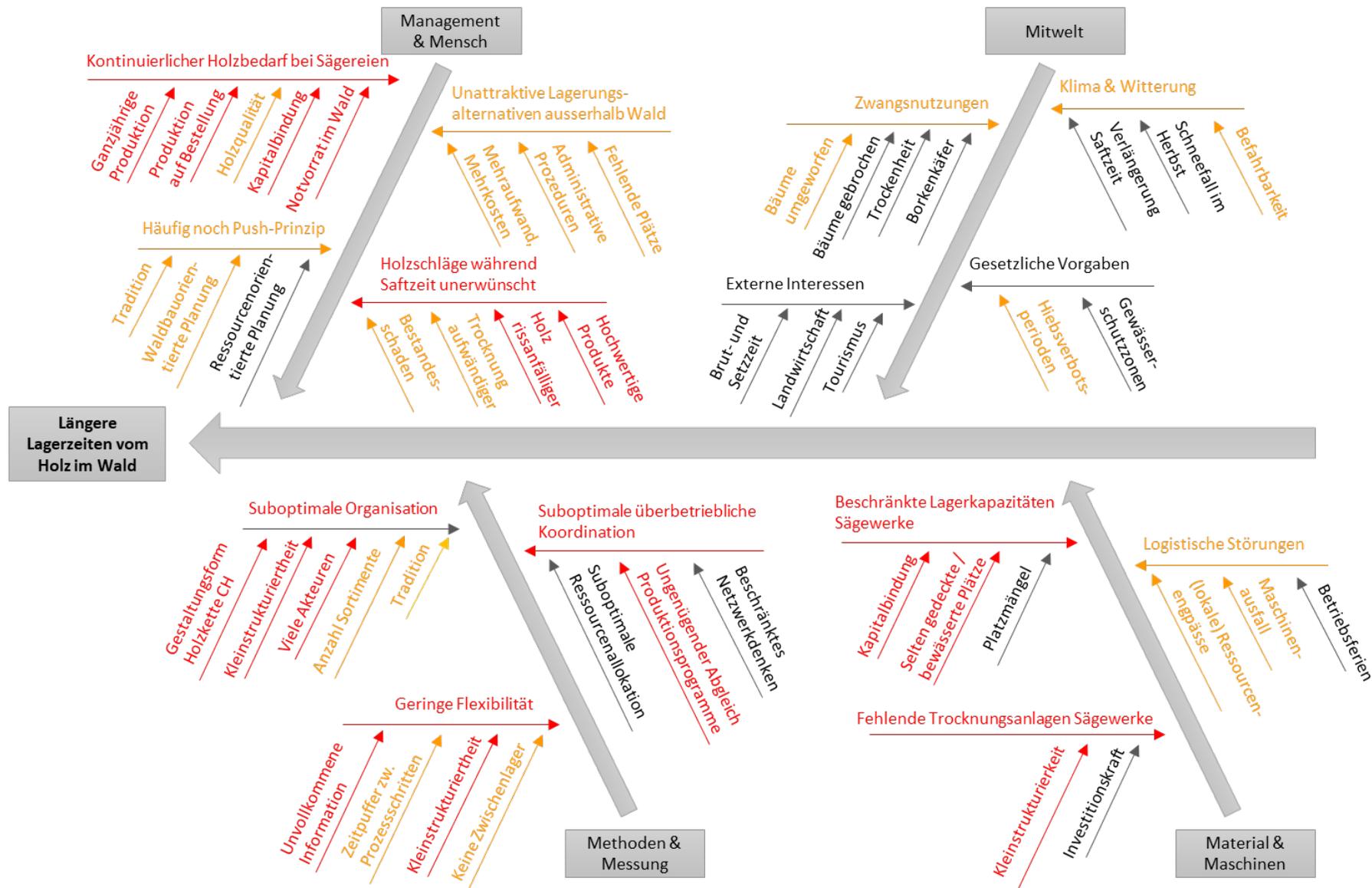


Abbildung 1: Ursache-Wirkungs-Diagramm mit Faktoren, die zu längeren Lagerzeiten im Wald führen und deren Einfluss auf den Einsatz von PSM im Wald. Nicht alle führen aber per se zu einer Insektizidbehandlung. Die Faktoren, welche hauptsächlich zum Einsatz von PSM im Wald führen, sind in der Grafik rot markiert. Orange sind diejenigen Faktoren, welche unter gewissen Umständen ebenfalls zum Einsatz von PSM führen können.

Viele Holzabnehmer lagern eine gewisse Menge an Holz im Wald als Not- oder Puffervorrat, um Engpässe zu überbrücken oder schnell auf Kundenbestellungen reagieren zu können. Diese Vorratslagerung wurde von Despond mit ca. 5 % am Gesamtvolumen eines Jahres beziffert (Fasel 2019b, persönliche Mitteilung). Einzelne Holzabnehmer arbeiten auch eng mit Holzvermarktungsorganisationen zusammen. Dadurch können sie ihren Bedarf besser sicherstellen. Jedoch müssen auch die Holzvermarktungsorganisationen über gewisse Puffervorräte verfügen, damit sie schnell auf die Bedürfnisse der Holzabnehmer reagieren können.

Suboptimales Wertschöpfungsnetzwerk

Der zweite Hauptgrund für den Einsatz von PSM im Wald liegt bei einer suboptimalen Logistik und einer ungenügenden Koordination zwischen den Akteuren. Dadurch entstehen Ineffizienzen, Verzögerungen und grösserer Zeitbedarf der einzelnen Akteure, sodass die Abfuhr länger dauert. Da im Frühling schon einzelne Tage über den Wertverlust entscheidend sein können, werden PSM verwendet, um sich Zeit für die Logistik zu verschaffen.

Eine erste Ursache liegt in der grundsätzlichen Gestaltungsform der Wertkette Holz in der Schweiz. In Nachbarchländern liegt die Logistik oft in einer Hand (z.B. Frankreich, Skandinavien, Österreich). In der Schweiz sind aufgrund der komplexen Planungs- und Genehmigungsprozesse viele Akteure in der Wertschöpfungskette Holz involviert: Waldeigentümer, Forstbetriebe, Einschlagunternehmer, Transportunternehmer, Logistikanbieter, Holzvermarktungsorganisationen, Holzabnehmer. Diese Akteure verfolgen diverse Zielsetzungen, die voneinander abweichen können. Die Koordination und somit eine optimale Logistik sind weiter durch die Kleinstrukturiertheit der Akteure erschwert. Um trotz kleine Strukturen Skaleneffekte zu generieren und höhere Transaktionskosten zu vermeiden, sind Logistikanbieter und Holzvermarktungsorganisationen entstanden. Ihre Zielerreichung wird in der Praxis unterschiedlich bemessen. Viele sind weiterhin zu klein, um sich vollumfänglich zu professionalisieren und effizient die Koordination zwischen den Akteuren zu übernehmen.

Gemäss Aussagen aus den Experteninterviews erfolgt häufig die Holzproduktion bei den Waldeigentümern und Forstbetrieben weiterhin nach dem Push-Prinzip. Die Hiebsatzplanung ist nahezu ausschliesslich nach waldbaulichen Überlegungen orientiert und kaum marktorientiert. Forstbetriebe, welche ihre Hiebsausnutzung um mehr als ein Drittel je nach Marktlage variieren lassen, sind ungewöhnlich. Zudem erfolgt selten ein systematischer, laufender Abgleich der Produktionsprogramme zwischen Sägewerken und Forstbetrieben. Auch können nur wenige Forstbetriebe innerhalb von ein paar Wochen auf eine Bestellung eines Holzabnehmers reagieren. Weiterhin wird der Einsatz von Einschlag- und Transportunternehmern mehrheitlich durch bilaterale, lokale Verhandlungen geplant. Regionale Ausschreibungen werden kaum durchgeführt. Dadurch entstehen nicht nur eine suboptimale Ressourceneinsatz und höhere Produktionskosten, sondern auch höheren Lagerbestände.

Auch durch eher starre, lokale Akteursbeziehungen ist die Flexibilität des Logistiksystems begrenzt und seine Empfindlichkeit auf Störungen gross. Lagerbestände dienen dazu, Störungen bei vorgelagerten Produktionsschritten aufzufangen. Dadurch wird ein Holzengpass bei nachfolgenden Prozessschritten vermieden bzw. reduziert. Insbesondere kann die Abfuhr des Holzes durch witterungsbedingte Verzögerungen oder Ressourcenengpässe, insbesondere beim Transport oder aufgrund von Maschinenausfällen, verzögert werden. Eine eingeschränkte Bodenbefahrbarkeit oder das Fällen im Voraus bei seilgestützter Holzernte kann dazu führen, dass das Holz länger im Bestand liegen bleibt, bevor es gerückt wird. Bisher ist es selten der Fall, dass Waldeigentümer bei lokalen Ressourcenengpässen Einschlag- oder Transportunternehmer aus einer anderen Region der Schweiz einsetzen.

In gewissen Fällen kann Holz bereits vom Käfer befallen sein, wenn es an der Waldstrasse bereitgestellt wird. Hier gibt es aus Waldschutz- sowie Werterhaltungsgründen nur enge Zeitfenster, um das Holz abzuführen. Bei Störungen im Frühling, wenn die Gestreiften Nutzholzborkenkäfer und Sägehörnigen

Werftkäfer sich stark vermehren, können diese zu einem Einsatz von PSM führen. So kann man sich Zeit verschaffen. Bei Störungen im Sommer ist die Gefahr dagegen grösser, dass das Holz stärker vom Buchdrucker befallen wird, was aber in der Regel nicht zu einer Insektizid-Behandlung führt.

Zwangsnutzungen können zu einer verzögerten Holzbereitstellung, Ressourcenengpässen, einer Veränderung der Produktionsplanung und zu einer Marktsättigung führen. Ob diese zu einem vermehrten Einsatz von PSM führen, hängt davon ab, in welcher Höhe und wann die Zwangsnutzungen anfallen. Problematisch sind solche Zwangsnutzungen, die Ende des Winters und Anfangs des Frühlings auftreten, wenn die Lagerkapazitäten bereits ausgenutzt sind und der Käferbefall schnell erfolgt. Ein weiterer Einflussfaktor, ob PSM zum Einsatz kommt oder nicht, ist die Holzqualität des betroffenen Holzes.

4.3.3.2 Ansätze zur Logistiko Optimierung

Ein vielversprechender Ansatz

Auf Bundesebene besteht das Ziel der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Wald bereits seit längerer Zeit. So wurden auf der Grundlage einer vom Bundesamt für Umwelt in Auftrag gegebenen Studie einige wesentliche Ansätze für Strukturverbesserungen im Schweizer Wald formuliert (Pöyry 2002). Folgende Ansätze zur Reduktion von PSM sind möglich:

- Verfolgung einer Just-In-Time Logistik
- Vermehrter Abgleich der Produktionsprogramme zwischen Sägewerken und Forstbetrieben
- Marktorientierte Holzschlagplanung
- Schaffung von grösseren Strukturen zur Erschliessung von Skaleneffekten und erhöhte Professionalisierung
- Verminderung von Kleinpoltern und optimierte Tourenplanung
- Bessere Wertschöpfung und kleinere Lagerbestände durch optimierten Ressourceneinsatz auf regionaler Ebene durch vermehrte überbetriebliche Koordination
- Erhöhte Flexibilität durch vermehrte überbetriebliche Koordination und Erweiterung des Einsatzperimeters von Einschlag- und Transportunternehmen
- Bessere Ausstattung der Akteure mit EDV-Systemen
- Verstärkung des Wertschöpfungsdenkens bei allen Akteuren der Wertkette Holz

Folgende konkrete Organisationsformen sowie Technologien sollten herangezogen werden, um die Optimierungsansätze umzusetzen:

- Produktionsplanung und -steuerung (PPS) Systeme erbringen exakte Informationen über die durchzuführenden Aufgaben und die aktuelle Auslastung der Ressourcen, um kurze Durchlaufzeiten, eine optimale Ressourcenauslastung zu erreichen und flexibel handeln zu können (vgl. Beispiel System des Staatforstbetriebs Bern (Schmidt und Egger 2009)).
- Bündelung der zu vermarktenden Holzmenge und ein betriebsübergreifender Holzverkauf durch einer Forstbetriebsgemeinschaft, eines Agenten oder durch die Holzindustrie (Oswald et al. 2003).
- Logistikanbieter werden eingesetzt, um die überbetriebliche Planung und die Koordination zwischen den Akteuren zu fördern (vgl. LENKA AG als Beispiel für einen Komplettendienstleister).
- Holzvermarktungsorganisationen bündeln das Holzangebot und bieten dessen professionelle Vermarktung an. Wichtig für ihren Erfolg ist, dass sie sich bereits in der Holzernteplanung in dem Prozess beteiligen. Die Vermarktungsorganisation sollte ca. 100'000 fm pro Jahr umsetzen, damit die Fixkosten (vor allem Personal) gedeckt werden können und eine hohe Marktmacht entstehen kann.
- Forstliche Kooperationen sind anzustreben, um trotz der Kleinstrukturiertheit der Forst- und Holzwirtschaft Zeit- oder Kostenvorteile, Know-how-, Kompetenz- oder Grössenvorteile zu realisieren.
- Schlag- und Unternehmerpool: Auch wenn die Waldeigentümer/innen ihre Eigenständigkeit bewahren wollen, können sie über eine überbetriebliche Zusammenarbeit in der Holzernte dennoch effizienter werden, indem sie den Unternehmereinsatz besser koordinieren. Ziel ist es,

Hiebe eigentumsübergreifend zusammenzufassen und als Bündelauftrag an die am besten geeigneten Einschlagsunternehmen zu vergeben (Thomas et al. 2019).

- Supply Chain Management Tools ermöglichen Bestellungen, Lagerbestände, Transportaufgaben zu verfolgen. Moderne Tools enthalten zusätzliche Analyse- und Prognosemodule sowie Plattformen für die Zusammenarbeit. Ein reibungsloser Informationsfluss zwischen den Akteuren führt zu einer besseren Logistikeffizienz und -flexibilität (vgl. z.B. WinforstPro Logistik).
- Früherkennungstools können einen indirekten Beitrag zur Vermeidung von PSM im Wald leisten: die in der Summe zu weniger Zwangsnutzungen und damit zu einer Entlastung der Situation insgesamt (Anmerkung: PSM bei schon befallenen Bäumen ist nicht sinnvoll und wird in der Praxis auch nicht gemacht).

Per Fernerkundung ist es möglich, den Gesundheitszustand der Bäume über eine Spektralanalyse zu bestimmen (vgl. (DLR 2016); (Festmeter.at 2019). Die Überwachung durch festmeter.at wird für rund 7.5 CHF / ha und Jahr angeboten. Die Praxiserfahrungen des SBF und der Burgergemeinde Bern haben ergeben, dass zwischen Befliegung, Auswertung und dem Übermitteln der Daten an die Bewirtschaftung zu viel Zeit vergeht für eine effiziente Käferbekämpfung sowie die Intervalle zwischen zwei Befliegungen zu gross sind. Hier besteht also noch Bedarf an einer Verbesserung der Technik und Prozesse. Die Überwachung des Gesundheitszustands und Meldung von Käferbäumen kann jedoch ebenfalls vom Boden aus, durch den Förster mit einer App, erfolgen (Eisenberger 2018). Im Kanton Bern wird noch ohne App, dafür mit sog. «Käfervögten» gearbeitet.

