

# **Volkswirtschaftliche Beurteilung zur Förderung der Walderschliessung in der Schweiz**

## **Examination économique de l'encouragement de la desserte forestière en Suisse (Résumé)**

Ergänzte Endfassung, 4. August 2014



Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

## **Impressum:**

### **Auftraggeber:**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wald, CH-3003 Bern

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

### **Projektbegleitung BAFU:**

Matthias Kläy, Bruno Röösli, Arthur Sandri, Rolf Gurtner

### **Auftragnehmer:**

Berner Fachhochschule BFH

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Länggasse 85

CH-3052 Zollikofen

### **Autoren:**

Martin Ziesak, Daniela Rommel, Kathrin Kühne, Astrid Zabel v. Felten

Titelbild: WIS Forst AG

### **Hinweis:**

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>23</b>
1.1 Hintergrund .....	23
1.2 Auftrag .....	24
<b>2. Methodik .....</b>	<b>25</b>
2.1 Vorhandene Grundlagen und Literatur.....	25
2.2 Umweltökonomische Analyse .....	25
2.3 Qualitative Auswertung .....	25
2.4 Quantitative Auswertung .....	26
2.4.1 Datenerhebung.....	28
2.4.2 Veränderung der Holzeinschlagsmenge .....	31
2.4.2.1 Herleitung der Veränderung der holzerntekostenfeien Erlöse .....	31
2.4.2.1.1 Veränderung Holzerntekosten.....	32
2.4.2.1.2 Auswirkungen auf die Transportkosten .....	32
2.4.2.2 Herleitung der veränderten Einschlagsmenge .....	33
2.4.2.2.1 Abschätzung mit Hilfe des Holzmarktmodells .....	33
2.4.2.2.2 Abschätzung mit Hilfe der singulär betrachteten Angebotsseite .....	33
2.4.2.2.3 Abschätzung mit Hilfe des tatsächlichen Marktverhaltens .....	33
2.4.3 Auswirkungen der veränderten Einschlagsmenge .....	35
2.4.4 Kosten- bzw. Aufwandbetrachtung .....	37
2.4.5 Dynamische Betrachtung der Kosten- und Nutzenseite.....	37
<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>39</b>
3.1 Umweltökonomische Betrachtung .....	39
3.1.1 Systematisierung der Leistungen und Funktionen des Waldes.....	39
3.1.2 Gütertheorie .....	40
3.1.3 Marktversagen.....	41
3.1.4 Faktoren einer Kosten-Nutzen-Analyse.....	43
3.1.5 Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials: Möglichkeiten der staatlichen Intervention zur Zielerreichung.....	46
3.2 Qualitative Bewertung von Effekten der Walderschliessung.....	52
3.2.1 Erleichterte Intervention bei (a-)biotischen Ereignissen .....	52
3.2.2 Effekte auf den Biotop- und Artenschutz .....	54

3.2.3 Minderung des Treibhausgaseffektes durch vermehrte Holznutzung / Anpassung der Wälder an den prognostizierten Klimawandel.....	56
3.2.4 Auswirkungen auf Zugangswirkungen / Mehrfachnutzung allgemeiner Art.....	56
3.2.5 Erleichterter Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten .....	58
3.2.6 Zusammenfassende Betrachtung .....	59
<b>3.3 Quantitative Auswertung .....</b>	<b>62</b>
3.3.1 Nutzenanalyse .....	62
3.3.1.1 Reduktion der Holzerntekosten .....	62
3.3.1.2 Reduktion von Transportkosten.....	64
3.3.1.3 Veränderter Holzeinschlag .....	65
3.3.1.3.1 Berechnung Holzmarktmodell .....	66
3.3.1.3.2 Berechnung Holzmarktmodell, angebotsbasiert .....	68
3.3.1.3.3 Berechnung mit effektivem Marktverhalten .....	69
3.3.1.4 Auswirkungen des veränderten Holzeinschlags, dargestellt für die Berechnung nach dem angebots- und nachfragebasierten Holzmarktmodell (E1) .....	71
3.3.1.4.1 Maschinenpark .....	71
3.3.1.4.2 Arbeitsplätze .....	71
3.3.1.4.3 CO <sub>2</sub> -Effekte.....	72
3.3.1.4.4 Arbeitssicherheit.....	72
3.3.2 Kostenanalyse.....	75
3.3.3 Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen.....	76
3.3.3.1 Statische Betrachtungsweise .....	76
3.3.3.2 Dynamische Betrachtungsweise .....	78
<b>4. Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1 Allgemein.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2 Umweltökonomische Analyse .....</b>	<b>81</b>
<b>4.3 Qualitative Analyse .....</b>	<b>82</b>
4.3.1 Auswahl der betrachteten Bereiche und Gewichtung .....	82
4.3.2 Diskussion der Auswirkungen auf die einzelnen Bereiche .....	83
<b>4.4 Quantitative Analyse.....</b>	<b>84</b>
<b>5. Gesamtfazit .....</b>	<b>94</b>
<b>6. Literaturangaben.....</b>	<b>95</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>101</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>109</b>

# Zusammenfassung

## Hintergrund

Die meisten Waldleistungen benötigen zu ihrer Sicherstellung eine Bewirtschaftung des Waldes. Voraussetzung für eine effiziente Waldbewirtschaftung (Pflege und Nutzung der Wälder) ist eine auf die standörtlichen Gegebenheiten und auf die jeweiligen Waldfunktionen abgestimmte minimale **Waldbasiserschliessung**. Als Folge des Entlastungsprogramms der Bundesfinanzen (EP03) sowie der Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenverteilung zwischen Bund und Kantonen (NFA) wurde das Waldgesetz unter anderem so angepasst, dass Massnahmen im Bereich Walderschliessung vom Bund nur noch im Schutzwald unterstützt werden können. Im Rahmen des Massnahmenplans zur Umsetzung der Waldpolitik 2020 (WP2020) hat der Bundesrat im Jahr 2012 unter anderem auch eine Wiederaufnahme der Förderung der Walderschliessung ausserhalb Schutzwald geprüft. Im Fokus stand dabei die Förderung von Massnahmen zur Optimierung der Waldbasiserschliessung (lastwagenfahrbare Waldstrassen inklusive Einsatz von Seilkrananlagen). Auf Basis der übergeordneten forstlichen Planung sollten im Rahmen einer integrativen Optimierung Massnahmen für die Wiederherstellung (Sicherung Zugang), den Ausbau (Anpassung von Breite, Tragfähigkeit, Profilierung, Kurvenradius etc. an den Stand der Technik) sowie den gezielten und punktuellen Neubau von Waldstrassen gefördert werden. Eine Optimierung kann aber auch die Stilllegung oder sogar den Rückbau von Waldstrassen umfassen, welche in der Regel jedoch keine Kostenfolge für die öffentliche Hand aufweisen. Alternative Holzbringungs- und Holztransportverfahren wie forstliche Seilkrananlagen sind integrative Bestandteile einer Optimierungsplanung sowie der Förderung. Zwar zeigen Umfragen bei den Kantonen und eine Spezialauswertung des Schweizerischen Landesforstinventars einen Anpassungsbedarf bei der Walderschliessung, der Bundesrat erachtet aber die Förderung ausserhalb des Schutzwaldes nicht als Bundesaufgabe. Verschiedene politische Vorstösse fordern die Wiedereinführung dieser Bundeshilfe.

## Auftrag

Im Rahmen der Bearbeitung der Parlamentarischen Initiative 13.414 von Siebenthal („Waldpolitik 2020. Erschliessungen als Voraussetzung für die effiziente und wirksame Zielerreichung“) hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) beauftragt, die Förderung der Walderschliessung aus volkswirtschaftlicher Sicht zu beurteilen. Die Aufgabenstellung umfasste folgende Punkte:

## *1. Qualitative Beurteilung der grundsätzlichen Notwendigkeit einer Förderung der Waldbasiserschliessung aus umweltökonomischer Sicht.*

In einer theoriegestützten Analyse werden die verschiedenen Waldleistungen umweltökonomisch systematisiert und die Waldbasiserschliessung mit Hilfe der Güter- und Markttheorie betrachtet.

Davon ausgehend werden am Beispiel der Nutzfunktion drei Möglichkeiten diskutiert, die Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials durch staatliche, marktisierte Interventionen zu unterstützen.

## *2. Qualitative Ermittlung und Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichen Effekten der Förderung der Waldbasiserschliessung.*

Da viele zu berücksichtigende volkswirtschaftliche Kriterien nicht quantitativ bewertet und beurteilt werden können, wurden Effekte einer Förderung der Waldbasiserschliessung qualitativ beurteilt. Diese Betrachtung stützt sich vorwiegend auf eine Literaturrecherche sowie Experteneinschätzungen.

## *3. Quantitative Ermittlung und Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichen Kosten sowie Nutzen der Förderung der Waldbasiserschliessung.*

Die quantitative Untersuchung ist grösstenteils modellbasiert (Dynamisches Holzmarktmodell), wobei auch empirische Daten aus forststatistischen Quellen herangezogen werden. Daneben fliessen Ergebnisse aus einer Umfrage des BAFU bei den Kantonen, einer ergänzenden Umfrage der HAFL bei den Kantonen Bern und Graubünden sowie Experteneinschätzungen mit ein.

## *4. Folgerungen und Empfehlungen*

Basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen wird ein Fazit gezogen und Empfehlungen werden formuliert.

# **Ergebnisse und Diskussion**

Gegliedert nach den drei Untersuchungsbereichen gibt dieser Abschnitt einen zusammenfassenden Überblick über die jeweiligen Resultate.

## *1. Qualitative Beurteilung der grundsätzlichen Notwendigkeit einer Förderung der Waldbasiserschliessung aus umweltökonomischer Sicht.*

Waldstrassen sind direkt oder indirekt eine Basis für die Bereitstellung diverser Güter und Ökosystemleistungen des Waldes. Sowohl Private als auch die Gesellschaft als Ganzes ziehen aus diesen Gütern und Leistungen Nutzen, beispielsweise aus der Schutzwirkung der Schutzwälder, der Holznutzung oder dem Wald als Erholungs- und Freizeitraum. Da dem Waldeigentümer nicht alle dieser Waldökosystemleistungen

abgegolten werden, ergibt sich eine Situation von Marktversagen: Ohne ausreichende staatliche Intervention liegt das private Optimum (Qualität / Quantität) an Waldstrassen unter dem gesellschaftlichen Optimum. Marktversagen ist eine klassische Begründung für eine staatliche Intervention. Während insbesondere durch die Beiträge von Bund und Kantonen an die Schutzwaldbewirtschaftung das Marktversagen bei der Schutzwaldleistung grösstenteils korrigiert wurde, ist dies im übrigen Wald nur teilweise der Fall: Beispielsweise werden positive Externalitäten der Waldbewirtschaftung mit einer nachhaltigen Mehrnutzung von Holz und der damit verbundene Beitrag zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Zielen (Substitution von energie- und emissionsintensiven Bau- und Brennstoffen) nicht oder nur unzureichend mit dem Holzpreis abgegolten, was unter anderem auch zu einer aus gesellschaftlicher Sicht suboptimalen Bereitstellung von Waldstrassen führt. Zudem liegt im Vergleich mit den benachbarten Ländern eine für die Schweiz nachteilige Marktsituation vor, da insbesondere in den für den Holzmarkt wichtigen umliegenden Bundesländern Österreichs und Deutschlands Waldstrassen innerhalb und ausserhalb des Schutzwaldes finanziell gefördert werden (BAFU 2012).