Es existieren weitere Lösungen auf dem Markt, die u.a. mit Spracherkennung und automatischer Karteneintrag funktionieren (z.B. LogBuch 2019). Gleich, welcher Ansatz verfolgt wird, wichtig ist die zeitnahe Aufarbeitung der Käferbäume nach deren Erkennung. Dazu sind ausreichende personelle und maschinelle Ressourcen und eine funktionierende Logistik für den Holzabsatz notwendig.

4.3.4 Absatz von verblautem Holz: Sensibilisierung entlang der Wertschöpfungskette

Der Wertverlust von Holz durch Bläuepilze wird durch Käfer beschleunigt. Andererseits führen auch Pilzsporen in der Luft zu einer Verblauung des Splints (siehe auch Kapitel 4.2). Verblauung führt zu einem deutlichen Preisabschlag: zum Teil gibt es Preisabschläge von bis zu 50 % (Fasel 2020, persönliche Mitteilung). Eine Sensibilisierung und Aufklärung über die holztechnische Gleichwertigkeit von im Splint verblautem Rundholz könnte zu einem höheren Absatz und zu besseren Preisen für die Waldbesitzer führen. Als Folge davon könnte auf den Einsatz von PSM als werterhaltende Massnahme verzichtet werden. Anzumerken ist hierbei zur Vollständigkeit, dass schon befallenes Käferholz mit der hauptsächlichen Problematik der Verblauung ohnehin nicht mit PSM behandelt wird und insofern hierbei auch keine Reduktion von PSM zu erwarten ist.

Potential für die Verwendung von verblautem Holz

Die Sägereien decken rund 70 % ihres Bedarfs mit frischem, weissem Holz und maximal 30 % mit verblautem Holz (Griesser Kym 2019).

Obwohl verblautes Holz zwar bezüglich der holztechnischen Eigenschaften dem frischen, weissen Holz gleichwertig ist (Friedl 2004), wird es aber aus optischen Gründen nur dort eingesetzt, «wo keine ästhetischen Ansprüche bestehen, d.h. vor allem im nicht sichtbaren konstruktiven Bereich des Holzbaus. Des weiteren werden verblaute Sortimente im Holzwerkstoffbereich eingesetzt (z.B. OSB Platten)» (Volkmer 2020, persönliche Mitteilung). Der Holzkern ist vom Bläuepilz nicht betroffen, nicht verfärbt und kann zu hochwertigen Produkten verwendet werden. Holzkäufer und Architekten müssen von der Gleichwertigkeit von im Wald verblautem Holz überzeugt werden, um die Verwendung zu erhöhen und damit einen höheren Absatz zu erzielen.

Marketingkampagne zu verblautem Holz und Schweizer Holzmarkt

Eine eigene Marketingkampagne für verblautes Holz zu lancieren wird nicht als zielführend erachtet, wenn man die Anstrengungen von Marketing Schweizer Holz betrachtet. Sie zielen mit ihrem «Label

Schweizer Holz» auf die stärkere Nachfrage nach Schweizer Holz generell. Im Fall eines Aufschwungs für Schweizer Holz könnte verblautes Holz aber indirekt vom «Label Schweizer Holz» profitieren: Denn wenn durch den Endverbraucher Schweizer Holz vermehrt nachgefragt wird, kann mehr Holz zu besseren Preisen verkauft werden. Dadurch wiederum steigt auch der Wert von verblautem Holz, da Schweizer Holz ein knapperes Gut werden könnte (Bütikofer 2020, Interview). Hier müsste aber die Praxis der Nulltoleranz verändert werden hin zu einer Akzeptanz von verblautem Holz, und zwar entlang der ganzen Wertschöpfungskette Holz bis zum Endkunden.

Ein besserer Holzabsatz heisst auch, dass Holz nicht mehr lange im Wald lagert, sondern zügig ins Werk abtransportiert wird. Dadurch entfällt die Notwendigkeit für den Einsatz von PSM.

4.3.5 Vorbereitet in die nächste Krise – kantonale Konzepte und Analysetool der FVA

In vielen Kantonen liegen Konzepte für grosse Schadereignisse in Form von Handbüchern vor, doch fehlen oftmals konkrete Umsetzungsmassnahmen. Dabei sei es wichtig, so die Stimmen aus der Praxis, dass man vorbereitet sei für die nächste Krise.

Vorgesorgt hat der Kanton Zürich mit seinem entwickelten Konzept und Online-Tool zur Bewältigung von zukünftigen Krisensituationen. Für ein kantonales Netz an Lagerplätzen, insbesondere an Nasslagerplätzen, werden schon im Vorfeld alle Abklärungen getroffen. Zudem müssen die Abläufe entlang der gesamten Kette gut vorbereitet sein (Winkler 2020a, persönliche Mitteilung).

Ausserdem hat der Kanton ZH beschlossen, dass man in der aktuellen Käfersituation mit dem hohen zusätzlichen Holzaufkommen die Strukturen anwenden kann, die sonst im Sturmfall greifen. Deshalb ist geplant, im Frühjahr 2020 gegebenenfalls eines der Nasslager (in Ossingen) zu aktivieren, um hochwertige, unverblaute Käfersortimente einzulagern, das nicht sofort verarbeitet werden kann (Winkler 2020b, persönliche Mitteilung).

Hartebrodt und Hengst gehen das forstliche Krisenmanagement in einem Workshopsetting mit den (potentiellen) Beteiligten und Betroffenen im Krisenfall an (Hartebrodt und Hengst-Ehrhart 2017). Dazu haben sie als Analysetool eine Prozesslandschaft (siehe [Anhang 4](#)) entwickelt, die ihnen als Grundlage für „die Schwachstellen- bzw. Engstellenanalyse und die Zuordnung von Lösungsansätzen“ dienen (Hengst-Ehrhart 2020, persönliche Mitteilung). „Ziel ist es, eine gemeinsame Problemwahrnehmung aller Beteiligten zu schaffen und [...] darzustellen, wo im Gesamtprozess Einzelforderungen und Lösungsansätze anzusiedeln sind. So wird anschaulich, dass es keine „eine Wunderwaffe“ geben kann, sondern Optimierungsbedarf an vielen Stellen ansetzen kann und muss» (ebd.).

4.3.6 Sensibilisierung und Schulung der AnwenderInnen

Der Einsatz von PSM zur Werterhaltung und aus Gründen des Waldschutzes ist kostengünstig und einfach umsetzbar. Schulungen und Sensibilisierungsmassnahmen für die AnwenderInnen, aber auch für die Personen, die die Ausnahmebewilligungen erteilen, sollen zu einem grösseren Bewusstsein für die Giftigkeit und die Auswirkungen auf Umwelt und mittelbar und unmittelbar auf die eigene Gesundheit führen.

Im Folgenden werden die möglichen Ansätze für die Sensibilisierung erläutert.

4.3.6.1 Auf Ebene der FachbewilligungsträgerInnen

Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

2017 ist vom Bundesrat der Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet worden (Bundesrat 2017). Hierin sind die beiden Massnahmen 6.3.1.1 «Weiterbildungspflicht für die berufliche Anwendung von PSM» und die Massnahme 6.3.1.3 «Verstärkung der Kenntnisse über den Umgang mit PSM in der beruflichen Grundbildung und in der höheren Berufsbildung» beschrieben, die auch die Fachbewilligungsinhaber PSM im Wald betreffen. Die derzeit geltende Verordnung (VFB-W 2005) wird durch eine neue ersetzt werden, die voraussichtlich am 31. Dezember 2025 in Kraft tritt (3jährige Übergangsfrist).

Folgende Massnahmen sind auf Grundlage des Aktionsplan PSM vorgesehen:

1. Zukünftige FABE-Prüfungen

Bisher reichte ein Abschluss Förster, Försterin HF an den Försterschulen Lyss und Maienfeld zum Erlangen der FABE. Neu wird ein separater Nachweis der Fähigkeiten und Kenntnisse im Bereich Pflanzenschutz Pflicht sein. Die Prüfung wird künftig aus einem theoretischen Teil und neu auch einem praktischen Teil bestehen.

2. Weiterbildungspflicht

Wichtigster neuer Baustein aus dem Aktionsplan PSM (AP PSM) ist die Einführung der Weiterbildungspflicht für alle beruflichen AnwenderInnen von Pflanzenschutzmitteln.

Die Weiterbildungspflicht sieht für die FABE PSM in der Waldwirtschaft eine Weiterbildung alle 5 Jahre (4 h) vor. Das Angebot erfolgt voraussichtlich durch die Bildungsanbieter im Wald und soll einen hohen Praxisbezug haben.

Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, alle FABE-Träger über aktuelle Themen und Neuerungen zu informieren sowie die Grundlagen zu PSM aufzufrischen. Ein Schwerpunkt kann dabei auf Alternativen oder Verminderung von PSM gelegt und auch die Auswirkungen von PSM auf die Gesundheit und Umwelt aufgegriffen werden. Ziel ist dabei der bewusstere und fachgerechte Umgang mit PSM.

3. Nationale Datenbank und Abgabe von PSM in den Verkaufsstellen

Es ist vorgesehen, dass die Abgabe in den Verkaufsstellen für PSM neu geregelt wird (PSMV, Art. 64): so bekommt bspw. ein FABE Träger PSM Wald nur noch die für den Forst zugelassenen Mittel und nur mit gültigem FABE. Bisher hat jeder alles bekommen. Somit werden also auch auf Verkaufsebene eine Verbesserung und Verschärfung in Bezug auf PSM erreicht.

4.3.6.2 Auf Ebene der Anwendungsbewilligungsstellen

Eine weitere Stellschraube zur (indirekten) Sensibilisierung und Einflussnahme bieten die kantonalen Anwendungsbewilligungen. Über diesen Kanal können Informationen wie Merkblätter an die Fachbewilligungsinhaber direkt oder an die beauftragten Stellen (z.B. Kreisförster) verbreitet werden. Da für den Vollzug der ChemRRV die kantonalen Behörden zuständig sind, können diese Regelungen und Weisungen zu PSM innerhalb des gesetzlichen Rahmens festlegen.

4.3.6.3 Auf Ebene der Waldschutzbeauftragten

Aus der Umfrage, die im Herbst 2019 an die Waldschutzbeauftragten ging (Umfrage Waldschutzbeauftragte 2019), bekundeten die kantonalen Waldschutzbeauftragten ihr Interesse an einem Erfahrungsaustausch zu PSM untereinander. Dem Thema Alternativen zu PSM wurde zudem grosse Wichtigkeit beigemessen. Hier wäre ein entsprechender Rahmen zu schaffen.

4.3.7 Forschungsbedarf zu PSM-Alternativen

Im Folgenden werden Ansätze aus der Forschung aufgezeigt, die zum Ziel haben, die chemischen Pestizide durch umweltverträgliche Alternativen zu ersetzen. Diese Methoden könnten zu einer Werterhaltung des Holzes nach der Ernte auch ohne PSM beitragen, wenn eine rechtzeitige Abfuhr und Verarbeitung nicht möglich sind. Bisher hat aber keine Methode die Marktreife erreicht.

4.3.7.1 Biotechnische Verfahren der insektizidfreien Borkenkäferregulation

In einer Untersuchung der TU Dresden wurden biotechnische Verfahren zur insektizidfreien Borkenkäferregulation getestet. Es wird mit Duftstoffen gearbeitet, die entweder Bäume oder die Borkenkäfer aussenden.

Erste Resultate haben gezeigt, dass bei Fichtenpoltern durch Einsatz von Nicht-Wirtsbaum-Duftstoffen sowie von Botenstoffen, die den Borkenkäfern vorgaukeln, dass das Habitat schon besetzt ist, gute Ergebnisse erzielt werden konnten. So reduzierte sich die Besiedlung um 85 – 99 %. Im Vergleich dazu: der Wirkungsgrad von z.B. Fastac Forst wird von dem Hersteller mit 97 % angegeben.

Die Tests soll von Versuchspoltern in einem nächsten Schritt auf grosse Polter ausgeweitet werden (Friedrich und Wehnert-Kohlenbrenner 2019).

4.3.7.2 Einsatz von pigmentlosen Stämmen des Bläuepilzes

Es wurden Versuche an Kiefernholz durchgeführt, in denen das Holz gleich nach Fällung mit pigmentlosen Stämmen des Bläuepilzes (*Ophiostoma piliferum*) behandelt wurde. Das Prinzip: der pigmentlose Pilz gelangt vor dem pigmenthaltigen Bläuepilz in das Holz und besetzt damit die ökologische Nische. Der verfärbende Bläuepilz kann sich somit nicht mehr im Holz ansiedeln.

Es gab Versuchsstämme, bei denen die Verblauung auf ca. 7 % (gegenüber 74 % bei Kontrollstämmen) reduziert werden konnte (Ernst et al. 2004).

Es konnte durch Recherchen nicht ermittelt, ob dieses Ergebnis auch auf Fichtenstämmen übertragbar ist und ob die Forschung weitergeführt wurde.

4.3.7.3 Thailändische Neembaumsamenprodukte als biologische Alternative zu synthetischen Insektiziden

An der HBLA Bruck a.d. Mur (Österreich) wurde die die Wirksamkeit der Sekundärpflanzenstoffe des aus Südostasien stammende Neembaums gegenüber Buchdrucker und Kupferstecher getestet (Teichtmeister und Matt 2018). Neembaum ist bekannt für seine gute Wirkung gegen Schädlinge und wird auch schon in der biologischen Landwirtschaft verwendet. Bei der Verwendung eines thailändischen Produktes waren die Ergebnisse vielversprechend: bereits nach einem Tag waren 80 % der Käfer verendet, nach 2 Tagen alle. Ob es ein Folgeprojekt zur weiteren Erforschung von Neembaumöl gibt, ist nicht bekannt.

4.4 Ergebnisse aus den Umfragen 2019 und 2020 an die Waldschutzbeauftragten

4.4.1 Resultate aus der Umfrage im Sommer 2019 zu den Jahren 2016 -2018

Den Fragebogen im Original findet sich in Anhang 3.

4.4.1.1 Rücklauf

- 25 Waldschutzbeauftragte² (WS-B) der Kantone angeschrieben und FL
- Rückmeldung von 23 WS-B und FL (FL nicht ausgewertet wegen anderer Rechtsgrundlage)
- Rücklaufquote von 92 %

² Ein Waldschutzbeauftragter ist gleichzeitig zuständig für BS und für BL

4.4.1.2 Gründe für die Anwendung von PSM

In Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die Werterhaltung wichtigster Grund für die Anwendung von PSM ist: In 90 % der Fälle wurden PSM im Jahr 2018 aus Werterhaltungsgründen angewendet. In 10 % wurden zusätzlich phytosanitäre und Walderhaltungsgründe angegeben.

4.4.1.3 Mitteleinsatz

In den Jahren 2016-18 wurde durchschnittlich 259 kg PSM-Wirkstoff im Wald angewendet. Dies



Abbildung 2: Gründe für PSM (nur 2018)

entspricht durchschnittlich 2695 Litern/Jahr (siehe Tabelle 2). Es kommen fast nur Cypermethrine³ zum Einsatz. Von der insgesamt verkauften Menge aller Cypermethrine wird rund ein Viertel im Wald eingesetzt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 2: Zusammenstellung der wichtigsten Daten aus der Umfrage-Auswertung

#	Parameter	2016	2017	2018	Summe 16-18	Ø 2016-18
1	Eingesetzte PSM (Spritzmittel in Liter, unverdünnt)	2'265	1'926	3'895	8'086	2'695
2	Mit PSM behandelte Holzmenge Nadelstammholz in m ³	278'555	263'235	525'720	1'067'510	355'836
3	Gesamternte Nadelstammholz in fm (Jahrbuch W&H)	1'987'568	2'120'522	2'463'862	6'571'952	2'190'651
4	Verhältnis behandelte Holzvolumen zu Gesamternte Nadelstammholz	14%	12%	21%		16%
5	Verhältnis Buchdruckerholz ⁴ zu Gesamternte Nadelstammholz	9%	13%	18%		13%

Tabelle 3: Übersicht über a) die verkauften PSM (BLW-Verkaufsstatistik), b) der eingesetzten Menge von PSM im Wald auf Grundlage der Umfrageergebnisse und c) daraus abgeleitete Anteile von PSM im Wald im Verhältnis zu den BLW-Daten.

³ Wirkstoffe Cypermethrin, Zeta-Cypermethrin und Alpha-Cypermethrin werden im Folgenden zusammengefasst als Cypermethrine.

⁴ Nur Zwangsnutzung, ohne stehen gelassenes Käferholz (Waldschutz aktuell 1/19, WSL)

	2016	2017	2018	Ø
Daten aus der BLW-Verkaufsstatistik				
Verkaufte Wirkstoffmenge an PSM (Gesamthaft für Bereiche Landw., Forst, Zierpflanzen) ⁵	2'157'000 kg	2'024'000kg	2'048'000 kg	
Davon verkaufte Cypermethrine	827 kg	663 kg	1180 kg	
a) Daten aus der Umfrage an die Waldschutzbeauftragten				
Im Wald eingesetzte Cypermethrine	191 kg	173 kg	370 kg	244 kg
Sonstige im Wald eingesetzte Wirkstoffe ⁶	29 kg	10 kg	4 kg	15 kg
Gesamtmenge aller im Wald eingesetzten PSM-Wirkstoffe	220 kg	183 kg	374 kg	259 kg
b) Verhältnisse von PSM im Wald zu BLW-Verkaufsdaten				
Anteil der im Wald eingesetzten Cypermethrine zu insgesamt verkaufter Menge an Cypermethrinen (alle Bereiche)	23 %	26 %	31 %	27 %
Anteil der im Wald verwendeten PSM (alle Wirkstoffe) im Vergleich zu insgesamt verkaufter PSM-Menge (alle Bereiche)	0,02 %	0,01%	0.018 %	0,013 %

4.4.1.4 Bewilligungsverfahren

Nicht alle Kantone beantworteten die Fragen zum Bewilligungsverfahren vollständig. Zwei Kantone erteilten im Befragungszeitraum keine Bewilligungen. Fast alle Kantone (19) werden die Anwendungsbewilligung ab 2020 schriftlich erteilen. Einige taten dies schon in der Vergangenheit, andere haben nicht zuletzt aufgrund des Medieninteresses in 2019 umgestellt. So stellen 15 (von 20) Kantone Bewilligungen zeitlich und/oder örtlich befristet aus, wie dies auch in der ChemRRV geregelt ist (ChemRRV, Artikel 5). In 14 von 20 Kantonen wird im Bewilligungsverfahren der Besitz der Fachbewilligung abgefragt. Diese Fabe ist eine Voraussetzung für die Bewilligung zum PSM-Einsatz. Sieben Kantone gaben an, dass sie als Reaktion auf die Medienaufmerksamkeit spätestens ab 2020 das Bewilligungsverfahren optimieren wollen.

4.4.1.5 Politische Vorstösse

In den Kantonen AG, BS/BL, JU, ZG, ZH gab es politische Vorstösse zu PSM im Wald. Auf Bundesebene gab es zwei Vorstösse (Ip Hadorn 19.3468 und Ip. Graf 19.3517) und die Diskussion zur parl. Motion 18.3715 betreffend erleichterte Rundholzlagerungen im Wald. Die meisten bezogen sich auf die Publikation im Oekoskop der Ärzte für den Umweltschutz. Auf Bundesebene wurden 2018/19 weitere Vorstösse zu PSM generell eingereicht. Eine weitere wichtige Motion in Bezug auf den Einsatz von PSM im Wald ist die Mo.19.3968 UREK-N vom 26.08.2019: Wirksames Handeln gegen das Insektensterben.

4.4.1.6 Kantonale Massnahmen zur Reduktion von PSM

In 13 Kantonen wurden bereits Massnahmen ergriffen, um den Einsatz von PSM zu reduzieren oder zu vermeiden. Dazu gehören Sensibilisierungsmassnahmen und Beratung von Förstern, Anwendern und Holzkäufern, auch im Rahmen von FSC-Audits. Weiterhin wurden Beiträge für Entrinden im Bestand und für maschinelles Entrinden am Lagerplatz und für die Lagerung ausserhalb des Waldes entrichtet und Nasslager vorbereitet. Grundsätzlich versucht man eine schnelle Abfuhr zur Weiterverarbeitung ohne längere Zwischenlagerung im Wald zu verhandeln. Auch eine restriktive Bewilligungspraxis soll zu einem reduziertem PSM Einsatz in den Wäldern führen. In einem Kanton werden bestimmte Fliessgewässer auf Rückstände analysiert. Die meisten Kantone haben demnach bereits Überlegungen angestellt und Massnahmen eingeführt, um PSM zu reduzieren bzw. Alternativen zu fördern.

4.4.1.7 Ergebnisse zum Thema «Einführung der Weiterbildungspflicht» bei Fachbewilligung PSM

Die Einführung der Weiterbildungspflicht wird als positiv erachtet. Die Waldschutzbeauftragten der Kantone sehen folgende Themen für eine Weiterbildung zu PSM im Wald als wichtig an:

⁵ Zahlen beziehen sich auf die insgesamt verkaufte Wirkstoffmenge für alle Bereiche, inklusive Wirkstoffe, die in der biologischen Landwirtschaft anwendbar sind. Darunter sind Stoffe, die als unkritisch anzusehen, aber auch solche, die kritisch zu beurteilen sind.

⁶ Deltamethrin, Chlorhydrifos, Lambda Chyalothrin

- Gesetzliche Regelungen, aktuell zugelassene Mittel und Neuerungen
- Fachgerechte Anwendung von PSM
- Risiken für die Umwelt und den Menschen
- Sicherheit und Schutz für die Anwender
- Gewässerschutz
- Alternativen zu PSM bzw. Vermeidung von PSM

Die Weiterbildungen sollen vor allem an den beiden Bildungszentren Wald in Lyss und Maienfeld stattfinden. Einige Kantone würden begrüssen, wenn die Referenten in die Kantone reisen und die Weiterbildungen vor Ort stattfinden, gegebenenfalls in Kooperation mit Nachbarkantonen.

4.4.2 Resultate aus der Umfrage im Februar 2020

Die bereits eingegangenen Daten aus den Kantonen zeigen eine erste Tendenz, dass die eingesetzte PSM-Menge in vielen Kantonen im Vergleich zu 2018 zurückgegangen ist. So liegt der Einsatz von PSM im Jahr 2019 in 16 Kantonen im Durchschnitt 62 % unter dem Verbrauch von 2018 (Umfrage Waldschutzbeauftragte 2020). Allerdings müssen hier noch die Zahlen zu der insgesamt geernteten Nadelstammholzmenge ins Verhältnis gesetzt werden. Diese werden erst Ende Juni erwartet. Somit ist eine äquivalente Auswertung zur Umfrage zu 2016-2018 dem aktuellen Zeitpunkt nicht möglich.

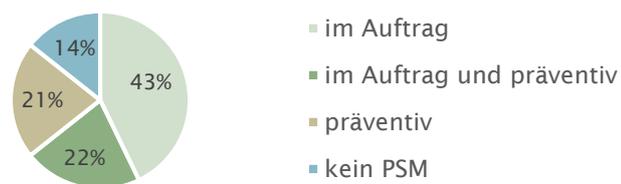


Abbildung 3: PSM Einsatz im Auftrag vom Käufer oder präventiv (sechs Rückmeldungen ohne Angaben zu diesem Punkt wurden bei der Auswertung nicht einbezogen bei insgesamt 20 Rückläufen)

Fast die Hälfte aller PSM-Einsätze erfolgt im Auftrag der Käufer, während zu jeweils ca. 20 % präventiv behandelt wurde bzw. sowohl im Auftrag als auch präventiv (Abbildung 3).

5 Diskussion der Ergebnisse

Grundsätzlich ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Wald (WaG, Art. 18) verboten, und die ChemRRV regelt die Ausnahmen. Auf PSM zu verzichten, wird auch in der forstlichen Praxis als erstrebenswert angesehen. In der Regel wird heute schon auf die Behandlung mit PSM verzichtet, wenn das geschlagene Holz rasch ins Sägewerk abtransportiert wird.

Es gibt aber Situationen, in denen grosse Holzmenge anfallen wie durch Sturm, Trockenheit und Käferbefall. Dann ist eine rasche Abfuhr aus dem Wald meist aus logistischen Gründen nicht möglich (limitierte Transportmöglichkeiten und zu wenig Lagerkapazitäten in den Sägewerken). Zu einer verzögerten Abfuhr kommt es ausserdem am Ende der Holzernteperiode, weil die Sägereien auch über die Sommermonate gleichbleibend mit Holz versorgt werden müssen. Sie bevorzugen oftmals im Winter, also ausserhalb der Saftzeit geschlagenes Holz. Somit liegt mehr Holz aus dem Wintereinschlag im Wald, als es in den Sägereien selbst gelagert werden kann. Dann ist es wichtig, die Holzqualität über längere Lagerzeiten hoch zu halten.

Es gibt zwei Anwendungsziele beim Einsatz von PSM: Der Einsatz PSM aus Werterhaltungsgründen einerseits und aus Waldschutzgründen andererseits.

Die Umfrage bei den Waldschutzbeauftragten hat ergeben (Umfrage Waldschutzbeauftragte 2019, siehe [Anhang 3](#)), dass in 90 % der Fälle das liegende Rundholz aus Gründen der Werterhaltung mit PSM behandelt werden, vor allem gegen holzbrütende Käfer. Alternativen zu PSM für den Waldschutz zu finden, ist in der Praxis meist gut umsetzbar, wenn ausreichend finanzielle Mittel für den Mehraufwand (Entrinden, Lagern ausserhalb des Waldes) zur Verfügung stehen.

Anders beim Thema Werterhaltung. Hier sind Alternativen nicht immer zu finden. Im Vordergrund steht das Erhalten der Holzqualität, da entwertetes Holz durch Bohrgänge und Verblauung einen deutlichen Preisabschlag nach sich zieht.

Fast in der Hälfte der PSM Anwendungen erfolgt die Spritzung aufgrund des Auftrags durch den Holzkäufer. PSM wird aber auch präventiv eingesetzt, um einen Wertverlust zu vermeiden. Dies ist beispielsweise bei noch nicht verkauftem Holz der Fall, wenn die Abfuhr aus dem Wald ungewiss ist.

So sollte Holz, was in den Monaten Mai bis September geerntet wurde, nicht länger als 3-4 Wochen und wintergeschlagenes Holz maximal 15 Wochen gelagert werden (Friedl 2004).

Wenn es um die Bewertung von Alternativen zu PSM geht, dann spielen viele Faktoren eine Rolle. Nicht alle Massnahmen sind für alle Situationen geeignet. Es gibt vielfältige Voraussetzungen und Rahmenbedingungen in der Waldwirtschaft, die Einfluss darauf haben, welche Methoden sinnvoll und umsetzbar sind. Die Resultate zu den untersuchten Alternativen inkl. der PSM-Anwendung selbst, fasst Tabelle 4 zusammen.

Bezeichnung der Massnahme	kurze Beschreibung	Geeignet für ...	Wirkung	Anwendungsbereich	notwendige Voraussetzungen	Umsetzbarkeit	Mehrkosten	weitere Konsequenzen
Einsatz von PSM								
Einsatz von PSM	PSM wird ausgebracht, sachgerecht mit Fachbewilligungsausweis, Genehmigung durch den Kanton und nur für den Wald zugelassene Mittel	Wintergeschlagenes Holz: vor Flug der Käfer wird Holz gespritzt und somit ein Befall durch rinden- und holzbrütende Käfer verhindert.		universale Lösung	sachgerechte Anwendung (vorgegebene Dosierung, korrekte Applikation) Anwendungsbewilligung der Kantone und Fachbewilligung Ausserhalb der Grundwasserschutzzonen S1, S2 und Sh liegen, Abstand zu Oberflächengewässer	sehr leicht umsetzbar, vorab keine aufwendige Organisation nötig; unabhängig von weiteren Akteuren der Holzketten	2-3 CHF / m ³	ökologische Auswirkungen vor allem auf Oberflächengewässer durch Abdrift und Abschwemmen. Bienengefährliche Mittel.
		Sommergeschlagenes Holz: eine Behandlung mit PSM verhindert die rasche Verblauung (Pilz) nicht, so dass PSM bei sommergeschlagenem Holz keinen Sinn macht und auch nicht praktiziert wird.						
Entrindung								
Für alle Entrindungsmethoden gültig	Holz wird zum Schutz vor Insekten- und Pilzbefall entrindet und die Holzfeuchte damit auf unter 30% gesenkt.	Verhinderung von Wertverlust bei wintergeschlagenem Holz und Absenkung der Holzfeuchte bis zum Flugbeginn der Käfer Phytopsanitäre Massnahme, um Buchdruckerbefall im gesunden Bestand zu vermeiden. Reduktion der Verblauung.	Entrindetes Holz wird durch Insekten weniger stark befallen. Insekten fördern den Befall durch Bläuepilze. Sowohl Insektenfrass als auch Bläue wirken wertmindernd und sollen durch PSM-Einsatz reduziert werden.	universale Lösung	Lagerung an Orten mit hoher Luftfeuchtigkeit (nahe Gewässer) vermeiden Beste Ergebnisse bei vor November oder nach Februar gefälltem Holz			Rinde als Gratisprodukt entfällt für die Sägereien Verblauung und Insektenbefall sind (ausgenommen sehr starker Befall) rein ästhetische Probleme. Durch Sensibilisierung der Abnehmer / Kunden könnte bei höherer Toleranz der PSM-Einsatz reduziert werden. Die Entrindung kann die Verblauung nicht komplett verhindern.
Maschinelle Entrindung im Bestand mit entrindenden Harvesterköpfen					gesundes / gesundgeschnittenes, wintergeschlagenes Holz wird entrindet und erreicht bis zum Flugbeginn der Insekten eine Holzfeuchte unter 25-30%	Entrindende Harvesterköpfe erzielen derzeit nur bei im Saft stehendem Holz gute Ergebnisse, bei wintergeschlagenem Holz entstehen durch die Entrindung grosse Holzschädigungen und geringe Produktivitäten.	Entrindende Harvesteraggreate: ca. 6-8.- / fm	
Entrindung mit Entrindungsmaschinen					Die Entrindung erfolgt schonend (geringe Verletzung Holzkörper).	Es sind nur noch wenige Entrindungszüge für die Entrindung an der Waldstrasse vorhanden; die Entrindung wird heute vorwiegend im Werk vorgenommen. Die Aushaltung von Kurzholz führt zu niedrigen	Maschinell an Waldstrasse: ca. 12.-/ fm (+1.- wenn Rinde in Bestand zurückgeführt wird)	