Die Optimierung der Waldbasiserschliessung trägt zur Sicherstellung verschiedener Waldleistungen bei. Am Anwendungsbeispiel der Nutzfunktion werden drei **Instrumente** staatlichen Handelns vorgestellt, die zur Erreichung des in der WP2020 gegebenen Ziels der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials beitragen können. Dies sind (i) Beiträge an die Optimierung der Waldbasiserschliessung gekoppelt an verschiedene Indikatoren, (ii) Ausschreibungen für Holz aus schlecht erschlossenen Gebieten und (iii) die Förderung der Zusammenarbeit in kleinräumigen Privatwäldern. Der ersten Massnahme liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer verbesserten Erschliessung mehr Holz geerntet wird. Obwohl Waldstrassen generell eine Voraussetzung für die Holzernte darstellen, ist es nicht gegeben, dass eine Optimierung des Strassennetzes allein zwingend zu einer erhöhten Holzernte führen muss. Es gibt diverse andere Faktoren, die die Entscheidung über die Holzernte mit beeinflussen. Als zweites Instrument wird eine Ausschreibung präsentiert, in der Waldeigentümer, Waldeigentümerzusammenschlüsse oder Forstunternehmen Projektgebote einreichen könnten mit Angaben zur Fördersumme, die sie benötigen, um eine gewisse Menge an Holz in einem definierten Zeitraum aus einem Gebiet zu ernten. Ein wesentlicher Vorteil dieses Instruments ist die hohe Flexibilität, um bedarfsgerechte Lösungen für eine erhöhte Holzernte zu finden. Beiträge könnten, müssten aber nicht, in die Optimierung des Strassenausbau fliessen. Für dieses Instrument müssten jedoch vorab grundsätzliche subventionsrechtliche Fragen geklärt werden. Das dritte Instrument zielt speziell auf das Problem ab, dass viel ungenutztes Potenzial im Kleinprivatwald liegt und Eigentümer von kleinen Parzellen nur wenig auf Förderanreize reagieren. Dieses Instrument ist aber eher als Begleitmassnahme zusätzlich zu anderen Instrumenten anzusehen.

## *2. Qualitative Ermittlung und Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichen Effekten der Förderung der Waldbasiserschliessung*

Als wichtigste qualitative Effekte der Förderung Walderschliessung wurden folgende identifiziert:

- Erleichterte Intervention bei abiotischen und biotischen Ereignissen
- Auswirkungen auf den Biotopt- und Artenschutz
- Auswirkung auf Zugangswirkungen und Mehrfachnutzung
- Erleichterter Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten
- Anpassung an den Klimawandel / Minderung des Treibhausgaseffekts

Bei der Bewältigung von Störungseignissen spielt eine angemessene Basiserschliessung eine wichtige Rolle, indem ein rascher und kosteneffizienter Zugang zu den betroffenen Flächen ermöglicht und durch die dadurch ermöglichte Bewirtschaftung die Prävention gegen sowie die Erholung nach Störungen verbessert wird. Eine optimierte Walderschliessung bildet auch eine Basis für die Mehrnutzung von Holz (und damit auch für zusätzliche CO<sub>2</sub>-Bindung bzw. Substitution von energie- und CO<sub>2</sub>-intensiven Bau- und Brennstoffen) und durch diese Bewirtschaftung eine **Anpassung der Wälder an den Klimawandel**. Bei der Arbeitssicherheit wird eine Senkung des Unfallrisikos und damit auch ein **Rückgang der Berufsunfallkosten** erwartet; durch die Optimierung der Walderschliessung kann modernere Holzerntetechnik eingesetzt werden, welche den Anteil der unfallträchtigen, motormanuellen Holzernte reduziert. Die **Synergieeffekte** bei der Nutzung des ländlichen Raums (Land- und Alpwirtschaft, Erholung und Tourismus, Infrastrukturanlagen) sind mehrheitlich positiv. Für die Bewirtschaftung der Schutzwälder und damit die **Sicherstellung der Schutzwirkung** ist eine angemessene Basiserschliessung eine unabdingbare Voraussetzung. Hinsichtlich der **Effekte auf die Biodiversität, Landschaft sowie der Mehrfachnutzung** von Waldstrassen sind auch negative Auswirkungen möglich, welche durch geeignete Förderauflagen verhindert bzw. minimiert werden können. Beispielsweise sind Vorhaben bewilligungspflichtig und nur dann förderberechtigt, wenn auch Aspekte des Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutzes berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollte bei der konkreten Erschliessungsplanung eine umfassende und integrative Sicht eingenommen, eine kritische Prüfung aller möglichen Auswirkungen erfolgen und die Bestvariante gewählt werden.

## *3. Quantitative Ermittlung und Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichen Kosten sowie Nutzen der Förderung der Waldbasiserschliessung*

Die quantitative Auswertung umfasst auf der Kostenseite die geschätzten Förderkosten für die Optimierung der Waldbasiserschliessung. Auf der Nutzenseite wurden die durch eine Verbesserung (Aus- und Neubau, Wiederinstandstellung) zu erwartenden Reduktion der Holzernte- und Transportkosten sowie die darauf basierte Veränderung des erwarteten Holzeinschlages berechnet. Als Folgeeffekte der prognostizierten

Mehrnutzung werden zudem Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt, auf die Arbeitssicherheit, die CO<sub>2</sub>-Bilanz sowie auf den Maschinenpark quantifiziert.

Die **Holzerntekosten** liegen durchschnittlich über die letzten Jahre gesehen für die Gesamtschweiz bei rund CHF 70 CHF pro Kubikmeter. Durch die mit einer Förderung (Sicherung des Zuganges, Anpassung von Traglast und Strassenbreite, punktueller Neubau) unterstützte Optimierung der Waldbasiserschliessung verbessert sich die Erschliessungssituation, sodass effektivere, kostengünstigere Holzerntetechnik eingesetzt werden kann. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Mobilseilkrananlagen und Kippmastprozessoren. Nach Abschluss aller Massnahmen gemäss der zehnjährigen Bedarfsprognose wird in der Summe eine Senkung der durchschnittlichen Holzerntekosten um CHF 5 pro Kubikmeter prognostiziert.

Auch **Transportvorgänge** im Wald profitieren von einer verbesserten Erschliessungssituation, sowohl der Transport vom Einschlags- bzw. Anlandeort zum Polter, wie auch der anschliessende Transport vom Polter zum Verarbeiter. Hier ist ein Kostensenkungspotenzial von weiteren CHF 2 pro Kubikmeter zu erwarten. Gesamthaft ergibt sich für Holzernte und Transport ein Kosteneinsparungseffekt von rund CHF 7 pro Kubikmeter. Bei der aktuellen jährlichen Nutzungsmenge von rund 5.8 Mio. Kubikmeter könnte auch ohne die angestrebte Mehrnutzung **im Optimalfall eine jährliche Kostenreduktion von rund CHF 41 Mio.** realisiert werden. Wenn die gemäss Waldpolitik angestrebte Mehrnutzung realisiert werden kann, würde diese Kostenreduktion deutlich höher ausfallen.

Eine Reduktion der Holzerntekosten bewirkt einen höheren Deckungsbeitrag für den Waldeigentümer, was zu einer erhöhten Bereitschaft für eine **Mehrnutzung von Holz** führt. Mit der ermittelten Kosteneinsparung wurde mit dem Dynamischen Holzmarktmodell eine Veränderung des Einschlagsverhaltens der Waldeigentümer abgeleitet. Die geschätzte jährliche Mehrmenge im Holzeinschlag hängt allerdings sehr stark von der Entwicklung der Marktlage und vom Verhalten der Marktteilnehmer ab. Aus diesem Grund wurde die Veränderung der Nutzungsmenge in drei Szenarien quantifiziert, die Bandbreite der ermittelten Mehrmengen ist gross:

- Die mit dem Dynamischen Holzmarktmodell unter Verwendung von Angebots- und Nachfrageparametern modellierten Ergebnisse zeigen, dass sich unter den gegebenen Umständen die Holzmengen nur geringfügig erhöhen. Bei einem aktuell festzustellendem, unelastischen Marktverhalten sowie der aktuell beschränkten Absatzmöglichkeiten der heimischen Holzindustrie bewirkt eine Kostensenkung um CHF 7 pro Kubikmeter eine *Erhöhung der Einschlagsmenge um 21'000 Kubikmeter (Szenario E1)*.
- In einer zweiten Variante wurde beim Dynamischen Holzmarktmodell infolge der hohen Unsicherheiten bei den Nachfrageparametern die Mehrmenge nur mit angebotsseitigen Parametern modelliert. Bei der ermittelten Kostensenkung von CHF 7 pro Kubikmeter zeigen die Ergebnisse eine *Erhöhung der Einschlagsmenge um 516'000 Kubikmeter (Szenario E2)*.

- Für die dritte Variante wurden für die letzten Jahre die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Holznutzung sowie der Entwicklung des holzerntekostenfreien Erlöses analysiert. Dabei wurden auch die unterschiedlich grossen Elastizitäten des Privatwaldes und des öffentlichen Waldes berücksichtigt. Auf Basis dieses effektiven Marktverhaltens konnte für die prognostizierte Kostensenkung eine *Erhöhung der Einschlagsmenge von 405'000 Kubikmeter abgeleitet werden (Szenario E3)*.

In der Synthese lässt sich aus den drei unterschiedlichen Mengen ableSEN, dass eine Förderung der Walderschliessung durchaus Mehrmengen bei der Holznutzung induzieren und sicherstellen kann, aber nicht unbedingt muss. Sind die Marktbedingungen (z.B. Konjunkturen, Wechselkursverhältnisse, Überkapazitäten auf dem europäischen Markt etc.) ungünstig, das Marktverhalten der Marktteilnehmer unelastisch und die Markthemmnisse hoch (z.B. Innovation, Realisierung und Umsetzung von Holzprodukten und holzbasierten Produkten), so können kaum bedeutende Mehrmengen generiert werden.

Wenn bei diesen drei Berechnungsszenarien der Zeithorizont der Betrachtung (elf Jahre) berücksichtigt wird, so kann folgendes Entwicklungsszenario vermutet werden: Zu Beginn wird die Betrachtungsperiode noch geprägt von den aktuellen, teilweise suboptimalen Verhaltensmustern auf der Waldeigentümerseite und von den aktuellen Strukturen sowie Produktions- und Absatzmöglichkeiten der Nachfrageseite. In dieser zeitnahen Phase ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die resultierende Einschlagsmehrmenge derjenigen entspricht, die mit dem Holzmarktmodell abgeleitet wurde. Dies wird also eine Menge sein, die im unteren Bereich der drei vorgestellten Szenarien liegt.