Bezeichnung der Massnahme	kurze Beschreibung	Geeignet für ...	Wirkung	Anwendungsbereich	notwendige Voraussetzungen	Umsetzbarkeit	Mehrkosten	weitere Konsequenzen
						Produktivitäten beim Einsatz von Entrindungszügen		
motormanueller / manueller Entrindung im Bestand						Geringe Produktivität motormanueller / manueller Entrindung, deswegen nur bei Einzelbäumen und aus phytosanitären Gründen. Dies betrifft jedoch nicht den Einsatz von PSM, weil es sich um sommergeschlagenes Holz handelt.	Motormanuelle Entrindung: 15min /m3 bei streifenförmiger Entrindung; 22min / m3 bei vollständiger Entrindung	Nur Waldschutz, Stämme verbleiben meist im Bestand
Lagerungsformen								
Kleine lokale Zwischenlager und regionales Netz an Lagern ausserhalb des Waldes	- Mind. 20 Lagerplätze von ca. 5'000 bis 10'000 fm verteilt in der Schweiz	- Sägewerke, die auf eine ganzjährige Holzversorgung angewiesen sind.	- Holz liegt nicht mehr im Wald. - Temporäre Verhinderung von Wertverlust bei wintergeschlagenem Holz	- Einzelne Waldeigentümer oder Sägewerke - Für den Normalbetrieb. - Lagerung ca. 1 bis 3 Monate (April bis Juni). - Durch Bedeckung kann das Holz über mehrere Monate gelagert werden.	- Mindestentfernung von 500m zu Nadelholzbeständen. - Keine Schäden durch Sonne oder Schädlinge, d.h. keine Lagerung über lange Zeit oder Schutzmassnahmen.	- In ländlichen Regionen mit verstreuten Waldungen oder engen Tälern sind kaum Plätze ausserhalb der Bauzone zu finden, die mindestens 500m vom Wald entfernt sind. - Für Waldeigentümer oder Sägewerke ohne eigene Lagerflächen entstehen u.U. hohe Flächenkosten.	- Ca. 10 CHF/Fm Mehrkosten durch zusätzliches Ab- und Beladen. - Evtl. zusätzliche Transportdistanzen - Pacht oder Kauf von Flächen.	- Zusätzliche CO2-Ausgaben durch erhöhten LKW-Kilometer
Nasslagerplätze	Einlagern des Holzes auf dafür eingerichtete Nasslagerplätze mit Mindestgrösse 30 Are	- Sägewerke, die auf eine ganzjährige Holzversorgung angewiesen sind. - Hochwertiges Holz bei hohem Holzaufkommen (z.B. nach Stürmen)	- Holz liegt nicht mehr im Wald. - Erhaltung der Holzqualität für ca. 2 Jahre - Entlastung des Holzmarktes und Stabilisierung der Preise	- Zusammenschluss von Akteuren aus einer Region. - Zusammenschluss von mehreren Waldbesitzern - Sägewerke - Kantonale Initiative	- Gute Holzqualität - Ausreichend Lagerfläche mit Wasserversorgung (mind. 2 m³ Wasser pro h / 1000 fm) und Genehmigungen, Infrastruktur (Verkehr)	- Grosser Platzbedarf (Kosten) - Aufwendige Genehmigungsverfahren, lange Vorlaufzeit - Geeignete Plätze rar - Schwierigkeiten bei der Regelung der Zuständigkeiten und Rollen der Akteure. Schwierigkeiten bei der Regelung der Übernahme der Mehrkosten.	- Ca 12 CHF / Fm ohne Transportkosten Mehrkosten zusätzliches Ab- und Laden. - Zusätzliche Transportdistanzen - Pacht oder Kauf von Flächen. - Erhöhter Planungs- und Organisationsaufwand	- Rückbau - Zusätzliche CO2-Ausgaben durch zusätzliche Transportdistanzen - Auswirkung auf Wasserqualität
Holzlogistik								
Verfolgung einer Just-In-Time Logistik	Marktorientierte Holzproduktion, um das Holz innerhalb von 2 bis maximal 3 Wochen aus dem Wald abzuführen.	- Sägewerke, die auf eine ganzjährige Holzversorgung angewiesen sind. - Sägewerke mit beschränktem Lagerplatz.	Holz liegt nicht länger als 2 bis 3 Wochen im Wald.	- Initiative von einzelnen Waldeigentümern, aber auch flächige Lösung für Normalbetrieb - Keine Lösung bei grösseren Störungen oder Zwangsnutzungen am Ende des Winters	- Forstbetriebe müssen innerhalb weniger Wochen auf Bestellung eines Holzabnehmers reagieren. - Marktorientierte Holzschlagplanung - EDV-Systeme - Vermehrter Abgleich zwischen Forstbetrieben und Sägewerken (vgl. nächste Zeile).	Evtl. Hürde durch: - Komplexe Planungs- und Genehmigungsprozesse - Viele Akteure in Wertschöpfungskette Holz involviert - Push-Prinzip bei der Holzproduktion seitens Waldbewirtschaftern	- Evtl. Investitionen in effiziente EDV-Systeme.	
Abgleich der Produktionsprogramme zwischen Sägewerken und Forstbetrieben	Systematischer, kontinuierlicher Abgleich zwischen Sägewerken und Forstbetrieben	- Sägewerke, die auf eine ganzjährige Holzversorgung angewiesen sind. - Sägewerke mit beschränktem Lagerplatz	Gleichmässige Holznutzung über das Jahr auf grossregionaler Ebene	- Zusammenschluss von Akteuren aus einer Region. - Keine Lösung bei grösseren Störungen oder Zwangsnutzungen	- Akzeptanz und Zusammenarbeit aller Akteure - Change-Management - Marktorientierte Holzschlagplanung	Evtl. Hürde durch: - Tradition - Push-Prinzip bei der Holzproduktion seitens Waldbewirtschaftern - Gesetzlich Vorgaben zu Hiebsverbotsperioden in gewissen Kantonen	- Schwierig zu schätzen, da es bisher keine Studie über die monatlichen Holznutzungen in der Schweiz gibt.	- Bestandes- oder Bodenschäden - Brut- und Setzzeit - Tourismus

Bezeichnung der Massnahme	kurze Beschreibung	Geeignet für ...	Wirkung	Anwendungsbereich	notwendige Voraussetzungen	Umsetzbarkeit	Mehrkosten	weitere Konsequenzen
		- Sägewerke ohne oder mit ungenügenden Trocknungsanlagen.		am Ende des Winters	- Verstärkung des Wertschöpfungsdenkens bei allen Akteuren	- Witterungsbedingte sowie logistische Störungen		
Vermehrte überbetriebliche Koordination durch einen Logistikanbieter oder eine Holzvermarktungsorganisationen	- Bessere Wertschöpfung und kleinere Lagerbestände durch optimierten Ressourceneinsatz auf regionaler Ebene - Flexibilität u.a. durch Erweiterung des Einsatzperimeters von Einschlag- und Transportunternehmen - Durch regionale Ausschreibungen werden lokale Engpässe kompensiert.	- Normalbetrieb - Logistikanbieter, die mit mehreren Akteuren auf regionaler / grossregionaler Ebene zusammenarbeiten.	Verzögerungen bei Abfuhr des Holzes werden reduziert	- Zusammenschluss von Akteuren aus einer Region. - Lösung für den Normalbetrieb, nicht für grössere Störungen	- Zusammenarbeit aller Akteure - Change-Management - Schaffung von grösseren Strukturen (Skaleneffekten, Professionalisierung) - Regionale Ausschreibungen zur Kompensation der lokalen Engpässe - Holzbündelung und betriebsübergreifender Holzverkauf - Erweiterung des Einsatzperimeters von Einschlag- und Transportunternehmen - Verminderung von Kleinpoltern und optimierte Tourenplanung	Evtl. Hürde durch: - Tradition - Viele Akteure in der Wertschöpfungskette Holz involviert - Kleinstrukturiertheit der Forst- und Holzwirtschaft - Durch eher starre, lokale Akteursbeziehungen ist die Flexibilität des Logistiksystems begrenzt. - Empfindlichkeit auf Störungen (witterungsbedingte Verzögerungen oder Ressourcenengpässe, insbesondere beim Transport oder aufgrund von Maschinenausfällen) ist gross.	- Viele Holzvermarktungsorganisationen sind weiterhin zu klein, um sich vollumfänglich zu professionalisieren und die Akteure effizient zu koordinieren. Dadurch Mehrkosten.	
Marketing von verblautem Holz								
Marketing von verblautem Holz	Marketingmassnahmen entlang der Wertschöpfungskette Holz für verblautes Holz als gleichwertiges Produkt zu unverblautem Holz	Alle Akteure entlang der Holzkette	- Höherer Absatz des verblauten Holzes - höhere Erlöse bzw. weniger Preisabschlag	Gesamte Holzbranche inkl. Öffentlichkeit	- finanzielle Ressourcen	- normales Holzmarketing nur bedingter Erfolg, dementsprechend Erfolgchancen für verblautes Holz gering	Nicht bezifferbar, evtl. ähnlich wie Kampagne «Label Schweizer Holz» (Budget Woodvetia-Kampagne ab 2019: 2.2 Mio)	
Sensibilisierungsmassnahmen								
Sensibilisierungen und Weiterbildungen zu PSM im Wald und entsprechende Alternativen	Informationen zu PSM im Wald, zu kritischen Punkten bei der Anwendung und mögliche Alternativen zu PSM	Alle Akteure entlang der Holzkette	- sorgfältiger Umgang mit PSM im Wald - genaueres Prüfen der Alternativen - besserer Gesundheits- und Umweltschutz	Forst- und Holzbranche	- Bereitschaft der Akteure auf Weiterbildungsmaßnahmen - Ressourcen (Weiterbildungsangebote, Kosten für Teilnahme...)	- Bei Unterstützung der Massnahme durch die Akteure breit umsetzbar - Relativ kurzfristig umsetzbar	Je nachdem, welche Akteure einbezogen werden sollen (nicht zu beziffern)	Gesetzliche Weiterbildung für AnwenderInnen ist ab 2026 vorgesehen
Forschung								
Erforschung von naturverträglichen Wirkstoffen und Mitteln	Forschungsbereich naturverträglicher, integrierter Pflanzenschutzmittel im Wald vorantreiben	Nationale Forschungsinstitutionen inkl. internationaler Zusammenarbeit und Forstpraxis	- Auswahl an geeigneten Schutzmitteln ohne negativer Umwelt- und Gesundheitswirkung		- Finanzielle Ressourcen für Forschungsprojekte - Kooperationen mit forstlicher Praxis	- bei personellen und finanziellen Ressourcen in Forschung und Praxis schnell aufzugleisen, aber Ergebnisse mittel- bis langfristig (Dauer der Zulassungsverfahren)	- Kosten für Forschungs-personal	

Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der beschriebenen Massnahmen zu PSM und Alternativen

Logistikoptimierung

Als eine wirkungsvolle Alternative zu PSM wird die Optimierung der Logistik entlang der gesamten Wertschöpfungskette Holz (Prozesskette von der Holzernte bis zum Endprodukt) angesehen.

Sowohl die Verbesserung der planmässigen Holzbereitstellung als auch eine erhöhte Flexibilität könnten zu geringeren Lagerbeständen und kürzere Lagerzeiten im Wald führen. Die Umsetzung ist jedoch aktuell von den zahlreichen Akteuren und der Kleinstrukturiertheit der Wertkette Holz in der Schweiz stark gehemmt. Auch wenn eine optimale Logistik vielversprechend ist, steht diese im Konflikt mit weiteren Zielsetzungen. Schlussendlich gilt es, ein Kompromiss zwischen den verschiedenen Zielkonflikten zu finden: Einsatz von PSM im Wald; optimale Logistik; Akzeptanz von Schäden (Wertminderung Holz, erhöhte Schäden am Bestand, Störungen in der Brutzeit...) und von Mehrkosten (Abbildung 4).

Eine optimale Logistik kann zu einer Reduktion des Einsatzes von PSM im Wald beitragen. Jedoch würde dies bedeuten, dass Holzschläge vermehrt in der Saftzeit durchgeführt werden müssten (stetiger Einschlag über das gesamte Jahr), um eine gleichmässige Versorgung der Sägereien zu gewährleisten. Dies würde wiederum im Konflikt stehen zu den entstehenden Schäden am verbleibenden Bestand, den Bodenschäden, aber auch den Brut- und Setzzeiten. Hierbei spielen auch die Akzeptanz bzw. bisherige Nulltoleranz gegenüber verblautem Holz eine Rolle.

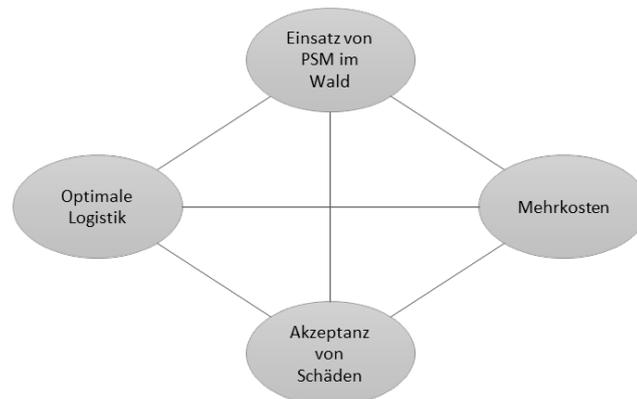


Abbildung 4: Trade-Off zwischen dem Einsatz von PSM im Wald, einer optimalen Logistik, Mehrkosten und die Akzeptanz von Schäden (Wertminderung Holz, erhöhte Schäden am Bestand, Störungen in der Brutzeit...)

Die Flexibilität der Logistik kann und sollte verbessert werden, jedoch ist ein System, welches eine direkte Abfuhr in allen Situationen gewährleistet, nicht realistisch (siehe auch «Holzlogistik» in Tabelle 4). Für hochwertige Holzprodukte, für eine hohe Anpassungsfähigkeit auf Kundenbestellungen sowie bei ungeplanten Ereignissen wie z.B. witterungsbedingte Verzögerungen oder Zwangsnutzungen bleibt der Einsatz von PSM im Wald die kostengünstigere Lösung.

Schaffung von Puffern als Lagerstätten ausserhalb des Waldes

Bei einer Reduktion oder einem Verzicht auf PSM sind die Einrichtung von Zwischenlagern ausserhalb des Waldes und damit verbundene Mehrkosten unvermeidbar. Lager ausserhalb des Waldes sind für kurze Lagerungen geeignet, Nasslager erhalten die Qualität über 2 bis 3 Jahre.

Sind Lager direkt bei den Sägewerken, wird ein gebrochener Transport und damit zusätzliche Kosten verhindert. Hier ist aber meist die Lagerkapazität ein beschränkender Faktor.

Optimal wäre das Einrichten von Nasslagern nahe an den Holzverarbeitern. Übernahmeverträge vermindern finanzielle Risiken. Eingelagert werden nur hochwertige Stämme, bei denen ein hoher Verkaufspreis zu erwarten ist.

Bei Grossereignissen kommen kantonale Lagerplätze in Frage.

Es gibt unterschiedliche Haltungen, wie die durchgeführten Experteninterviews ergeben haben, wer die Verantwortung und die Finanzierung für die Nasslager übernehmen soll:

- Sägereien (Sicherstellung der Qualität des Lagers und der richtigen Sortierung).
- Forstbetriebe (Bewirtschaftung des Waldes ist Sache der Waldeigentümer (kantonales Waldgesetz)).

- Kanton ist im Lead, erteilt evtl. einem Dritten den Auftrag des Betriebs (z.B. Holzvermarktungsgesellschaft) und entschädigt diesen.

Zu bedenken ist, dass eine Förderung solcher Lagerplätze auch einen negativen Nebeneffekt haben könnte, weil dies die Entwicklung von Logistikoptimierungen verlangsamen könnten.

Sollte eine Reduktion oder ein Verzicht auf PSM im Wald realisiert werden, muss man sich vor Augen halten, welche Mehrkosten bei der Alternativlösung durch das Schaffen von Lagerplätzen ausserhalb des Waldes entstehen.

Hierzu die folgende Beispielrechnung:

Beispielrechnung bei Reduktion / Verzicht von PSM im Wald und Einrichten von Lagerflächen ausserhalb des Waldes

Das Szenario für die Berechnung stützt sich auf die durchschnittliche jährliche Menge von 300'000 m³ Holz, die laut Waldschutzbeauftragte mit PSM behandelt wurde (siehe Kapitel 4.4.1.3, Tabelle 2). Diese Holzmenge lagert man kleinregional (ohne grössere Zwischenlager mit Infrastruktur und Logistik, keine Nasslager) ausserhalb des Waldes (z.B. auf Landwirtschaftsflächen). Von dort werden die Stämme an die Holzverarbeiter abgeführt. Eine solche kürzere Zwischenlagerung ausserhalb des Waldes (ca. 1 Monat) ist ohne PSM (und ohne Nasslagerung) ohne grössere Qualitätseinbussen möglich.

Bei einer Annahme von Transportkosten von 10 bis 16 CHF/fm würde dies für den zusätzlichen Transport zum Lagerplatz Mehrkosten von CHF 3.0 bis 4.9 Mio. verursachen (siehe [Anhang 5](#)). Dazu kommen noch die Kosten für die Landmiete, Entschädigungen und Wiederherstellungskosten, bei Nasslagern die Einrichtungskosten und die Kosten für das Betreiben hinzu, die in der Berechnung ausgenommen sind wegen fehlendem Zahlenmaterial.

Dies Kosten in Millionenhöhe stellen den volkswirtschaftlichen Kosten bei einem Verzicht auf PSM im Wald dar. Mit den heutigen Rundholzpreisen bzw. den Preisen für Holzprodukte und den damit zu erzielenden Margen lassen sich diese Kosten kaum finanzieren. Hier wäre eine Möglichkeit, dass die öffentliche Hand starke Anreize setzt. Getreu nach dem bisherigen Finanzierungsschlüssel bei den Beiträgen im Waldbereich (NFA-Programmvereinbarungen Bund-Kantone) könnte der Bund 40% und die Kantone 40% der Kosten abdecken. Wer die 20% Restkosten trüge, wäre evtl. zwischen den Akteuren der Wald- und Holzbranche auszuhandeln.

Mit zu bedenken sind ausserdem die zusätzlichen 219 – 1003 t CO₂, die durch die Mehrkilometer entstehen würden.

Beispielrechnung bei Verzicht von PSM im Wald ohne das Ergreifen alternativer Massnahmen

Dieser Rechnung kann man nun die Variante mit einem PSM-Verzicht als Nullrechnung gegenüberstellen. D.h. hier würden keine weiteren Massnahmen zur Werterhaltung oder aus Waldschutzgründen durchgeführt werden. Unter der Annahme, dass die 300'000 m³ Holz nicht direkt zur Weiterverarbeitung ins Werk abgeführt werden, muss man mit einem Wertverlust durch Käferbefall und Verblauung kalkulieren. Dieser liegt bei ca. 30 % bis zu 50 % des Preises von weissem Holz. Bei einem angenommenen Durchschnittspreis von 72 CHF / fm gesundem Nadelstammholz (BC Mischsortimentslos) und 300'000 fm Holz ergibt dies einen Mindererlös von 6.48 Mio. CHF (bei 30 % Preisabschlag) bis 10.8 Mio CHF (bei 50 % Preisabschlag). Die eingesparten Kosten für eine PSM Anwendung von ca. 750'000 CHF (bei 2.5 CHF/fm) wären hier vom Mindererlös abzuziehen.

Möchte man die volkswirtschaftlichen Kosten für den Fall eines PSM-Verzichtet denen der bisherigen Praxis des PSM Einsatzes (Umweltkosten etc.) gegenüberstellen, müssten diese groben Rechnungen verfeinert sowie mit den notwendigen Rahmenbedingungen ergänzt werden (z.B. Holzversorgung bis Ende März sowie ab August sichergestellt, Holzversorgung aus dem Privatwald, Wertverlust-Grössenordnung je nach Lagerdauer etc.).

Welche Aspekte ausschlaggebend sind, ist schlussendlich eine gesellschaftspolitische Fragestellung.

6 Empfehlungen der Begleitgruppe

Die Begleitgruppe diskutierte die Möglichkeiten und Grenzen der Alternativen zu PSM im Wald. Es wurde angemerkt, dass die im Wald eingesetzten Mengen mit ca. 0,02 % des Gesamtverbrauchs an PSM in der Schweiz sehr gering sind.

Der Wald ist neben der Bedeutung als Naturraum auch Wirtschaftsraum. PSM ist aktuell die ökonomischste Lösung, während alle PSM-Alternativen mit einem höheren organisatorischen, technischen und finanziellen Aufwand verbunden sind. Gewisse Forstbetriebe verzichten bereits freiwillig auf den Einsatz von PSM im Wald. Nicht jeder Betrieb kann sich die Mehrkosten der alternativen Lösungen leisten. Nicht ausser Acht lassen darf man bei der Diskussion um PSM, dass PSM sich nicht nur auf die Behandlung von Rundholz beschränkt. Auch Wildschutzmittel und bspw. Mittel gegen den Prozessionsspinner sind PSM. Bei einem ausnahmslosen Verbot von PSM im Wald dürften auch diese Mittel nicht mehr verwendet werden.

Es wurden alle im Bericht vorgestellten Alternativen diskutiert und zum Teil verworfen, weil sie als nicht praktikabel oder nicht zielführend erachtet wurden (siehe Tabelle 5).

Dabei ist wichtig anzumerken, dass durch das vorgegebene Ziel, schliesslich zwei bis drei Alternativen zu benennen, die am vielversprechendsten Methoden ausgewählt wurden, Dies bedeutet aber nicht, dass alle anderen, verworfenen Alternativen untauglich sind. Denn je nach Rahmenbedingungen und Zielsetzung bleiben sie sinnvolle Massnahmen.

Alternative	Diskussion	Ergebnis
Entrindung	Aus Waldschutzgründen ja, aber dient nicht der Werterhaltung, was der hauptsächliche Anwendungszweck ist. Somit nicht zielführend für eine PSM-Reduktion.	Nicht weiterverfolgen
Lagermöglichkeiten ausserhalb des Waldes	Wichtige Alternative, die anzustreben ist. Gut geeignet für kontinuierliche Verfügbarkeit von Holz, für kurzfristige (Lager ohne Beregnung, für wenige Wochen) oder langfristige Werterhaltung (Nasslager, für max. 2-3 Jahre). Positiv ist zudem Entlastung des Holzmarktes.	Weiterverfolgen
Logistik	Hier sind generell Verbesserungen anzustreben, und dies dient auch der Reduktion von PSM. Erfolgsversprechend und förderlich für gesamte Wertschöpfungskette Holz. Allerdings hier etablierte Traditionen und Strukturen, die evtl. Hürde darstellen könnten.	Weiterverfolgen
Marketing von verblautem Holz	In der Diskussion in der Gruppe umstritten. Angesichts des grossen bisherigen Invests in Holzmarketing mit durchzogenem Erfolg, verspricht sich Gruppe bzgl. fehlerhaftem Holz nur geringe Erfolgchancen, die nicht im Verhältnis zum Aufwand stehen.	Nicht weiterverfolgen
Sensibilisierungsmassnahmen (v.a. bei AnwenderInnen)	Wichtige und erfolgsversprechende Massnahme unabhängig von Reduktionsziel oder Verzicht	Weiterverfolgen als flankierende Massnahme

Alternative	Diskussion	Ergebnis
Forschung zu alternativen PSM-Mitteln	Zu langfristig und ohne Sicherheit, geeignete natur-verträgliche Mittel zu finden	Nicht weiterverfolgen
Weiterhin Anwendung von PSM	Sollte in jedem Fall möglich bleiben in Notsituationen, auch aus Waldschutzgründen.	Weiterverfolgen

Tabelle 5: Bewertung der verschiedenen Alternativen durch die Begleitgruppe als Grundlage zur Auswahl der priorisierten Massnahmen

Priorisierung zweier Alternativen bei einem PSM-Reduktionsziel oder bei Verzicht auf PSM

Nach der Diskussion der verschiedenen Alternativen sprach die Begleitgruppe zwei Empfehlungen aus, die dem Ziel einer PSM-Reduktion bei gleichzeitiger Werterhaltung des Holzes und der Einhaltung der Waldschutzziele entsprechen.

Dabei sieht die Gruppe einen kompletten Verzicht auf PSM als sehr problematisch an und favorisiert eine PSM-Reduktion vor einem kompletten Verzicht. Denn gerade bei unvorhergesehenem Anfall grosser Holz mengen durch Katastrophen sei der Einsatz von PSM unvermeidbar und ein wichtiges Mittel in solchen Notlagen.

Die Begleitgruppe priorisiert und empfiehlt folgende Massnahmen, die auch für den Fall eines kompletten Verzichtes wirksam wären: die Logistikoptimierung und das Schaffen von Puffern in Form von Lagern ausserhalb des Waldes.

1. Optimierung der Wertschöpfungskette Holz

Angestrebt werden sollte eine Just-in-time-Lieferung mit dem Effekt, benötigte Lager durch die stetige Versorgung mit Frischholz zu minimieren. Hier sollten die Waldwirtschaft und Holzindustrie ihre Zusammenarbeit optimieren. Denkbar sind über das gesamte Jahr verteilte Holzschläge. Bei ökologisch begründete Holzschlagssperren kommt dieses Vorgehen nicht in Frage, und auch der Bedarf an wintergeschlagenem Holz muss weiterhin gedeckt werden.

2. Puffer (Lager & Nasslager)

Aktuell sind Holzlager als Puffer oftmals im Wald gelagert und werden mit PSM behandelt. Alternative dazu sind die Lagerung ausserhalb des Waldes, ein Lager im Wald als stehender Bestand und Nasslager. Das Einrichten von Lagern ist am sinnvollsten bei den Sägereien selbst, um den gebrochenen Transport zu vermeiden. Allerdings sind oft die Lagerkapazitäten beschränkt.

Kantonale Lagerplätze bieten sich für aussergewöhnliche Ereignisse an, wobei die Frage nach der Finanzierung zu klären ist.

Als beste Alternative werden (werksnahe) Nasslager angesehen. Hier sollten bereits vorab Übernahmeverträge vorhanden sein, um das sonst grosse finanzielle Risiko zu vermeiden. Die Frage nach der Finanzierung der Nasslager bleibt offen: zahlen die Sägereien, sollen Nasslager subventioniert werden oder sollten die Waldbesitzer ihr Holz günstiger verkaufen, damit die Sägereien den verminderten Betrag in das Betreiben von Nasslagern investieren können oder sollte es eine Kombination daraus sein?

PSM bei ausserordentlichen Schadereignissen

Die Begleitgruppe empfiehlt weiter, dass im Fall eines kompletten Verzichts auf PSM die Möglichkeit bestehen bleiben muss, in Notlagen (aussergewöhnliche Zwangslagen z.B. nach Stürmen) PSM ausnahmsweise verwenden zu können. Gerade bei grossen Schadereignissen ist dies unbedingt notwendig. Wichtig ist hier die klare Definition, wann eine solche Notlage eintreten und wie die Schwellenwerte hierfür definiert würden. Die ChemRRV müsste entsprechend angepasst werden.

Reduktion von PSM mit flankierenden Sensibilisierungsmassnahmen

Ausserdem spricht sich die Expertenrunde dafür aus, dass bei allen Massnahmen zur Reduktion von PSM alle Akteure der Wertschöpfungskette Holz zur PSM-Thematik informiert und sensibilisiert werden. Für die Anwender von PSM sieht der Aktionsplan PSM die Einführung einer Weiterbildungspflicht vor (siehe Kapitel 4.3.6).

7 Synthese

Nach Prüfung und Bewertung der verschiedenen Alternativen sowie deren Diskussion durch die Begleitgruppe wird dem BAFU ein Vorschlag empfohlen, der Beurteilung der Expertenrunde zu folgen. So sollten die zwei durch die ExpertInnen favorisierten Massnahmen «Logistiko-optimierung» und «Schaffen von Lagerplätzen ausserhalb des Waldes» näher geprüft werden, um PSM zu reduzieren.

Eine Optimierung der Prozesse entlang der Wertschöpfungskette Holz wäre in der Forst- und Holzbranche grundsätzlich anzustreben, unabhängig vom Einsatz von PSM im Wald. Die Reduktion von PSM durch bessere Logistika-bläufe ist hier ein weiteres Plus.

Das Schaffen von Lagerplätzen ausserhalb des Waldes wäre eine gute Möglichkeit zur kurzfristigen (bei Trockenlagern) oder längerfristigen (bei Nasslagern) Lagerung von Holz bei gleichzeitiger Erhaltung der Holzqualität.

Allerdings wäre es notwendig, die volkswirtschaftlichen Auswirkungen ggf. mittels einer volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) zu ermitteln und zu bewerten. Die im Kapitel 5 aufgeführten Beispiele mit den errechneten Mehrkosten für die Schaffung von Lagern und die Rechnung über die Mindererlöse (Nullrechnung, d.h. keinerlei Massnahmen werden ergriffen) sind grob gerechnet und müssten in einem weiteren Schritt verfeinert werden. Denn letztlich werden diese Mehrkosten oder Mindererträge wichtige Entscheidungskriterien sein, wenn es um die Realisierung der Massnahmen geht. Hier müssen Bund und Kantone prüfen, welche Beiträge sie bereitstellen wollen und können, um die Massnahmen für eine Reduktion von PSM finanziell zu unterstützen. Dies gilt nicht nur für die Logistiko-optimierung und Einrichten von Lagerplätzen, sondern für alle Massnahmen, die diskutiert werden sollten.