Gegen Ende der Betrachtungsperiode sollte sich die Situation deutlich positiver darstellen: Einerseits sollten Waldeigentümer Möglichkeiten zum Überwinden von Struktur- und Bewirtschaftungsdefiziten genutzt und ihr Marktverhalten angepasst haben. Andererseits sollte sich auch die nachfrageseitige Situation soweit angepasst haben, dass die Mehrnutzung von Holz in der Größenordnung der zweiten bzw. dritten Mehrnutzungsvariante liegt.

**Eine mögliche Mehrnutzung hat Auswirkungen auf die Arbeitsplätze in der Wald- und Holzwirtschaft, die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Schweiz sowie auf den bestehenden Maschinenpark der Waldwirtschaft.** Bei den Maschinen und den Arbeitsplätzen in der Waldwirtschaft sind die zu erwartenden Effekte infolge gegenseitiger Kompensationen nicht markant. Die geschätzte Veränderung bei den Arbeitsplätzen in der Wald- und Holzwirtschaft beträgt je nach Variante zwischen rund 25 bis 850 zusätzliche Stellen. In Folge von moderner Holzerntetechnik nehmen die Berufsunfälle und damit auch die Kosten zwischen CHF 0.7 und 1.33 Mio. pro Jahr ab. Durch ein angepasstes Transportgeschehen und durch zusätzlich gebundenes bzw. substituiertes CO<sub>2</sub> könnte je nach Variante die jährliche CO<sub>2</sub>-Bilanz zwischen rund 16'000 und 390'000 Tonnen CO<sub>2</sub> verbessert werden. Hieraus kann man einen geldwerten Vorteil in Höhe von CHF 0.65 bis 15.6 Mio. ziehen.

Gemäss umfassenden kantonalen Angaben aus dem Jahr 2009 zum Bedarf an Walderschliessungsmassnahmen in den nächsten 10 Jahren liegen die maximalen Kosten bei rund CHF 77 Mio. pro Jahr. Ausgehend von einer Förderquote von 80% durch Bund und Kantone ergäben sich **jährlich maximale Fördersummen innerhalb und ausserhalb des Schutzwaldes** von rund CHF 61 Mio. Eine Umfrage in den Kantonen Bern und Graubünden macht allerdings deutlich, dass diese Zahl durchaus als Kostenobergrenze zu verstehen ist.

Die Fördermassnahmen wirken längerfristig auf die Waldbasiserschliessung, die daraus resultierenden monetären Kosten und Nutzen sind daher mittels einer dynamischen **Investitionsrechnung** über die gesamte Lebensdauer der Investition zu betrachten. Durch die Berechnung eines Barwertes (*net present value*, Kapitalbarwert  $C_0$ ) können die zu unterschiedlichen Zeiten anfallenden Kosten- und Nutzenströme zusammengeführt werden. Ein positiver Barwert bedeutet, dass über die gesamte Lebensdauer betrachtet der Nutzen grösser ist als die Kosten. Die Resultate der durchgeföhrten Investitionsrechnung zeigen für die Mehrnutzungsszenarien E2 und E3 deutlich positive Barwerte (vgl. Tab. 1). Nur gerade beim Szenario E1 mit sehr geringer Mehrnutzung resultiert ein negativer Barwert. Ab einer Mehrnutzungsmenge von rund +170'000 Kubikmeter Holz ist der Kapitalwert positiv, qualitative Nutzen sind bei dieser Kalkulation nicht berücksichtigt. Somit ist bereits bei einer rein monetären, quantitativen Betrachtung eine positive Wirkung zu erwarten, berücksichtigt man zusätzlich die weiteren, qualitativen Aspekte, wird der Nutzen einer entsprechenden Förderpolitik offenkundig.

Tabelle 1 gibt eine zusammenfassende, vereinfachte Übersicht über die **qualitativen und quantitativen Effekte der Förderung** der Waldbasiserschliessung sowie über die **Resultate der Investitionskostenrechnung**:

*Tabelle 1:* Übersicht über qualitative und quantitative Effekte sowie Resultate der Investitionskostenrechnung

<b>Qualitative Effekte</b>		<b>Bewertung</b>		
Umgang mit Störungseignissen biotischer und abiotischer Art		positiv		
Effekte auf den Biotop- und Artenschutz		Keine generelle Bewertung möglich, da positive und negative Effekte vom Ausgangszustand und der Umsetzung abhängig sind.		
Treibhausgaseffekte und Klimawandel		positiv		
Zugangswirkung und Mehrfachnutzungen		positiv		
Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten (innerhalb Schutzwald bereits heute gefördert)		positiv		
<b>Quantitative Effekte (pro Jahr)</b>				
<b>Nutzen</b>		<b>Bewertung (Bandbreite gemäss Varianten Mehrnutzung Holz)</b>		
Einsparungen durch Reduktion Holzernte- und Transportkosten		CHF 41 bis 44 Mio.		
Mehrnutzung Holz (Szenarien E1 bis E3)		21'000 bis 516'000 Kubikmeter		
Zusätzliche Arbeitsplätze Wald-/Holzwirtschaft		25 bis 850 Stellen		
Verbesserung CO <sub>2</sub> -Bilanz		CHF 0.6 bis 15.6 Mio. (16'000 bis 390'000 t CO <sub>2</sub> )		
Einsparung durch Reduktion der Unfallzahlen		CHF 0.7 bis 1.3 Mio.		
<b>Kosten in Mio. CHF</b>		<b>ausserhalb Schutzwald</b>	<b>innerhalb Schutzwald</b>	<b>Total</b>
Maximale Kosten gesamt		27	50	77
- Max. Förderkosten Bund und Kantone (80%)		21	40	61
- Max. Kosten Waldeigentümer/Dritte (20%)		6	10	16
- Förderbedarf <sup>1</sup> Bund zur Optimierung der Walderschliessung		8 (neu)	13 (bestehend)	21
<b>Resultate der Investitions- kostenrechnung in Mio. CHF</b>		<b>Szenario E1 (+21'000 m<sup>3</sup> Holz)</b>	<b>Szenario E3 (+405'000 m<sup>3</sup> Holz)</b>	<b>Szenario E2 (+516'000 m<sup>3</sup> Holz)</b>
Kapitalwerte K <sub>0</sub> der Kosten		1'118	1'118	1'118
Kapitalwerte E <sub>0</sub> der Nutzen		994	1'314	1'407
Saldo Kapitalwerte C <sub>0</sub>		-124	+196	+289

Ab einer Mehrnutzungsmenge von rund +170'000 m<sup>3</sup> Holz ist der Kapitalwert positiv. Qualitative Nutzen sind bei dieser Kalkulation nicht berücksichtigt.

<sup>1</sup> Gemäss separater Einschätzung BAFU

## Fazit

Aus den drei durchgeföhrten Betrachtungen (umweltökonomisch, qualitativ und quantitativ) lässt sich ableiten, dass die Förderung von Optimierungsmassnahmen in der Waldbasiserschliessung durch die öffentliche Hand sowohl innerhalb, als auch ausserhalb des Schutzwaldes in der Regel positiv zu beurteilen ist. Dementsprechend führt in der Regel eine Beteiligung des Bundes an den Kosten der Optimierung insgesamt zu positiven volkswirtschaftlichen Effekten.

Die Umsetzung einer geförderten Optimierung der Walderschliessung hat integrativ unter Berücksichtigung aller Waldfunktionen zu erfolgen, flankierende Massnahmen sind zu ergreifen, um negative Effekte zu verhindern oder zumindest zu minimieren. Das Kosten- und Nutzenverhältnis von konkreten Erschliessungsvorhaben ist im Einzelfall sorgfältig abzuwägen.

Eine verbesserte Walderschliessung ist eine notwendige Voraussetzung, um verschiedene Ziele der Waldpolitik 2020 zu erreichen, unter anderem auch das Ziel der Ausschöpfung des nachhaltigen Holznutzungspotentials. Mit einer optimierten Walderschliessung *allein* kann das Ziel allerdings nicht erreicht werden. Parallel dazu sollten die Strukturen und Kosteneffizienz der Waldbewirtschafter weiter verbessert werden. Die Produktions-, Absatz- und Exportmöglichkeiten der heimischen Holzindustrie müssen nach Möglichkeit weiter verbessert und innovative, holzbasierte Produkte sollten sowohl in die Produktion als auch in den Absatz integriert werden.

## Résumé

### Contexte

Une gestion de la forêt est nécessaire pour garantir la plupart des prestations forestières. Pour être efficace (soins et exploitation des forêts), elle requiert une **desserte forestière de base** minimale adaptée aux conditions et aux fonctions forestières de la station. Suite au programme d'allégement des finances fédérales (PAB03) et à la réforme de la péréquation et de la répartition des tâches entre la Confédération et les cantons (RPT), la loi sur les forêts a été adaptée notamment pour que la Confédération ne puisse soutenir les mesures destinées à la desserte forestière que dans les forêts protectrices. Dans le cadre du plan de mesures pour la mise en œuvre de la Politique forestière 2020 (PF 2020), le Conseil fédéral a examiné en 2012 la possibilité de reprendre l'encouragement de la desserte forestière hors forêts protectrices. L'accent était mis sur l'encouragement de mesures destinées à optimiser la desserte forestière de base (routes forestières accessibles aux camions y compris l'utilisation de câbles-grues). Il s'agit, sur la base de la planification forestière directrice, d'encourager, dans le cadre d'une optimisation intégrative, des mesures pour la réfection (garantie de l'accès), l'amélioration (adaptation de la largeur, de la portance, du profilage, du rayon de courbure, etc. à l'état de la technique) et la construction ponctuelle et ciblée de nouvelles routes forestières. Une optimisation peut aussi comprendre la fermeture voire la déconstruction de routes forestières, ce qui n'a en général pas de conséquences financières pour les pouvoirs publics. D'autres procédés de débardage et de transport du bois comme les installations de câbles-grues forestiers font intégralement partie de la planification de l'optimisation ainsi que de l'encouragement. Les enquêtes menées auprès des cantons et une analyse spécifique de l'Inventaire forestier national suisse montrent qu'il est certes nécessaire d'adapter la desserte forestière, mais le Conseil fédéral estime que l'encouragement de la desserte hors forêts protectrices n'est pas une tâche de la Confédération. Plusieurs interventions politiques demandent de réintroduire cette aide fédérale.