Dazu gehört auch die Sensibilisierungsarbeit, die in Bezug auf PSM geleistet werden sollte. Es wird übereinstimmend mit dem Wunsch der Begleitgruppe empfohlen, dass flankierend zu den anderen Massnahmen Weiterbildungen angeboten werden mit dem Ziel, die Risiken und Konsequenzen einer Pestizidanwendung im Bewusstsein zu halten und immer wieder über mögliche Alternativen zu PSM auf dem Laufenden gehalten zu werden.

Hier sollte insbesondere mit den Waldschutzbeauftragten der Kantone, aber auch mit den weiteren Akteuren der Forst- sowie der Holzbranche über ein Konzept zur Umsetzung solcher Sensibilisierungsmassnahmen diskutiert werden und welche Zielgruppen (nicht nur Anwender/-innen von PSM, sondern evtl. auch Holzkäufer, Architekten, Endverbraucher) hierbei angesprochen werden sollen. Für die Gruppe der Fachbewilligungsinhaber/-innen ist voraussichtlich durch die Verordnungsanpassung Fachbewilligung für die Verwendung von PSM in der Waldwirtschaft (VFB-W) ab 2026 eine gesetzlich vorgeschriebene Weiterbildungspflicht ohnehin vorgesehen. Neben Veranstaltungen zur Weiterbildung kommen zur Sensibilisierung zum Thema PSM im Wald beispielsweise auch Merkblätter oder andere Formen der Informationsvermittlung in Frage. Diese können breit gestreut werden und erreichen auf einfachem Weg und über die jeweiligen Kanäle die entsprechenden Adressaten.

Auch die Optimierung der Bewilligungspraxis auf kantonaler Ebene ist eine vielversprechende und relativ zeitnah umzusetzende Massnahme. Viele Kantone haben bereits Schritte in diese Richtung vollzogen. Denkbar wären hier aber weitere Prozesse, die eine genauere Prüfung der Anträge in Bezug auf mögliche Alternativen im Fokus hätten. Diese Umsetzung hin zu einer Optimierung des Vollzugs wäre in Zusammenarbeit mit den Kantonen resp. den kantonalen Waldschutzbeauftragten zu entwickeln und umzusetzen.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen, eine jährliche Umfrage durch das BAFU an die Kantone als Standard zu etablieren mit dem Ziel, insbesondere die eingesetzten PSM-Mengen zu erheben. Dies würde aufzeigen, ob eine Optimierung des Vollzugs in Bezug auf die Anwendungsbewilligungen zu einer Reduktion von PSM im Wald beiträgt.

Die Forderung der Begleitgruppe, auch zukünftig in besonderen Situationen PSM mit Ausnahmeregelung anzuwenden, wird insbesondere mit Blick auf den Waldschutz und bisher unbekannt Schadorganismen unterstützt.

Dabei sollte zusätzlich die Forschung von alternativen Pflanzenschutzmitteln gefördert werden. Derzeit gibt es kaum Forschungsvorhaben, national wie international, welche Methoden und naturverträgliche

Mittel zu einem integrierten Pflanzenschutz im Wald beitragen können. Hier sollten die Entwicklungen auch im benachbarten Ausland beobachtet werden, da z.B. in Deutschland die Zulassungssituation für Pflanzenschutzmittel schwierig ist. Es ist zu erwarten, dass der Druck, alternative Mittel zu finden, grösser wird. Interessant wird es zudem sein, die Entwicklung in Frankreich zu beobachten, welche Konsequenzen sich aus dem Verbot von PSM in öffentlichen Wäldern ergeben.

Viele Stimmen aus der Praxis befürworten generell eine Reduktion von PSM im Wald und wünschen sich eine Alternative, die praktikabel und finanzierbar ist. So könnte ein nächster Schritt sein, dass der Bund mit den Kantonen über die Umsetzbarkeit der hier empfohlenen Massnahmen als Alternativen zu PSM diskutiert. Dabei sind sicherlich die Rahmenbedingungen je nach Kanton unterschiedlich und evtl. wird es kantonale Lösungen geben, die zu einer weiteren Reduktion der heute schon in recht geringem Masse eingesetzten PSM im Wald führen würden. Als wichtig wird dabei erachtet, dass die Lösungen gemeinsam mit der Forst- und Holzbranche gefunden werden, da einerseits das Ineinandergreifen von Prozessschritten vom stehenden Baum bis zum Weiterverarbeiten im Werk gut funktionieren muss. Bezüglich der anfallenden Kosten, die u.U. durch die Umsetzung von Alternativen zu PSM im Wald entstehen werden, ist bei einem schwachen Holzpreis eine Diskussion zwischen den Akteuren entlang der Wertschöpfungskette Holz zu erwarten und ist ein Punkt, der sicherlich auch auf politischer Ebene zu klären wäre.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ursache-Wirkungs-Diagramm mit Faktoren, die zu längeren Lagerzeiten im Wald führen und deren Einfluss auf den Einsatz von PSM im Wald.	19
Abbildung 2: Gründe für PSM (nur 2018)	26
Abbildung 3: PSM Einsatz im Auftrag vom Käufer oder präventiv	28
Abbildung 4: Trade-Off zwischen dem Einsatz von PSM im Wald, einer optimalen Logistik, Mehrkosten und die Akzeptanz von Schäden (Wertminderung Holz, erhöhte Schäden am Bestand, Störungen in der Brutzeit...)	33
Abbildung 5: Buchdrucker (<i>Ips typographus</i>) (Wermelinger 2018)	46
Abbildung 6: Brutbild des Buchdruckers (Wermelinger 2018)	46
Abbildung 7: Kupferstecher (<i>Pityogenes chalcographus</i>) (Wermelinger 2018)	46
Abbildung 8: Brutbild des Kupferstechers (Wermelinger 2018)	46
Abbildung 9: Gestreifter Nutzholzborkenkäfer und Brutbild (Wermelinger 2009)	47
Abbildung 10: Sägehörniger Werftkäfer und Schlupflöcher (Wermelinger 2009)	47
Abbildung 11: Phasen 1 und 2 der Prozesslandschaft (Analysetool). (Quelle: Hartebrodt und Hengst-Ehrhart, ohne Jahr; persönliche Mitteilung).	50
Abbildung 12 : Phasen 3 und 4 der Prozesslandschaft (Analysetool). (Quelle: Hartebrodt und Hengst-Ehrhart, ohne Jahr; persönliche Mitteilung).	51

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Insekten- und Bläuebefall an frisch eingesägten Schnitthölzern (berindet / entrindet gelagert) [in %]. (Graf und Manser 1996, verändert)	13
Tabelle 2: Zusammenstellung der wichtigsten Daten aus der Umfrage-Auswertung	26
Tabelle 3: Übersicht über a) die verkauften PSM (BLW-Verkaufsstatistik), b) der eingesetzten Menge von PSM im Wald auf Grundlage der Umfrageergebnisse und c) daraus abgeleitete Anteile von PSM im Wald im Verhältnis zu den BLW-Daten.	26
Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der beschriebenen Massnahmen zu PSM und Alternativen	32
Tabelle 5: Bewertung der verschiedenen Alternativen durch die Begleitgruppe als Grundlage zur Auswahl der priorisierten Massnahmen	36

10 Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2020. Bewilligungsverfahren, 21.01.2020. Abgerufen am 26.01.2020, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/bewilligungsverfahren.html>
- Bundesrat, 2017. Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bericht des Bundesrates, 06.09.2017. Abgerufen am 18.02.2020, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>
- Bütikofer J, 2020. Absatz von verblautem Holz. Sensibilisierungsmassnahmen entlang der Wertschöpfungskette Holz, WaldSchweiz, Solothurn. Interview vom 23.01.2020.
- ChemRRV, 2020. Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen. Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV. Abgerufen am 26.01.2020, <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html>
- Coleman Brantschen EC, 2020. Stand FSC und Pflanzenschutzmittel in CH. Email vom 20.01.2020.
- Covi S, Elmiger A, Manser P, Schär P, Städler E, Steiner P, Urech H, Winkler M, 2000a. Merkblätter Rundholzlagerung - Behandlung von Rundholz mit chemischen Schutzmitteln. Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Forstschutz. Abgerufen am 12.02.2020, <https://www.wsl.ch/forest/wus/pbmd/agfsrhl6.html>
- Covi S, Elmiger A, Manser P, Schär P, Städler E, Steiner P, Urech H, Winkler M, 2000b. Merkblätter Rundholzlagerung - ohne Behandlung (Lagerung ohne Rinde). Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Forstschutz. Abgerufen am 12.02.2020, <https://www.wsl.ch/forest/wus/pbmd/agfsrhl2.html>
- Ernst E, Kehr R, Müller J, Wulf A, 2004. Möglichkeiten zum biologischen Schutz von Nadelholz vor Stamm- und Schnittholzbläue. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd, 56, 169–179.
- Fasel E, 2019a. Erfahrungswert: Kosten PSM Einsatz. mündlich vom 18.10.2019.
- Fasel E, 2019b. Holzvorrat im Wald. mündlich vom 18.10.2019.
- Fasel E, 2020. Verblautes Holz und Einsatz von PSM bei Despond. Telefonat vom 27.01.2020.
- Forster B, 2017. Kupferstecher und Furchenflügeliger Fichtenborkenkäfer. Eidg. Forschungsanstalt WSL. Abgerufen am 17.02.2020, <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A12970/datastream/PDF/view>
- Forster B, 2018. Wirksamkeit PSM bei gestochenen Fichten. E-Mail vom 22.08.2018.
- Forster B, Meier F, 2010. Sturm, Witterung und Borkenkäfer. Risikomanagement im Forstschutz. Eidg. Forschungsanstalt WSL. Abgerufen am 08.02.2020, <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A9138/datastream/PDF/view>
- Friedl K, 2004. Bläue an Fichtenrundholz – Schadensquantifizierung und Auswirkung auf die Lagerungsdauer. Universität für Bodenkultur Wien, 2004. Abgerufen am 16.02.2020, https://www.formec.org/images/proceedings/2004/PA_Friedl.pdf
- FVA, 2003. Waldschutz-Info. Sägehörniger Werftkäfer (Hylecoetus dermestoides L.).
- Gautschi M, Hagenbuch M, Taverna R, 2017. Transporte in der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft: Situationsanalyse und Optimierungsmöglichkeiten. Suchergebnisse Weberggebnisse Bericht über Transportkosten in der Schweizer Wald. BAFU (Bundesamt für Umwelt), 12.12.2017. Abgerufen am 16.02.2020, <https://www.geopartner.ch/wp-content/uploads/2018/01/Transportkosten-der-Schweizer-Wald-und-Holzwirtschaft.pdf>
- Graf E, Manser P, 1994. Einfluss einer fehlenden Behandlung des berindeten Rundholzes mit chemischen Pflanzenbehandlungsmitteln im Wald auf den Befall durch den Linierten Nutzholzborkenkäfer (Trypodendron lineatum Oliv.) und den Sägehörnigen Werftkäfer (Hylecoetus dermestoides L.) sowie auf die damit verbundene Qualitätsminderung des Holzes., unveröffentlicht. Walderhebungsprogramm – Flankierende Massnahmen. EMPA SG, 52 S.
- Graf E, Manser P, 1996. Maschinelle Entrindung des Rundholzes im Wald. Ein Beitrag zur Sicherung der Holzqualität im Wald. Schweizer Holz-Börse, 1996, 4–5.
- Griesser Kym T, 2019. Borkenkäfer macht der Ostschweizer Holzbranche das Leben schwer: In unseren Wäldern fällt Käferholz in Hülle und Fülle an, 10.07.2019. Abgerufen am 25.01.2020, <https://www.tagblatt.ch/wirtschaft/borkenkaefer-macht-der-ostschweizer-holzbranche-das-leben-schwer-in-unseren-waeldern-faellt-kaeferholz-in-huelle-und-fuelle-an-Id.1134308>

- Habermann M, ohne Jahr. Situation des Pflanzenschutzes im Wald. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt. Abgerufen am 18.02.2020, https://www.agrarforschung.de/fileadmin/download/2017/2_Habermann.pdf
- Hartebrodt C, Hengst-Ehrhart Y, 2017. Sendai Framework und 4-3-2 Krisenmanagement. AFZ-DerWald, 2017 (23/2017), 14–17.
- Hebenstreit H, 2017. Verblautes Holz: Ursache und Auswirkung. Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 31.10.2017, <https://noe.lko.at/verblautes-holz-ursache-und-auswirkung+2500+2624155>
- Hengst-Ehrhart Y, 2020. Forstliches Krisenmanagement. E-Mail vom 22.01.2020.
- Hurling R, 2018. Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) zur Bekämpfung rinden- und holzbrütender Insekten in Wasserschutzgebieten (WSG). Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, 03.05.2018. Abgerufen am 07.02.2020, https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Waldschutz-Infos_2018/Waldschutzinfo_05-2018_Wasserschutzgebiete_und_Pyrethroide.pdf
- Jacobs A, 2018. Ideale Wetterbedingungen für den Borkenkäfer, 29.08.2018. Abgerufen am 16.02.2020, <https://www.nzz.ch/wissenschaft/borkenkaefer-haelt-sich-wetterbedingt-dieses-jahr-besonders-gut-ld.1415610>
- LWF, 2014. Verfahren der Rundholzlagerung. Merkblatt 7 der bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Abgerufen am 11.11.2019, <http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb-7-rundholz-bf.pdf>
- Mohni C, Kamm U, 1995. Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln im Wald. Grundlagen zum Erwerb der Fachbewilligung (2. Aufl.), Bern, 133 S.
- Nierhaus-Wunderwald D, Forster B, 2004. Zur Biologie der Buchdruckerarten. Eidg. Forschungsanstalt WSL. Abgerufen am 16.02.2020, https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A9126/datastream/PDF/Nierhaus-Wunderwald-2004-Zur_Biologie_der_Buchdruckerarten-%28published_version%29.pdf
- ONF, 2019. L'ONF annonce l'abandon des pesticides en forêt publique.
- Pöyry J, 2002. Logistikstudie Schweizer Wald- und Holzindustrie Analyse zur Identifikation von Rationalisierungspotenzialen entlang der Wertschöpfungskette Wald - Werk. Abschlussbericht im Auftrag von Holz21.
- Schmidt R, Egger M, 2009. Planen und Steuern im Forstbetrieb – ein Praxisbericht. Bündner Wald, 5/2009 (5/2009), 28–36. Abgerufen am 20.02.2020, https://www.vol.be.ch/vol/de/index/wald/wald/staatsforstbetrieb.assetref/content/dam/documents/VOL/KAWA/de/Staatsforstbetrieb/wald_staatsforstbetrieb_produktionsplanung_steuerung_artikel_de.pdf
- Schröder WO (Hrsg.), 1998. Insekten und Pilze im Wald.
- Schröter H, 2015. Vorbeugung und Bekämpfung von Holzbrütern, https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/fva_holzbrueiter/index_DE
- Schröter H, Weigerstorfer D, 2006. Informationen zur Ökotoxikologie der Insektizide, die bei der Borkenkäferbekämpfung eingesetzt werden. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Abgerufen am 05.02.2020, https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/wsinfo/wsinfo2007_01.pdf
- Seitz G, Delb H, 2018. Praxisinformation zur Vorausflug-Polterspritzung gegen rindenbrütende Borkenkäfer als *ultima ratio*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Abgerufen am 07.02.2020, https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/wsinfo/wsinfo2018_02.pdf
- Teichtmeister F, Matt L, 2018. Untersuchung der Sekundärpflanzenstoffe des Neembaums als biologisches Insektizid gegen Fichtenborkenkäfer. Grüner Spiegel - Magazin des steiermärkischen Forstvereins, Heft 1, 6–7.
- Umfrage Waldschutzbeauftragte, 2019. Umfrage an die Waldschutzbeauftragten. PSM Einsatz 2016–2018 und Weiterbildungspflicht Fachbewilligungen.
- Umfrage Waldschutzbeauftragte, 2020. Umfrage an die Waldschutzbeauftragten 2020. PSM-Anwendung in 2019.
- UVEK (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation), 2020. Strenge Grenzwerte stärken den Gewässerschutz, 18.02.2020. Abgerufen am 18.02.2020, <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-78122.html>