### Mandat

Dans le cadre du traitement de l'initiative parlementaire 13.414 von Siebenthal (« Politique forestière 2020. Donner la priorité aux dessertes »), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a chargé la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL) d'examiner l'encouragement de la desserte forestière du point de vue économique. La définition des tâches comprenait les points suivants :

1. *Examen qualitatif de la nécessité fondamentale d'un encouragement de la desserte forestière de base du point de vue de l'économie de l'environnement.*

Les différentes prestations forestières sont systématisées du point de vue de l'économie de l'environnement au moyen d'une analyse théorique et la desserte

forestière de base est considérée à la lumière de la théorie des biens et de la théorie du marché.

Sur cette base, l'exemple de la fonction économique est utilisé pour discuter trois possibilités de soutenir la mise à profit du potentiel d'exploitation durable du bois par des interventions étatiques basées sur le marché.

## *2. Détermination et comparaison qualitatives des effets économiques de l'encouragement de la desserte forestière de base.*

Puisque de nombreux critères économiques à prendre en compte ne peuvent pas être évalués et examinés quantitativement, les effets d'un encouragement de la desserte forestière de base ont été examinés d'un point de vue qualitatif. Cette approche s'appuie surtout sur une étude de la littérature spécialisée et sur des appréciations d'experts.

## *3. Détermination et comparaison quantitatives des coûts et des bénéfices économiques de l'encouragement de la desserte forestière de base.*

L'étude quantitative est en majeure partie basée sur un modèle (modèle dynamique du marché du bois), mais elle utilise aussi des données empiriques provenant de la statistique forestière. Elle intègre également les résultats d'une enquête menée par l'OFEV auprès des cantons et d'une enquête complémentaire menée par l'HAFL auprès des cantons de Berne et des Grisons ainsi que des appréciations d'experts.

## *4. Conclusions et recommandations*

Des conclusions et des recommandations sont formulées sur la base des résultats.

# Résultats et discussions

Cette partie présente une synthèse des résultats obtenus dans les trois domaines étudiés.

## *1. Examen qualitatif de la nécessité fondamentale d'un encouragement de la desserte forestière de base du point de vue de l'économie de l'environnement.*

Les routes forestières servent directement ou indirectement de base à la mise à disposition de divers biens et services écosystémiques de la forêt. Tant les particuliers que la société dans son ensemble profitent de ces biens et services, par exemple de l'effet protecteur des forêts protectrices, de l'exploitation du bois ou de la forêt comme lieu de détente et de loisirs. Les propriétaires de forêts n'étant pas indemnisés pour tous ces services écosystémiques de la forêt, il en découle une situation de **défaillance du marché** : sans intervention étatique suffisante, l'optimum privé (qualité/quantité) en matière de routes forestières se situe au-dessous de l'optimum

social. La défaillance du marché est une justification classique pour une intervention de l'État. Alors que la défaillance du marché relative à la prestation de protection de la forêt a été en majeure partie corrigée, en particulier grâce aux contributions de la Confédération et des cantons allouées à la gestion des forêts protectrices, ce n'est que partiellement le cas dans le reste de la forêt : les externalités positives de la gestion forestière, et en particulier d'une exploitation accrue et durable du bois, par exemple leur contribution à la réalisation des objectifs en matière de politique énergétique et climatique (substitution de matériaux de construction à haute intensité énergétique et de combustibles à fortes émissions), ne sont pas ou insuffisamment rémunérées par le prix du bois, ce qui fait notamment que, du point de vue sociétal, il n'y a pas assez de routes forestières. De plus, la situation du marché est défavorable pour la Suisse comparativement aux pays voisins, puisque dans les Länder autrichiens et allemands limitrophes qui jouent un rôle particulièrement important pour le marché du bois, les routes forestières sont subventionnées à l'intérieur et à l'extérieur des forêts protectrices (OFEV 2012).

L'optimisation de la desserte forestière de base contribue à garantir plusieurs prestations forestières. Prenant l'exemple de la fonction économique, l'étude présente trois **instruments** d'intervention étatique permettant de contribuer à la réalisation de l'objectif d'une mise à profit du potentiel d'exploitation durable du bois formulé dans la PF 2020. Il s'agit (**i**) de contributions allouées pour l'optimisation de la desserte forestière de base associées à différents indicateurs, (**ii**) d'appels d'offres pour du bois provenant de régions mal desservies, (**iii**) de l'encouragement de la collaboration dans les forêts privées de petite taille. La première mesure part de l'hypothèse qu'une meilleure desserte amènera une augmentation de la récolte des bois. Bien que les routes forestières constituent en principe une condition pour la récolte des bois, il n'est pas prouvé qu'une optimisation du réseau routier doive à elle seule obligatoirement se traduire en une augmentation de la récolte des bois. Divers autres facteurs influencent la décision relative à la récolte des bois. Le deuxième instrument présenté est un appel d'offres qui permet aux propriétaires forestiers, aux groupements de propriétaires de forêts ou aux entreprises forestières de remettre des offres en indiquant le montant de la subvention dont ils ont besoin pour récolter une certaine quantité de bois durant une période définie dans un territoire donné. L'avantage considérable de cet instrument est sa grande flexibilité qui permet de trouver des solutions adaptées aux besoins pour accroître la récolte des bois. Les contributions peuvent, mais ne doivent pas, être utilisées pour optimiser l'amélioration des routes. Cet instrument requiert cependant de clarifier au préalable des questions de fond en matière de législation sur les subventions. Le troisième instrument vise spécialement le problème constitué par le fait qu'un potentiel inexploité important se trouve dans des petites forêts privées et que les propriétaires de petites parcelles ne réagissent que peu aux incitations. Cet instrument doit cependant plutôt être considéré comme une mesure d'accompagnement qui vient s'ajouter à d'autres instruments.

## *2. Détermination et comparaison qualitatives des effets économiques de l'encouragement de la desserte forestière de base.*

Les principaux effets de l'encouragement de la desserte forestière identifiés sont les suivants :

- intervention facilitée en cas d'événements naturels abiotiques ou biotiques ;
- incidences sur la protection des biotopes et la protection des espèces ;
- effets sur l'accès aux forêts et sur l'utilisation multiple ;
- accès facilité aux forêts protectrices et aux ouvrages de protection ;
- adaptation aux changements climatiques / atténuation de l'effet des gaz à effet de serre.

Une desserte appropriée joue un rôle important pour la gestion des perturbations, puisqu'elle permet d'accéder rapidement et économiquement aux surfaces concernées ; facilitant la gestion forestière, elle permet d'améliorer la prévention ainsi que les réparations suite aux perturbations. Une desserte forestière optimisée sert aussi de base à une exploitation accrue du bois (et donc aussi à une augmentation de la séquestration du CO<sub>2</sub> et de la substitution de matériaux de construction gourmands en énergie et de combustibles à fortes émissions) ; favorisant la gestion forestière, une desserte optimisée permet **d'adapter les forêts aux changements climatiques**. Concernant la sécurité au travail, on peut s'attendre à une diminution du risque d'accidents et à un **recul des coûts dus aux accidents professionnels** ; l'optimisation de la desserte forestière permet d'utiliser une technique de récolte des bois plus moderne, ce qui réduit la part des récoltes effectuées avec des engins manuels, la plus accidentogène. Les **effets de synergie** liés à l'utilisation de l'espace rural (agriculture et économie alpestre, détente et tourisme, équipements d'infrastructure) sont majoritairement positifs. Une desserte de base appropriée est une condition indispensable pour gérer les forêts protectrices et **garantir leur effet protecteur**. En ce qui concerne **l'utilisation multiple et les effets sur la biodiversité et le paysage**, des répercussions négatives sont aussi possibles, qui peuvent être évitées ou minimisées en assortissant les subventions de conditions et charges appropriées. Les projets sont par exemple soumis à autorisation et ne donnent droit à des subventions que si les aspects liés à la protection de l'environnement, de la nature et du paysage sont pris en considération. De manière générale, la planification concrète d'une desserte doit se faire dans une perspective globale et intégrale et choisir la meilleure solution après examen critique de toutes les répercussions possibles.

## *3. Détermination et comparaison quantitatives des coûts et des bénéfices économiques de l'encouragement de la desserte forestière de base.*

Du côté des coûts, l'évaluation quantitative englobe les coûts estimés pour l'encouragement de l'optimisation de la desserte forestière de base. Du côté des

bénéfices, il a été calculé la réduction des coûts de récolte et de transport du bois à laquelle il faut s'attendre en raison de l'amélioration de la desserte (aménagement et nouvelle construction ; remise en état) ainsi que la modification de l'exploitation du bois qui en découlera, ce qui a permis de quantifier aussi les répercussions de l'exploitation accrue pronostiquée sur le marché du travail, la sécurité au travail, le bilan de CO<sub>2</sub> et le parc des machines.

Ces dernières années, les **coûts de récolte des bois** se situent en moyenne autour de 70 francs par mètre cube. L'encouragement (garantie de l'accès, adaptation de la portance et de la largeur de la route, nouvelle construction ponctuelle) de l'optimisation de la desserte forestière de base permet d'utiliser des techniques de récolte des bois plus efficaces et économiques, par exemple des installations de câbles-grues mobiles et des processeurs à mât pivotant. Lorsque toutes les mesures prévues en fonction des besoins pronostiqués pour ces dix prochaines années seront réalisées, on peut prévoir une baisse totale des coûts moyens de récolte de 5 francs par mètre cube.

Les **processus de transport** en forêt profitent aussi d'une amélioration de la situation de desserte, tant le transport du lieu d'abattage ou de déchargement à la pile que le transport de la pile au lieu de transformation du bois. Le potentiel d'économie est ici de 2 francs par mètre cube. La réduction globale des coûts pour la récolte des bois et le transport s'élève donc à près de 7 francs par mètre cube. En partant de la quantité actuelle de bois exploité annuellement, 5,8 millions de mètres cube, il serait possible, **dans les cas les plus favorables, de réaliser une réduction annuelle des coûts de près de 41 millions de francs**, et ce sans l'exploitation accrue visée par la politique forestière. Si cette augmentation de l'exploitation se réalisait, les économies pourraient être nettement plus importantes.

Une réduction des coûts de récolte des bois entraînant une marge brute plus élevée pour le propriétaire de forêts, ce dernier est plus disposé à **augmenter l'exploitation du bois**. La modification du comportement des propriétaires de forêts en matière d'exploitation a été déduite du modèle dynamique pour le marché du bois en intégrant la réduction des coûts calculée. La quantité annuelle de bois exploité supplémentaire estimée dépend toutefois fortement de l'évolution du marché et du comportement de ses acteurs. Pour cette raison, la modification de la quantité exploitée a été quantifiée dans trois variantes ; les quantités supplémentaires obtenues présentent des écarts importants :

- Les résultats obtenus avec le modèle dynamique pour le marché du bois en utilisant des paramètres liés à l'offre et à la demande montrent que, dans les conditions données, les quantités de bois augmentent très peu. Dans un contexte actuellement caractérisé par des comportements rigides sur le marché et des possibilités de vente limitées pour l'industrie du bois indigène, une réduction des coûts de 7 francs par mètre cube entraîne *une augmentation de la quantité exploitée de 21 000 mètres cubes (modèle E1)*.

- Dans une deuxième variante, la quantité supplémentaire a été déterminée au moyen du modèle dynamique pour le marché du bois en tenant compte seulement des paramètres liés à l'offre, et ce en raison des incertitudes importantes relatives aux paramètres liés à la demande. Pour la réduction des coûts calculée de 7 francs par mètre cube, les résultats indiquent *une augmentation de la quantité exploitée de 516 000 mètres cubes (modèle E2)*.
- Dans la troisième variante, on a analysé les rapports effectifs entre l'évolution de l'exploitation du bois et l'évolution des recettes hors coûts de récolte des bois au cours de ces dernières années. Sur ce point, les différences d'élasticité entre la forêt privée et la forêt publique ont été prises en considération. Sur la base de ce comportement réel sur le marché, *une augmentation de la quantité exploitée de 405 000 mètres cubes (modèle E3)* a pu être déduite pour l'économie des coûts pronostiquée.

Si l'on considère les trois quantités différentes obtenues, on peut en déduire qu'un encouragement de la desserte forestière peut tout à fait induire et garantir l'exploitation de plus de bois, mais cela ne doit pas forcément être le cas. Si les conditions du marché (p. ex. conjoncture, cours de change, surcapacités sur le marché européen, etc.) sont défavorables, les comportements inélastiques des acteurs du marché et les obstacles importants au marché (p. ex. innovation, réalisation et mise en œuvre de produits en bois ou de produits à base de bois), il n'est presque pas possible de générer d'importantes quantités supplémentaires.

Si l'on prend en compte l'horizon temporel (onze ans) envisagé pour ces trois scénarios de calcul, on peut supposer que la situation évoluera de la façon suivante : le début de la période considérée reste dominé par les modèles de comportement actuels, parfois inadéquats, du côté des propriétaires forestiers, et par les structures ainsi que les possibilités de production et de vente actuelles du côté de la demande. Durant cette phase, il est assez probable que la quantité supplémentaire de bois exploité corresponde à celle déduite à l'aide du modèle pour le marché du bois. Il s'agira donc d'une quantité située dans la partie inférieure de la fourchette des résultats obtenus dans les trois scénarios présentés.

À la fin de la période considérée, la situation devrait se présenter de façon beaucoup plus positive : d'une part, les propriétaires forestiers auront utilisé les possibilités existantes pour remédier aux déficits en matière de structure et de gestion et adapté leur comportement sur le marché. D'autre part, la situation du côté de la demande devrait aussi s'être adaptée de façon à ce que l'exploitation accrue du bois se situe dans l'ordre de grandeur des deuxième ou troisième scénarios.

**Un éventuel accroissement de l'exploitation** aura des répercussions sur les emplois dans l'économie forestière et l'industrie du bois, sur le bilan de CO<sub>2</sub> de la Suisse et sur le parc des machines de l'économie forestière. En ce qui concerne les machines et les emplois dans l'économie forestière, les effets auxquels il faut s'attendre ne sont pas très marqués en raison de compensations réciproques. L'évolution des emplois dans l'économie forestière et l'industrie du bois se situe entre 25 et 850 postes

supplémentaires suivant le scénario. Une technique de récolte des bois moderne permettra de réduire le nombre des accidents professionnels, ce qui représente une diminution des coûts de l'ordre de 700 000 à 1,33 million de francs par an. L'adaptation des transports et la séquestration ou la substitution de CO<sub>2</sub> supplémentaire pourront entraîner suivant le scénario une amélioration du bilan de CO<sub>2</sub> annuel de 16 000 à 390 000 tonnes de CO<sub>2</sub>, ce qui représente un avantage monétaire d'un montant de 649 000 à 15,6 millions de francs.

Selon les informations détaillées fournies par les cantons en 2009 sur leurs besoins en termes de mesures pour la desserte forestière pour les dix prochaines années, les coûts s'élèvent au maximum à 77 millions par an. En partant d'un niveau de subvention de la Confédération et des cantons de 80 %, cela représente un **montant de subventions annuelles maximal en forêt protectrice et hors forêt protectrice** de près de 61 millions de francs. Une enquête menée auprès des cantons de Berne et des Grisons montre toutefois clairement que ce chiffre doit être compris comme une limite supérieure des coûts.

Les mesures d'encouragement ont un effet à long terme sur la desserte forestière de base, les coûts et les bénéfices monétaires qui en résultent doivent par conséquent être considérés sur l'ensemble de la durée de vie de l'investissement au moyen d'un compte des investissements dynamique. Le calcul d'une valeur actualisée (net present value, Kapitalbarwert K<sub>0</sub>) permet d'appréhender dans une vue d'ensemble les flux des coûts et des bénéfices survenant aux différents moments de la période envisagée. Une valeur actualisée positive signifie que, considérés sur l'ensemble de la durée de vie, les bénéfices sont supérieurs aux coûts. Les résultats du compte des investissements effectué indiquent des valeurs actualisées clairement positives pour les scénarios E2 et E3 (tableau 2). La valeur actualisée est négative seulement dans le cas du scénario E1 (très faible accroissement de l'exploitation du bois). La valeur actualisée est positive à partir d'un accroissement de l'exploitation de l'ordre de + 170 000 m<sup>3</sup> de bois, ce calcul ne tient pas compte des bénéfices qualitatifs. Une approche purement quantitative montre donc déjà qu'il faut s'attendre à un effet économique positif ; si l'on tient compte en outre des autres aspects qualitatifs, les bénéfices de mesures d'encouragement appropriées deviennent évidents.

Le tableau 1 offre un aperçu simplifié des effets qualitatifs et quantitatifs de l'encouragement de la desserte forestière de base ainsi que des résultats du compte des investissements.

Tableau 1: vue d'ensemble des effets qualitatifs et quantitatifs

Effets qualitatifs	Evaluation		
Gestion des perturbations biotiques et abiotiques	positive		
Effets sur la protection des biotopes et sur la protection des espèces	Une évaluation générale n'est pas possible, puisque les effets positifs et négatifs dépendent fortement de l'état initial et de la mise en œuvre.		
Effets des gaz à effet de serre et changements climatiques	positive		
Effet sur l'accès aux forêts et sur les utilisations multiples	positive		
Accès aux forêts protectrices et aux ouvrages de protection (déjà subventionné dans les forêts protectrices)	positive		
Effets quantitatifs (par an)	Évaluation (fourchette suivant les variantes d'exploitation accrue du bois)		
Économies dues à une réduction des coûts de récolte des bois et de transport	41 à 44 millions de francs		
Exploitation accrue du bois (modèles E1 à E3)	21 000 à 516 000 mètres cubes		
Emplois supplémentaires dans l'économie forestière et l'industrie du bois	25 à 850 postes		
Amélioration du bilan CO <sub>2</sub>	0,6 à 15,6 millions de francs (16 000 à 390 000 tonnes de CO <sub>2</sub> )		
Économies dues à une réduction du nombre d'accidents	0,7 à 1,3 million de francs		
Coûts en millions de francs	Hors forêt protectrice	En forêt protectrice	Total
Coûts totaux maximum	27	50	77
- Montant maximum des subventions fédérales et cantonales (80 %)	21	40	61
- Montant maximum des coûts pour les propriétaires de forêts/les tiers (20 %)	6	10	16

- Subventions fédérales requises <sup>2</sup> pour l'optimisation de la desserte forestière	8 (nouvelles)	13 (existantes)	21
Résultats du compte des investissements en millions de francs	Scénario E1 (+21 000 m <sup>3</sup> bois)	Scénario E3 (+405 000 m <sup>3</sup> bois)	Scénario E2 (+516 000 m <sup>3</sup> bois)
Valeur actualisée K <sub>0</sub> des coûts	1118	1118	1118
Valeur actualisée E <sub>0</sub> des bénéfices	994	1314	1407
Solde de la valeur actualisée C <sub>0</sub>	-124	+196	+289

La valeur actualisée est positive à partir d'un accroissement de l'exploitation de l'ordre de + 170 000 m<sup>3</sup> de bois. Ce calcul ne tient pas compte des bénéfices qualitatifs.

## Conclusions

On peut déduire des trois approches (économie de l'environnement, qualitative et quantitative) que l'encouragement par les pouvoirs publics de mesures destinées à optimiser la desserte forestière de base aussi bien dans les forêts protectrices qu'en dehors peut en principe être évalué positivement. Par conséquent, une participation de la Confédération aux coûts d'optimisation a dans l'ensemble des effets économiques positifs.

La mise en œuvre d'une optimisation subventionnée de la desserte forestière doit prendre en compte toutes les fonctions forestières ; des mesures complémentaires doivent être prises pour éviter ou au moins minimiser les effets négatifs. Le rapport coût-utilité doit être soigneusement considéré pour chaque projet concret de desserte.

Une desserte forestière améliorée est une condition nécessaire pour atteindre plusieurs objectifs de la Politique forestière 2020, notamment la mise à profit du potentiel d'exploitation durable du bois. À *elle seule*, une desserte forestière optimisée ne permet cependant pas d'atteindre l'objectif. Il faut parallèlement continuer à améliorer les structures et l'efficience des coûts des exploitants de forêt. Les possibilités de production, de vente et d'exportation de l'industrie du bois indigène doivent si possible être améliorées et des produits innovants à base de bois doivent être intégrés dans la production comme dans la vente.

---

<sup>2</sup> Selon estimation séparée de l'OFEV

# 1. Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Die meisten Waldleistungen (Ausnahme z.B. Reservate, welche der natürlichen Entwicklung überlassen werden) benötigen zu ihrer Sicherstellung eine Bewirtschaftung des Waldes. Eine moderne Waldbewirtschaftung ist auf den Zugang zum Wald angewiesen, insbesondere dort, wo Holz genutzt wird. Eine auf die funktionellen Bedürfnisse angepasste Basiserschliessung im Wald (insbesondere lastwagenfahrbare Waldstrassen) ist somit eine Voraussetzung für eine optimale Bereitstellung der gesellschaftlich erwünschten Waldleistungen wie etwa der Schutz vor Naturgefahren, die Erholung oder die teilweise Förderung der Biodiversität (insbesondere Unterhalt von speziellen Biotopen und Kulturformen im Wald). Optimierte Walderschliessungen sind unerlässlich für die vom Bundesrat gewünschte Ausschöpfung des Holznutzungspotenzials und tragen zu einer wirtschaftlichen und leistungsfähigen Waldwirtschaft bei.

Als Folge des vom Parlament beschlossenen Entlastungsprogramms der Bundesfinanzen (EP03) sowie der Neugestaltung des Finanzausgleichs (NFA) musste das Waldgesetz u.a. so angepasst werden, dass Massnahmen im Bereich Walderschliessung vom Bund nur noch im Schutzwald unterstützt werden können. Weiterhin möglich ist die Unterstützung von Erschliessungsvorhaben ausserhalb des Schutzwaldes mittels rückzahlbarer forstlicher Investitionskredite (IK).