- VFB-W, 2005. Verordnung des UVEK über die Fachbewilligung für die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Waldwirtschaft. VFB-W. Abgerufen am 09.02.2020, <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20041561/index.html>
- Volkmer T, 2020. Einsatzmöglichkeiten von verblautem Holz. Email vom 23.01.2020.
- WaG, 2010. Bundesgesetz über den Wald. Waldgesetz, WaG. Abgerufen am 26.01.2020, <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100203/index.html>
- Waldmann R, 2020. Zulassungssituation PSM im Wald in Deutschland, Information durch Zulassungsstelle BVL (Verantwortlicher Wald). Telefonat vom 18.02.2020.
- Wermelinger B, 2003-2007a. Buchdrucker. *Ips typographus*. Diagnose Online. Eidg. Forschungsanstalt WSL, 22.03.2018. Abgerufen am 17.02.2020, <https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/diagnose-online.html>
- Wermelinger B, 2003-2007b. Gestreifter Nutzholzborkenkäfer. *Trypodendron lineatum* (=Xyloterus lineatus). Diagnose Online. Eidg. Forschungsanstalt WSL, 04.02.2009. Abgerufen am 17.02.2020, <https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/diagnose-online.html>
- Wermelinger B, 2003-2007c. Kupferstecher. *Pityogenes chalcographus*. Diagnose Online. Eidg. Forschungsanstalt WSL, 07.12.2018. Abgerufen am 17.02.2020, <https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/diagnose-online.html>
- Wermelinger B, 2003-2007d. Sägehörniger Werftkäfer. *Hylecoetus dermestoides*. Diagnose Online. Eidg. Forschungsanstalt WSL, 05.02.2009. Abgerufen am 17.02.2020, <https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/diagnose-online.html>
- Winkler M, 2020a. Sturmvorsorge Kanton Zürich. Interview vom 29.01.2020.
- Winkler M, 2020b. Nasslager bereit für Käferholz. E-Mail vom 17.02.2020.
- Wyssbrod M, 2020. Praxiserfahrungen der Burgergemeinde Bern mit Storanet. Telefonat vom 13.03.2020.

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Sägereiprodukte und Qualitäten mit zulässiger / unzulässiger Verfärbung und Insektenbefall	45
Anhang 2: Biologie und Schadbilder der in der Studie erwähnten Käfer	46
Anhang 3: Fragebogen Pflanzenschutzmittel im Wald	48
Anhang 4: Prozesslandschaft zum Krisenmanagement von C. Hartebrodt und Y. Hengst-Ehrhart (FVA)	50
Anhang 5: Beispiel Berechnung bei Lagerung ausserhalb des Waldes	52

Anhang 1

Sägereiprodukte und Qualitäten mit zulässiger / unzulässiger Verfärbung und Insektenbefall (Quelle: Nach Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffstoffe im Bau und Ausbau 2010)

Produkt	Qualität	Verfärbung	Insektenbefall ¹⁾
Klotzbretter & sortierte Bretter	1	nicht zulässig	nicht zulässig
	2	nicht zulässig	nicht zulässig
	3	bis 10% der Brettfläche	nicht zulässig
Parallelbretter	1	nicht zulässig	nicht zulässig
	2	nicht zulässig	nicht zulässig
	3	bis 10% der Brettfläche	nicht zulässig
	4	bis 20% der Brettfläche	nicht zulässig
	5	bis 30% der Brettfläche	nicht zulässig
	6	zulässig	bis 2mm
Hobelwaren	A	nicht zulässig	nicht zulässig
	N1	leichte Verfärbung vereinzelt zul.	nicht zulässig
	N2	zulässig	nicht zulässig
	I	zulässig	bis 2mm
Bauholz (Vollholz)	A	nicht zulässig	nicht zulässig
	N	Bläue, braune & rote Streifen bis 1/5 Querschnittumfang zul.	bis 2mm
	I	Bläue, braune & rote Streifen bis 2/5 Querschnittumfang zul.	bis 2mm
Bauholz (schichtverleimtes Vollholz)	N	nicht zulässig	nicht zulässig
	I	Bläue zulässig, braune & rote Streifen bis 2/5 Querschnittumfang	bis 2mm
Brettschichtholz	A	nicht zulässig	nicht zulässig
	N	Bläue, braune & rote Streifen bis 10% sichtbarer Oberfläche	bis 2mm
	I	zulässig	bis 2mm
Brettschichtholz (Lamellen)	N	Bläue, braune & rote Streifen vereinzelt, bis 2/5 Querschnittumfang	bis 2mm
	I	Bläue zulässig, braune & rote Streifen bis 2/5 Querschnittumfang	bis 2mm
Massivholzplatten	O	nicht zulässig	nicht zulässig
	A	nicht zulässig	nicht zulässig
	B	leichte Verfärbung zulässig	nicht zulässig
	C	zulässig	bis 2mm
Brettsperrholzplatten	A	nicht zulässig	nicht zulässig
	B	bis 20% der sichtbaren Oberfläche pro Seite	nicht zulässig
	C	zulässig	bis 2mm

¹⁾ Angabe der tolerierten Durchmesser für Frassgänge bei inaktivem Insektenbefall

1 = Auslese

2 = Schreinerware

3 = Zimmermannsware

4 = zwecksorientierte Holzverpackungs- und Palettenware

5 = Holzverpackungs- und Palettenware

6 = Nagelfeste Ware

A = Auslese-Qualität, feinastig, sichtbarer Bereich, erhöhte Anforderungen ans Aussehen

N1 = Normalqualität, astig, sichtbarer Bereich, normale Anforderungen ans Aussehen

N2 = Rustikale Normal-Qualität, astig, sichtbarer Bereich, verminderte Anforderungen ans Aussehen

I = Industrie-Qualität, Ware für Bereiche ohne Anforderungen ans Aussehen

Massivholzplatten / Brettsperrholz:

O = Qualität für sichtbaren Bereich, höchste Anforderungen ans Aussehen (z.B. Möbel)

A = sichtbarer Bereich, erhöhte Anforderungen ans Aussehen

B = sichtbarer Bereich, normale Anforderungen ans Aussehen

C = ohne Anforderungen ans Aussehen

Exkurs Holzverfärbungen

Verfärbung: Jede Änderung der natürlichen Holzfarbe, die keine Verminderung der Festigkeit bewirkt. Sie wird durch Pilzbefall, Bewitterung, Metallkontakt usw. verursacht. Verfärbungen (inkl. Bläue, braune und rote Streifen) können in Längsrichtung unterschiedliche Ausdehnungen haben.

Bläue ist eine von holzerstörenden Pilzen verursachte hellblaue bis schwarze Verfärbung, die gewöhnlich im Splintholz auftritt.

Von einer **Verbläuerung** wird gesprochen, wenn es sich um eine tiefreichende Bläue handelt, die über 2mm tief ist und die durch normales Hobeln nicht entfernt werden kann.

Eine **Oberflächenbläue** ist eine Bläue bis 2mm Tiefe, die durch Hobeln entfernt werden kann.

Anhang 2

Biologie und Schadbilder der in der Studie erwähnten Käfer

Grosser Buchdrucker (*Ips typographus*):

- Vorkommen: in der Schweiz bis auf 2000 m.ü.M.
- Befällt vor allem Fichten ab 30 cm BHD
- Je nach Witterung 2 Generationen mit Geschwisterbruten und sogar bis zu 3 Generationen, wie dies in 2018 der Fall war (Jacobs 2018)
- Schwärmbeginn ab ca. 16 °C
- Überwinterung unter der Rinde oder im Boden
- Muttergänge sind maximal 3 und bis 15 cm lang, in Längsrichtung verlaufend; Larvengänge in der Rinde sind parallel, zweigen rechtwinklig vom Muttergang ab und leiterförmig angeordnet (-> Name Buchdrucker)
- Befallsmerkmal ist braunes, ausgeworfenes Bohrmehl (bei Eiablage und bei Ausflug), Spechtabschläge, Abfallen der Rinde, eine Kronenverfärbung von unten nach oben (Wermelinger 2003-2007a).
- Natürliche Antagonisten: Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus formicarius*), Schlupfwespe (*Tomicobia seitneri*) sowie Vögel (Spechte) und Pilzkrankheiten.

Weitere Informationen unter www.borkenkäfer.ch, einem Diagnosetool der WSL.



Abbildung 5: Buchdrucker (*Ips typographus*) (Wermelinger 2018)



Abbildung 6: Brutbild des Buchdruckers (Wermelinger 2018)

Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*)

Der Kupferstecher wird hier der Vollständigkeit halber aufgeführt, obwohl in dem Bericht nicht auf ihn eingegangen wird. Dieser Borkenkäfer wird ebenfalls aus Waldschutzgründen bekämpft. Er befällt nur den minderwertigen, dünnen Kronenbereich oder den Jungwuchs. Dieses Holz wird aus dem Wald gebracht, vernichtet oder gehäckselt werden. Ein PSM-Einsatz gegen den Kupferstecher ist in der Schweiz nicht gestattet (Forster 2017).

- i.d.R. bis 1300 m.ü.M.
- Befällt normalerweise Fichten bis Stangenholz oder den Wipfelbereich (Wermelinger 2003-2007c)
- Hauptschwärmzeit April / Mai, weiterer Flug über ganze Vegetationsperiode
- 1-2 Generationen mit Geschwisterbruten, selten drei
- Überwinterung in der Rinde (verschiedene Stadien) oder im Boden (als Käfer)
- Sternenförmiges Brutbild mit vier bis sieben, 3 bis 6 cm langen Muttergängen; Larvengänge unregelmässig geschlängelt.
- Befallsmerkmal: in Altbeständen ist frühe Befallsdiagnose schwierig (weil Kronenraum). Meist dauert es mehrere Monate, bis Krone sich vom Gipfel abwärts braunrot verfärbt.
- Natürliche Antagonisten: Larven von parasitischen Wespen und räuberischen Fliegen, *Nemozoma elongatum* (eine Jagdkäferart), Pilze, Bakterien und Viren

(Forster 2017)



Abbildung 7: Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) (Wermelinger 2018)



Abbildung 8: Brutbild des Kupferstechers (Wermelinger 2018)

Gestreifter / liniertes Nutzholzborkenkäfer oder auch oft bezeichnet als Lineatus (*Trypodendron lineatum* / *Xyloterus lineatus*)

- Befällt: Nadelholz (auch entrindetes), besonders Fichte und Tanne
 - Schwärmzeit: März bis April, Geschwisterbruten bis in den Herbst möglich
 - Brutbild: 2 - 7 cm lange Eingangsröhre mit senkrecht dazu angelegten Gabelgängen
 - Verpuppt sich im Sommer, Käfer überwintern im Boden
- (Wermelinger 2003-2007b)

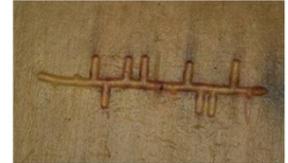


Abbildung 9: Gestreifter Nutzholzborkenkäfer und Brutbild (Wermelinger 2009)

Sägehörniger Werftkäfer / Bohrkäfer (*Hylecoetus dermestoides*):

- Befällt: beschädigte Stämme, frisch gefälltes Holz oder frische Stöcke aller einheimischen Laub- und Nadelholzarten (kein Primärschädling).
 - Schwärmzeit: März bis Juni
 - Brutbild: Bis 25 cm lange Gänge, Schädigung von Splint- und Kernholz
 - Die Eiablage erfolgt auf der Rinde geeigneter Stämme. Die pilzzüchtende Larve verursacht durch ihren Frass die Holzschädigung. Befallen wird Holz aus Winterstürmen / -einschlag, weswegen dieser Käfer vor allem bei Sturmereignissen von grosser Bedeutung ist (FVA 2003)
- (Wermelinger 2003-2007d)



Abbildung 10: Sägehörniger Werftkäfer und Schlupflöcher (Wermelinger 2009)

Anhang 3

Fragebogen Pflanzenschutzmittel im Wald

A Anwendungsbewilligungen

1. Das Gesetz sieht das Ausstellen von Anwendungsbewilligungen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Wald durch die kantonale Behörde vor (ChemRRV Art. 4 Buchstabe c).
 - a) Wer in Ihrem Kanton erteilt die Anwendungsbewilligungen?
 - b) In welcher Form wird die Bewilligung erteilt?
 Antwortmöglichkeiten:
 Schriftlich / schriftlich ohne zeitliche Begrenzung / schriftlich online – mit Workflow / mündlich / mündlich ohne zeitliche Begrenzung / sonstige

2. Eine Bewilligung kann erteilt werden, solange keine Umweltgefährdung vorliegt und sie an eine zeitliche und geographische Eingrenzung gebunden ist (ChemRRV Art. 5 Abs.1).
 - a) Für wie lange gilt die Anwendungsbewilligung in Ihrem Kanton?
 Antwortmöglichkeiten: für eine Spritzsaison / für 1 Jahr / unbefristet / sonstiges
 - b) Welche Informationen über die Anwendung werden mit der Bewilligung abgefragt?
 Antwortmöglichkeiten:
 Name des Bewilligungseinholers / Besitz einer Fachbewilligung / Zweck der Anwendung / behandelte Holzmenge (m³) / Spritzmittelname und Hersteller / Wirkstoff / Menge Konzentrat (l) / Menge Spritzbrühe (l) / Durchschnittliche Menge Spritzbrühe /l/m³) / Konzentration (%) / Andere Informationen zum Anwendungsort: Koordinaten / Revier / Parzelle / Waldbesitzer/ Polter-Los / Zertifizierung (PEFC, FSC) / Gewässerschutz-Zone / Andere

3.
 - a) Welche Fachstelle führt eine Dokumentation über die erteilten Bewilligungen?
 - b) Welche Fachstelle führt eine Dokumentation über die verwendeten PSM?
 - c) Werden noch weitere Informationen verwaltet? Wenn ja, welche Informationen und von welcher Fachstelle?

Verwendete Pflanzenschutzmittel 2016-2018

4. Wir möchten gerne einen Überblick über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zwischen 2016 und 2018 in Ihrem Kanton erhalten. Bitte füllen Sie die nachfolgende Tabelle möglichst vollständig aus. Geben Sie bitte auch die abgelaufenen Mittel an.