Der Bundesrat hat am 14. September 2012 den Massnahmenplan geprüft, mit welchem die Ziele der Waldpolitik 2020 erreicht werden sollen. Dabei ist er zum Schluss gekommen, dass das Waldgesetz in einzelnen Punkten zu ergänzen sei. Damit sollen gezielt Lücken geschlossen werden. Der Bundesrat hat auch Massnahmen für einen besseren Zugang zu den Holzressourcen ausserhalb des Schutzwaldes geprüft. Im Fokus stand dabei die Förderung von Massnahmen zur Optimierung der Waldbasiserschliessung. Auf Basis der übergeordneten forstlichen Planung sollten Massnahmen für die Wiederherstellung (Sicherung Zugang), den Ausbau bezüglich Breite und Tragfähigkeit (Anpassung an den Stand der Technik) sowie den gezielten und punktuellen Neubau von Waldstrassen gefördert werden. Eine Optimierung umfasst aber auch die Stilllegung oder sogar den Rückbau von Waldstrassen, welche in der Regel jedoch keine Kostenfolge für die öffentliche Hand aufweisen. Alternative Holzbringungs- und Holztransportverfahren wie forstliche Seilkrananlagen sind integrative Bestandteile einer Optimierungsplanung und Förderung. Zwar zeigen eine Spezialauswertung des Landesforstinventars und die Meldungen der Kantone einen Anpassungsbedarf der Erschliessungsanlagen ausserhalb des Schutzwaldes, der Bundesrat erachtete jedoch die Förderung von Erschliessungsanlagen ausserhalb des Schutzwaldes nicht als Bundesaufgabe.

Verschiedene politische Vorstösse fordern die Wiedereinführung dieser Bundeshilfe. Ausdruck davon sind die Motion 12.3877 von Siebenthal (eingereicht am 27.09.2012), die parlamentarische Initiative 13.414 von Siebenthal (eingereicht am 21.3.2013), die

Motion 13.3248 Flückiger-Bähni (eingereicht am 22.3.2013) sowie das Postulat 13.3924 Jans (eingereicht am 27.9.2013).

## 1.2 Auftrag

Vor diesem Hintergrund beauftragte die Abteilung Wald des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Anfang Juni 2013 die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften mit der Durchführung einer volkswirtschaftlichen Beurteilung zur Förderung von Walderschliessung in der Schweiz. Mit der vorliegenden Studie wurde eine allfällige Förderung der Waldbasiserschliessung aus umwelt- und ressourcenökonomischer Sicht untersucht.

Die Aufgabenstellung umfasste folgende Punkte:

- (i) Qualitative Beurteilung der grundsätzlichen Notwendigkeit einer Förderung der Waldbasiserschliessung aus ökonomischer Sicht.
- (ii) Qualitative Beurteilung von positiven und negativen Effekten einer Förderung, die nicht quantifizierbar sind.
- (iii) Quantitative Ermittlung und Gegenüberstellung von volkswirtschaftlichen Kosten sowie Nutzen der Förderung der Waldbasiserschliessung.  
Dies beinhaltet neben sich verändernden Holzernte-, Bringungs- und Transportkosten, ein Nutzen durch verbesserte Arbeitssicherheit dank moderner und sicherer Arbeitsverfahren sowie ein Nutzeneffekt durch eine verbesserte CO<sub>2</sub>-Bilanz.
- (iv) Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen in Form einer dynamischen Investitionsrechnung.
- (v) Folgerungen und Empfehlungen formulieren, insbesondere begründete Vorschläge für konkrete Massnahmen.

## 2. Methodik

### 2.1 Vorhandene Grundlagen und Literatur

Um vorrangig an repräsentative Daten zu gelangen, wurden je nach Bedarf verschiedene Quellen verwendet. Zum einen wurden Landesforstinventar- und Testbetriebsnetzdaten genutzt, zum anderen Daten konkret bei Forst- und Transportunternehmern sowie bei der Suva nachgefragt. Bei allfälligen Unstimmigkeiten wurden Experten direkt zu Rate gezogen oder Durchschnittswerte selbst ermittelt.

Der theoretische, umweltökonomische und der qualitative Teil der Studie beruhen vorwiegend auf Literaturstellen, der quantitative Teil basiert auf den Grundlagen des Dynamischen Holzmarktmodells (Bürgi et al. 2009a).

### 2.2 Umweltökonomische Analyse

Die Umweltökonomische Analyse ist in zwei Teile gegliedert.

Für den **ersten Teil** wurde eine deduktive Herangehensweise gewählt. Zuerst wurden die Ökosystemleistungen des Waldes mit den Begrifflichkeiten des Millennium Ecosystem Assessments (2005) allgemein präsentiert und anhand des theoretischen Gerüsts der Gütertheorie kategorisiert. Danach wurde in Anlehnung an die Wohlfahrtsökonomie speziell das Problem von Marktversagen bei der Bereitstellung von Waldstrassen analysiert. Waldstrassen stellen häufig eine Voraussetzung für die Bereitstellung von gesellschaftlich wichtigen Ökosystemleistungen dar.

In einem **zweiten Teil** der umweltökonomischen Analyse werden drei Möglichkeiten der staatlichen Intervention zur Förderung der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotentials vorgestellt. Für die Untersuchung der Interventionen wurde ein Fragenraster entwickelt, mit dem verschiedene Aspekte beleuchtet und verglichen werden können. Das Fragenraster wurde für diesen Bericht entwickelt und enthält Elemente, die häufig für die Beurteilung von Instrumenten herangezogen werden (vgl. Perman et al. 2003; Endres 2013; Sterner 2003).

### 2.3 Qualitative Auswertung

Der Wald erbringt Leistungen und Funktionen, welche oft den Charakter von öffentlichen Gütern haben. Einige dieser Faktoren können nur schwer quantitativ beziffert werden. Grund dafür ist insbesondere die Tatsache, dass viele der Leistungen keinen Preis haben und somit auf den Märkten nicht gehandelt werden (externe Effekte). Es existieren zwar anerkannte Methoden zur monetären Bewertung solcher Leistungen, diese sind aber sehr aufwändig und oft mit grossen Unsicherheiten behaftet. Ebenfalls erschweren komplexe Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Waldfunktionen sowie teilweise bereits bestehende Subventionierungsprogramme für einzelne Teilleistungen die Quantifizierung. Nichtsdestotrotz dürfen diese

verschiedenen Faktoren für eine ganzheitliche Kosten-Nutzen-Analyse nicht vernachlässigt werden. Deshalb wird in der qualitativen Analyse aufgezeigt, welche positiven und negativen Effekte (Vor- und Nachteile) eine mögliche Förderung der Walderschliessung auf verschiedene Bereiche zu erwarten sind, ohne diese zu quantifizieren.

Das Aufzeigen der unterschiedlichen Effekte erfolgte gestützt auf eine Literaturrecherche und Überlegungen allgemeiner Art. Beim Bereich Arbeitssicherheit konnte basierend auf einer früheren Studie (Ammann et al. 2002) zusätzlich eine vereinfachte Hochrechnung der Unfallkosten vorgenommen werden. Die Auswahl der qualitativen Variablen erfolgte gutachterlich in Rücksprache mit dem Auftraggeber. Dabei wurden jene Umweltfaktoren ausgewählt, welche mutmasslich von der Walderschliessung betroffen sind und auf welche gewichtige Auswirkungen zu erwarten sind.

Es handelt sich um folgende Bereiche:

- Umgang mit Störungseignissen biotischer und abiotischer Art
- Auswirkungen auf die Arbeitssicherheit
- Effekte auf den Biotopt- und Artenschutz
- Treibhausgaseffekte und Anpassung der Wälder an den prognostizierten Klimawandel
- Auswirkungen auf Zugangswirkung / Mehrfachnutzungen allgemeiner Art
- Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten

## 2.4 Quantitative Auswertung

Um eine Kosten-Nutzen-Analyse durchführen zu können, sind quantitative Aussagen eine zwingende Voraussetzung. Für die volkswirtschaftliche Beurteilung zur Förderung der Walderschliessung wurden verschiedene Kriterien festgelegt. Diese wurden unter Einbeziehung einschlägiger Literatur (z.B. Dietz et al. 1984) und nach Absprache mit dem Auftraggeber ausgewählt. In der folgenden Übersicht wird kurz dargestellt, welche Aspekte quantitativ bewertet werden können und weshalb diese Auswahl getroffen wurde.

- **Holzernte-und Transportkosten**

Ein besserer Zugang zu den Einsatzflächen erlaubt den Einsatz anderer, effektiverer Forsttechnik, was zu einer Senkung dieser Holzerntekosten führen kann. Veränderte Traglasten und geringere Fahrtstrecken bewirken Kostenänderungen beim Holztransport.

- **Einschlagsverhalten**

Eine Veränderung der nutzbaren Holzerntetechnik beeinflusst die Holzerntekosten bzw. den Deckungsbeitrag und bewirkt somit ein geändertes Einschlagsverhalten der Waldeigentümer. Die Höhe der Einschlagsänderung wird über drei Ansätze abgeleitet und stellt eine wichtige Grösse in der Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung dar (vgl.

Abb. 1).

- **Auswirkungen einer veränderten Einschlagsmenge**

- **Maschinenpark:** es ist davon auszugehen, dass sich die Holzerntetechnik im Zuge erhöhter Traglastklassen anpassen wird.
- **Arbeitsplätze:** Hierbei gilt zu klären, welche Auswirkungen sich bei gesteigerten Holzmengen ergeben können. Zum einen ist die Waldwirtschaft betroffen, zum anderen ergibt sich auch eine neue Situation in der nachgelagerten Holzindustrie.
- **Arbeitssicherheit:** Im Zuge einer gesteigerten Hiebsmenge ist einerseits davon auszugehen, dass sich die Unfallzahl erhöhen, andererseits aber aufgrund verbesserter Arbeitstechnik und modernen Maschinen auch ein rückläufiger Trend auftritt.
- **CO<sub>2</sub>-Emissionen:** Eine veränderte Holznutzungsquote hat eine unmittelbare Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Daneben werden auch Reduktionen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen durch einen verbesserten Holztransport miteinbezogen.

- **Kosten der Förderung der Walderschliessung**

Die Förderkosten der Walderschliessung ergeben sich direkt aus der Bedarfsschätzung BAFU (2009).

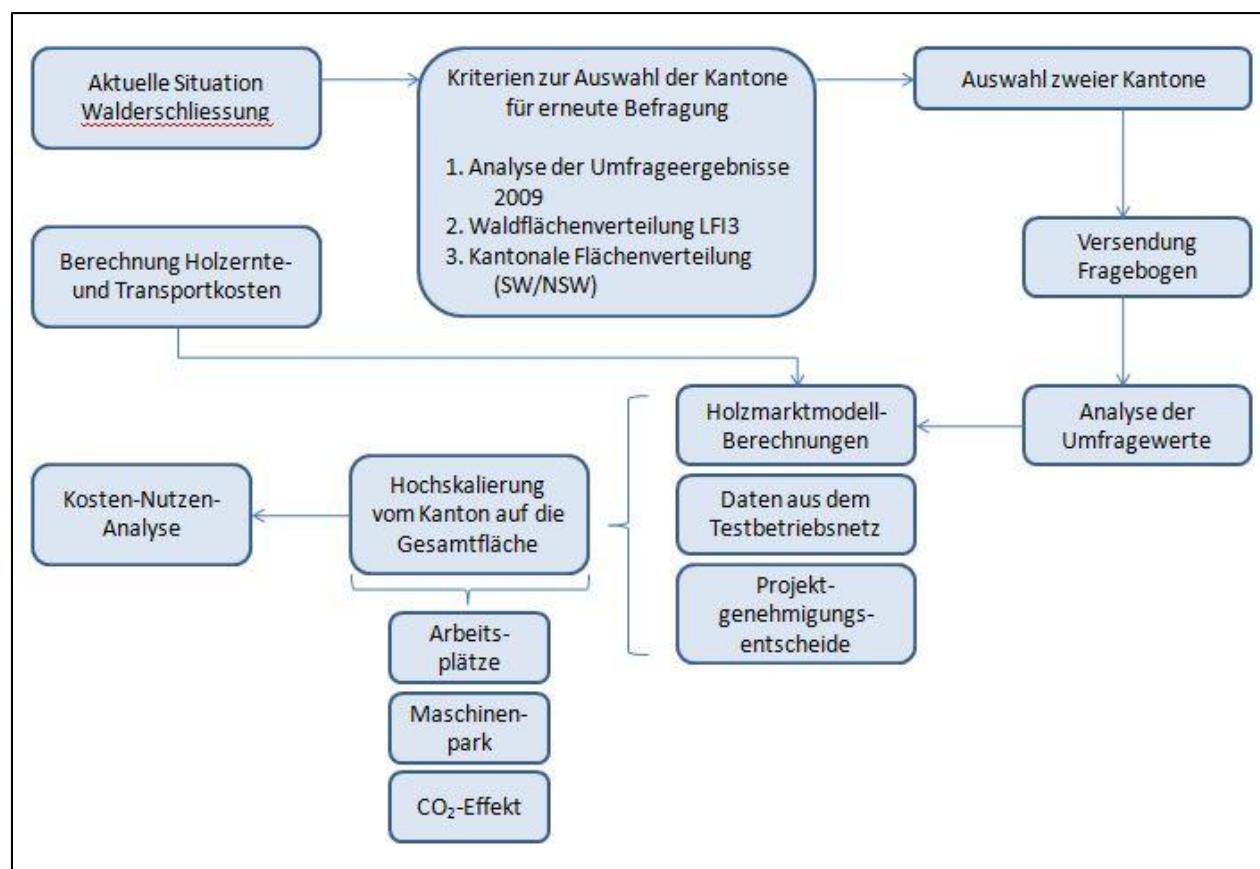


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen der quantitativen Betrachtungsweise im Überblick

## **2.4.1 Datenerhebung**

Im Jahre 2009 ermittelte das BAFU im Rahmen einer Umfrage bei den Kantonen den finanziellen, Schweizweiten Bedarf, der pro Kanton als Investition in die Walderschliessung für die nächsten zehn Jahre als nötig erachtet wird. Zudem wurde der aktuelle Stand der Walderschliessung in Laufmetern erfragt, wobei nicht von allen Kantonen eine Rückmeldung gemacht wurde.

Im Sommer 2013 wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine zusätzliche Datenerhebung durchgeführt. Die Daten wurden zielgerichtet in einer schriftlichen Befragung (dreiseitiger Fragebogen; vgl. Anhang A1/A2) bei den zuständigen, kantonalen Fachstellen erhoben. Daran anschliessend erfolgte eine persönliche Befragung zu den Hintergründen und offenen Punkten. Zusätzlich wurden in den für die Datenerhebung ausgewählten Kantonen Projektgenehmigungsentscheide der zurückliegenden fünf Jahre geprüft.

## **Ziele der Datenerhebung**

- (i) Aktuelle und lückenlose Datengrundlage für zwei ausgesuchte Beispielkantone
- (ii) Angaben über die entstandenen (letzten fünf Jahre) und voraussichtlich anfallenden (nächsten zehn Jahre) Projektkosten für Aus- und Neubau sowie Wiederherstellung nach Naturereignissen zu erhalten. Jeweils getrennt nach Schutzwald und Nicht-Schutzwald.
- (iii) Unter den in (ii) genannten Rahmenbedingungen Angaben mit Bezug zur Waldfäche (ha), zur Streckenlänge (m), zum stehenden Vorrat (fm), zum jährlichen Einschlag (fm) und zum Zuwachs (fm) zu ermitteln.
- (iv) Erfragung des Strassenbestandes (m), aufgeteilt auf Traglastklassen und Schutzwald sowie Nicht-Schutzwald; zusätzlich angestrebte Veränderung der maximalen Strassentraglasten durch Ausbaumassnahmen.
- (v) Die Daten werden zum einen für die Abschätzung der zukünftigen Holzernteverfahren, zum anderen für eine beispielhafte Kosten-Nutzen-darstellung verwendet.

## **Auswahl der Kantone**

Vor der Phase der Datenerhebung wurden mittels eines Ausschlussprinzips die Kantone ermittelt, welche für eine erneute Befragung quantitativer Kriterien geeignet erscheinen. Hinsichtlich der Betrachtung der Erschliessungssituation sowohl im Schutzwald als auch im Nichtschutzwald erschien es sinnvoll, Kantone auszuwählen, die in beiden Kategorien eine ähnliche Flächenverteilung (50/50) aufweisen. Aufgrund dieser Herangehensweise kommen insbesondere die beiden Kantone Graubünden und Bern in Frage. Die zwei Kantone zeigen eine Flächenausscheidung ähnlich der gesamtschweizerischen Waldverteilung (Losey und Wehrli 2013).

Ein wichtiger Aspekt war zudem die Tatsache, dass die Kantone selbst über einen hohen Anteil an Wald verfügen sollten.

Im Vergleich zur Gesamtschweiz weisen Graubünden und Bern mit 15,7 und 14,2 Prozent (nach WSL 2010c) mit Abstand die grössten Waldflächenanteile auf (vgl. Abb. 2) und eigneten sich aus diesem Grund für die erneute Befragung.

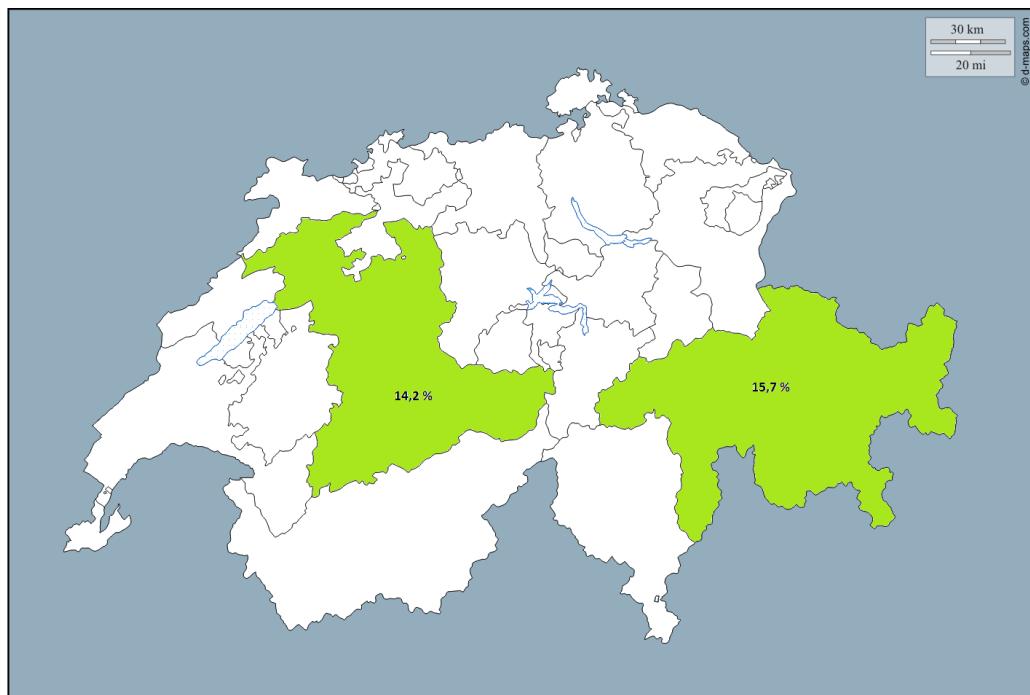


Abbildung 2: Anteil der Waldfläche an der gesamtschweizerischen Waldfläche. Grafik verändert nach [www.d-maps.com](http://www.d-maps.com) o.J.; Datenquelle: WSL (2010c)

Als drittes Ausschlusskriterium fiel die Analyse der Umfrage vom BAFU (2009) bzgl. Tonnagen und Jahresbedarf an Fördermitteln ins Gewicht. Stellt man die kantonal erschlossene Waldfläche der jeweiligen Kostenschätzung des Zehnjahresbedarfs pro Hektar (vgl. Abb. 3) gegenüber, so fällt auf, dass einzelne Schätzwerte (in Prozent) über dem Schweizweiten Durchschnitt liegen, die meisten Werte sich aber darunter befinden. Dem identisch verhält sich die zu finanzierte Wegstrecke gegenüber der Kostenschätzung pro Laufmeter über die nächsten zehn Jahre (vgl. Abb. 4).