Verwendete Pflanzenschutzmittel						
Jahr	Name des Produkts	Wirkstoff	Holzmenge (m ³)	Menge Konzentrat (l)	Einsatzzweck	
					Werterhaltung	Waldschutz
<i>Beispiel</i>	<i>z.B Forester (Arysta)</i>	<i>Cypermethrin</i>	<i>340</i>	<i>1.5</i>	<i>x</i>	
2016						
2017						
2018						

5. Werden die mit PSM behandelten Polter in Ihrem Kanton mit Hinweisen gekennzeichnet?
 Wenn ja, wie?
 Antwortmöglichkeiten: Nein / ja, und zwar folgendermassen:

6. Wurden in Ihrem Kanton Massnahmen ergriffen, um den Einsatz von PSM im Wald zu reduzieren oder zu vermeiden?

Antwortmöglichkeiten: Nein / **ja, und zwar folgendermassen (Beschreibung der Massnahme):**⁷

7. Gibt es in Ihrem Kanton Forstbauschulen (forstliche Pflanzgärten), die innerhalb des Waldes liegen?

Antwortmöglichkeiten: Nein / ja, und zwar die folgenden:

B Einführung der Weiterbildungspflicht für die Fachbewilligungsinhaber/innen PSM im Wald

Im Rahmen der Umsetzung des Aktionsplan PSM wird eine Weiterbildungspflicht für die Fachbewilligungsinhaber/innen eingeführt. Diese ist für den Wald mit 4 Stunden alle fünf Jahre vorgesehen (Landwirtschaft und Gartenbau = 10 h / 5J, Sonstige Bereiche = 6 h / 5J). Es wird einen Pflichtteil mit festgelegten Themengebieten und einen freien gestaltbaren Teil geben. Die KOK hat sich dafür ausgesprochen, dass die Weiterbildungskurse für den Waldbereich durch die beiden Försterschulen Lyss und Maienfeld übernommen werden, die auch schon die Ausbildungskurse zum Thema PSM und zur Erlangung der Fachbewilligung durchführen.

8. a) Welche Themen sollten Ihrer Meinung nach in einem Pflichtteil vorgenommen werden, also zwingend in jedem Kurs behandelt werden?
b) Welche Themen gehören Ihrer Meinung nach in den frei wählbaren Teil der Weiterbildung?
9. Für die organisatorische Umsetzung der Weiterbildungen gibt es verschiedene Optionen, in welchem Rahmen die Kurse angeboten werden.
- Weiterbildungen sollen an den Försterschulen stattfinden, d.h. die Fachbewilligungsinhaber/innen reisen in die BZWs.
 - Weiterbildungen sollen bei uns in den Kantonen stattfinden, d.h. die ReferentInnen kommen zu einem Kurs in unseren Kanton gereist.
 - Wir können den Weiterbildungskurs in folgendes schon vorhandenes Format integrieren (= alle FaBe-Inhaber/innen werden mit diesem Format erreicht): ____
 - Es gibt in unserem Kanton kein geeignetes Format zur Integration einer Weiterbildung.
10. a) Haben Sie als Waldschutzbeauftragte/-r das Bedürfnis, sich zu PSM im Wald weiterzubilden?
b) Haben Sie als Waldschutzbeauftragte/-r das Bedürfnis nach einem Erfahrungsaustausch zu PSM im Wald?
Antwortmöglichkeiten: Nein / ja, insbesondere zu folgenden Themen:

C

11. Sonstige Rückmeldungen von Ihnen zum Thema PSM im Wald und oder / Weiterbildungspflicht für Fachbewilligungsinhaber/innen:
12. Gab es in Ihrem Kanton politische Vorstösse zum Thema PSM im Wald?
Antwortmöglichkeiten: Nein / ja, mit folgender Frage - mit folgenden Fragen:

⁷ Die von den Waldschutzbeauftragten hierzu gegebenen Antworten siehe 4.4.1.6 (Massnahmen zur Reduktion von PSM).

Anhang 4

Prozesslandschaft zum Krisenmanagement von C. Hartebrodt und Y. Hengst-Ehrhart (FVA)

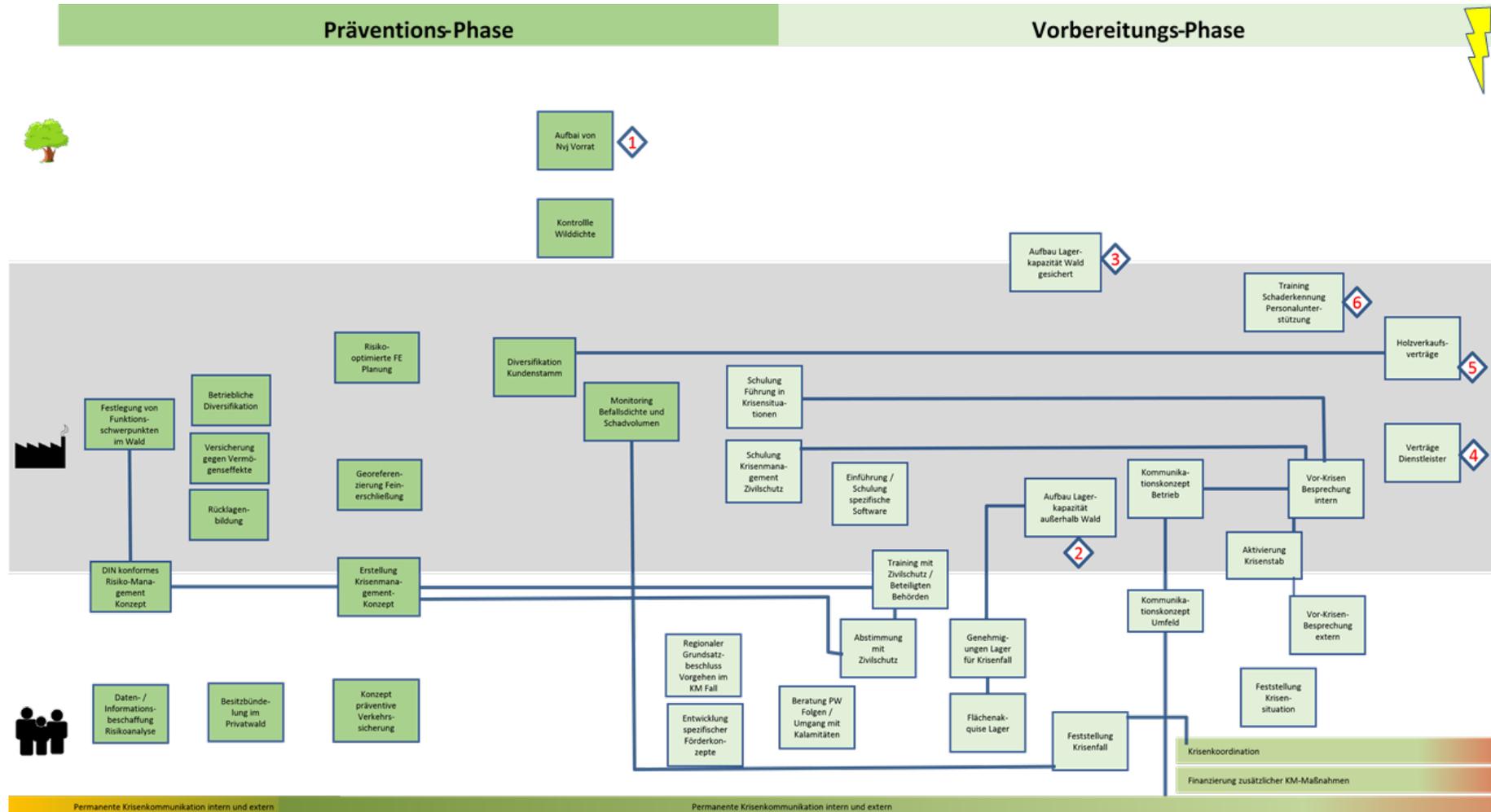


Abbildung 11: Phasen 1 und 2 der Prozesslandschaft (Analysetool). Erklärung: die einzelnen Prozessschritte sind in vier Phasen des Krisenmanagementzyklus horizontal (siehe Farbcode mit Prävention, Vorbereitung, Intervention, Wiederherstellung) und in drei vertikalen Ebenen dargestellt. (Quelle: Hartebrodt und Hengst-Ehrhart, ohne Jahr; persönliche Mitteilung).

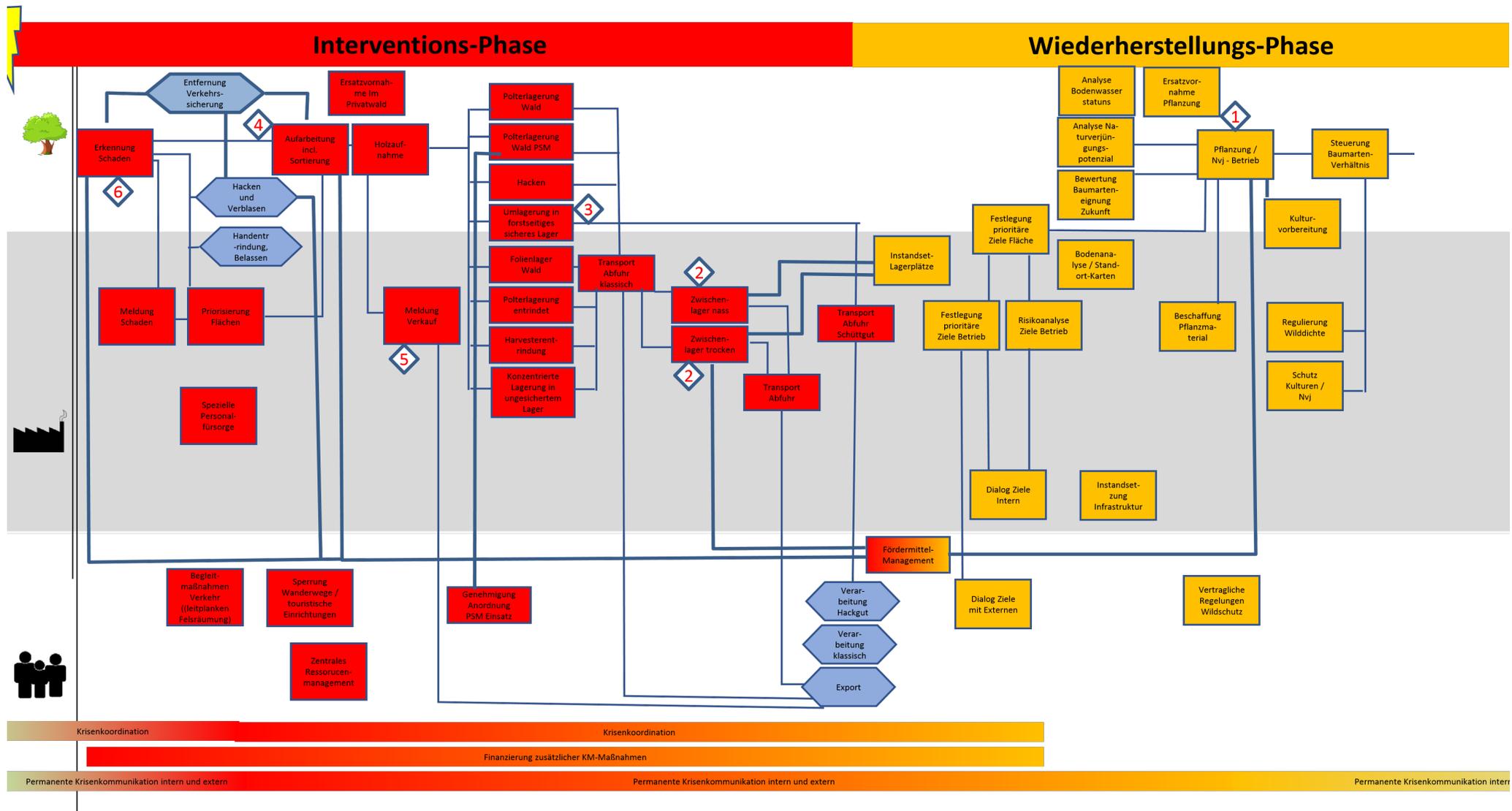


Abbildung 12 : Phasen 3 und 4 der Prozesslandschaft (Analysetool). Erklärung: die einzelnen Prozessschritte sind in vier Phasen des Krisenmanagementzyklus horizontal (siehe Farbcode mit Prävention, Vorbereitung, Intervention, Wiederherstellung) und in drei vertikalen Ebenen dargestellt. Blaue Felder: Holz ist aus Prozess genommen. (Quelle: Hartebrodt und Hengst-Ehrhart, ohne Jahr; persönliche Mitteilung).

Anhang 5

Beispiel Berechnung bei Lagerung ausserhalb des Waldes

Berechnung Mehrkosten Lagerung (ohne Nasslager) ausserhalb des Waldes

Annahmen	Einheit	Wert
Anfahrt	Std.	1
Rückfahrt	Std.	1
Anzahl Fuhren	Stk.	4
Festmeter pro Fuhre	Fm	25
Zusätzliche Distanz	km	1
Fahrgeschwindigkeit	km/h	20
Ladezeit	Min.	20
Abladezeit	Min.	20
Kostensatz ASTAG 2017 in Gautschi et al. 2017	CHF/h	200
Kostensatz Praxisbeispiel	CHF/h	130

Mehrkosten	Kostensatz 200 CHF/h	Kostensatz 130 CHF/h
Mehrkosten	CHF/Fm	10.0
		6.5

Berechnung volkswirtschaftlichen Kosten des Verzichtes auf PSM

Annahmen	Einheit	Wert
Anfahrt	Std.	1
Rückfahrt	Std.	1
Kilometer Anfahrt + Rückfahrt	km	40
Festmeter pro Fuhre	Fm	25
Fuhrbündelung	Stk.	4
Ladezeit	Min.	20
Abladezeit	Min.	20
Kostensatz ASTAG 2017 in Gautschi et al. 2017	CHF/h	200
Kostensatz Praxisbeispiel	CHF/h	130
Fahrscenario Best Case		
Zusätzliche Distanz	km	1
Fahrgeschwindigkeit	km/h	20
Fahrscenario Worst Case		
Zusätzliche Distanz	km	25
Fahrgeschwindigkeit	km/h	50
Gesamtgewicht LKW	t	40
Durchschnittsverbrauch (Quelle: ASTAG 2017 in Gautschi et al. 2017)	l/100 km	48
Emissionsfaktor $F_{THG}(WWT)$ (Quelle: Obkircher et al 2013)	kg CO ₂ e/l	3.24

Mehrkosten		Best Case	Worst Case
Holzmenge	Fm	300'000	300'000
Gesamte zusätzliche Distanz	km	141'000	645'000
Mehrkosten Fahren			
bei Kostensatz 200 CHF/h	CHF	3'010'000	4'900'000
	CHF/Fm	10	16.3
bei Kostensatz 130 CHF/h	CHF	1'956'500	3'185'000
	CHF/Fm	6.5	10.6
Treibhausgasbilanz			
Zusätzlicher CO2e-Ausstoss	t CO2e	219	1'003