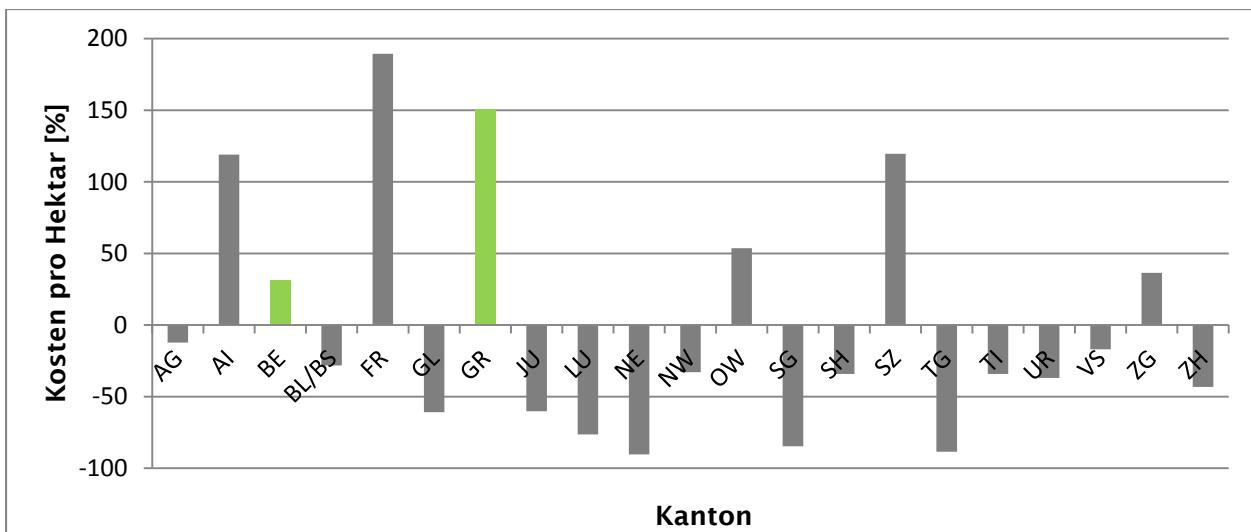


Abbildung 3: Gegenüberstellung von erschlossener Waldfläche und kantonaler Kostenschätzung des Zehnjahresbedarfs pro Hektar laut Umfrage zur Walderschliessung nach BAFU (2009)

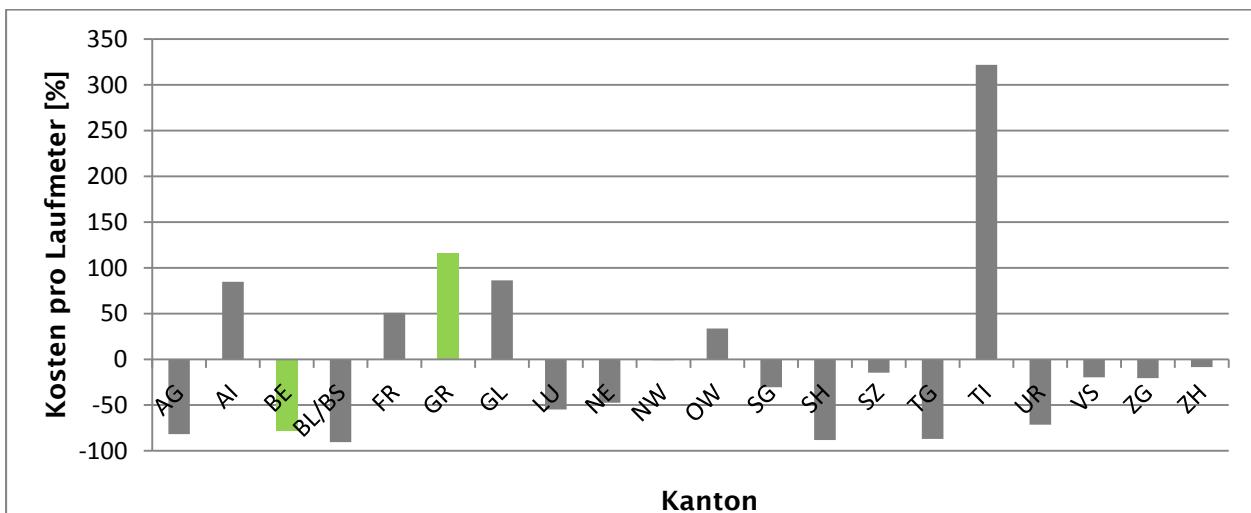


Abbildung 4: Gegenüberstellung von zu finanzierender Wegstrecke und kantonaler Kostenschätzung des Zehnjahresbedarfs pro Laufmeter laut Umfrage zur Walderschliessung nach BAFU (2009)

Für eine Auswertung des Datensatzes hinsichtlich einer Kosten-Nutzen-Analyse wäre die Verfügbarkeit von GIS-Daten von Vorteil. Die Umfrage im Jahr 2009 ergab, dass zwölf Kantone ihre Daten im GIS-Format vorliegen haben, darunter auch Graubünden. Neun Kantone verfügen nicht über derartige Datensätze, die restlichen Kantone haben dazu keine Aussage getroffen.

Aufgrund der grossen Unterschiede bei Qualität und Quantität von GIS-nutzbaren Datengrundlagen wurde im Laufe der Studie entschieden, auf eine GIS-gestützte Analyse zu verzichten.

## **Vorgehen bei der Befragung**

Die Befragung der beiden Kantone erfolgte schriftlich in Form eines Fragebogens. Der bereits mit den Resultaten ausgefüllte Bogen ist im Anhang zu finden (vgl. Anhang A1/A2). Genutzt wurden vorwiegend geschlossene Fragen, welche mit kantonspezifischen Zahlen ergänzt werden mussten. Die Umfrage gliedert sich in drei Bereiche, wobei anfänglich verwaltungstechnische Angaben gefordert werden, anschliessend geht es um Schätzungen für die Zukunft und abschliessend werden rückblickende Angaben erfragt.

Die entsprechenden Empfänger wurden von den Autoren der Erstbefragung (BAFU) 2009 vorinformiert und bekamen im Nachgang den neuen Fragebogen zugeschickt. Für Unklarheiten seitens der Befragten wurde telefonischer Support geboten.

Die Befragten konnten in einem gewissen Rahmen selbst entscheiden, bis wann sie Rückmeldung erstatteten. An diesem Stichtag wurden in einer gemeinsamen Gesprächsrunde offene Fragen geklärt.

In einem offenen Dialog wurden vor Ort bei den Kantonsvertretern Herrn Andreas Meier (GR) sowie Herrn Walter Beer und Herrn Johann Kurtz (BE) die genannten Zahlen erörtert und etwaige Unklarheiten beseitigt.

## **Rücklauf**

Aus dem Kanton Bern konnten aufgrund mehrmaliger Treffen vor Ort fundierte Daten bzgl. der Förderungen im Zeitraum 2009 bis Mitte 2013 geliefert werden. Der Zehnjahresbedarf wurde gutachterlich geschätzt und die Daten aus der Umfrage 2009 (BAFU 2009) angepasst. Angaben zu Strassentraglasten konnten nicht getätigter werden, da dem Kanton hierfür eine detaillierte Auflistung nicht zur Verfügung steht und eine Schweizweite Ausscheidung nach Traglastklassen erst im LFI4 erhoben wird (Brändli 2013).

Aus Graubünden wurden alle im Fragebogen 2013 erforderlichen Daten zur Walderschliessung vorgelegt.

### **2.4.2 Veränderung der Holzeinschlagsmenge**

Laut statistischen Berechnungen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI2/LFI3) liegt der geglättete Trend (1993-2004) beim Holzeinschlag bei rund 5.81 Millionen Festmetern (WSL 2010a). Aufgrund von Verkaufseinheiten und Deklaration bei diversen Holzernteverfahren wird lediglich das Schaftderholz ohne Rinde und ohne Stock betrachtet.

#### **2.4.2.1 Herleitung der Veränderung der holzerntekostenfreien Erlöse**

Die Berechnung der holzerntekostenfreien Erlöse beruht auf den beiden Komponenten Holzernte- und Transportkosten. Diese werden in den folgenden beiden Kapiteln näher erläutert und anschliessend kurz zusammengefasst.

#### **2.4.2.1.1 Veränderung Holzerntekosten**

Holzerntekosten sind definiert als diejenigen Kosten, die in der Waldwirtschaft beim Fällen, Aufarbeiten und Rücken frei Waldstrasse pro Erntefestmeter anfallen. Sie dienen dazu, die Deckungsbeiträge aus Holzerntemassnahmen zu kalkulieren und werden von verschiedenen Parametern wie beispielsweise mittlerer Brusthöhendurchmesser, Holzerntetechnik, Baumart und Topographie beeinflusst.

Die Herleitung der durchschnittlichen Schweizweiten Holzerntekosten stützt sich einerseits auf die entsprechenden Angaben aus dem Testbetriebsnetz, andererseits wird die Verteilung der eingesetzten Ernteverfahren, dokumentiert im Landesforstinventar LFI3 (WSL 2010a), als Ausgangsgröße genommen, um die Veränderung zu prognostizieren, die bedingt ist durch Förderung bzw. Verbesserung der Walderschliessung. Die verfahrenstypischen Erntekosten wurden des Weiteren mit Literaturquellen (z.B. Weber et al. 2004; Attenhofer 2011) und Angaben von Unternehmern (Bruder 2013; Hug 2013; Candinas 2013; Hitz 2013) abgeglichen.

Von Bedeutung ist an dieser Stelle der Hinweis, dass vor allem die Veränderung der Holzerntekosten als wichtige Stellgröße zu verstehen ist; es geht nicht darum, die absolute Höhe der Erntekosten vorherzusagen.

#### **2.4.2.1.2 Auswirkungen auf die Transportkosten**

Bei den Transportkosten wird in zwei verschiedene Fahrabschnitte unterteilt. Der erste Teil der zurückgelegten Strecke betrifft den Transport vom Fäll- bzw. Anlandeort (etwa bei Seilkraeneinsätzen) zum Lagerort/Polter, beim zweiten Teil handelt es sich um den Holztransport vom Holzpolter zum Abnehmer (Sägewerk etc.).

Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die grösste Strecke des Gesamttransporates ab Lagerplatz zurückgelegt wird, dies etwa Dreiviertel der Gesamtlänge ausmacht und sich die Kosten für den Transport auf den öffentlichen Strassen durch Fördermassen im Bereich der Waldstrassen sich nicht ändern. Durch höhere Traglasten können Holz-LKWs Polter direkt anfahren, zeit- und kostenintensiver Vortransport des Holzes („shutteln“) kann vermieden bzw. reduziert werden und der Einsatz moderner Logistik-Konzepte wird befördert.

Basis für die Prognose der zu erwartenden Änderung der Transportkosten bilden Zahlen, die aus dem Testbetriebsnetz verfügbar sind (Waldwirtschaft Schweiz 2013). Diese liegen auch in einer regionalen Aufteilung vor. Anhand der Förderbescheide der vergangenen fünf Jahre konnte die über Neuerschliessungen bzw. Ausbaumassnahmen betroffene Fläche bzw. Holzerntemenge ermittelt und auch für die Zukunft abgeleitet werden. Gewogen um die je Region gelieferte Holzmenge kann folglich eine Aussage zu diesen Kosten auf Basis Gesamtschweiz errechnet werden.

Beide prognostizierten Kostenveränderungen, Absenkung der Holzerntekosten und Verringerung der Transportkosten werden für die nachfolgenden Betrachtung zur Einschlagsmenge zu einem Wert aufsummiert. Der summierte Wert entspricht also streng genommen nicht exakt einem erntekostenfreien Erlös frei Waldstrasse, da auch

eine Transportkostenkomponente enthalten ist. Da die Marktwirkung beider Kostenabsenkungen aber in die gleiche Richtung geht, ist diese Aggregation legitim.

#### **2.4.2.2 Herleitung der veränderten Einschlagsmenge**

Auf Basis der hergeleiteten Kostenänderung ist davon auszugehen, dass sich die von den Waldbesitzern eingeschlagene und angebotene Holzmenge ändern wird. Diese zu erwartende Änderung im Einschlagsverhalten wird mit drei Herangehensweisen abgeschätzt.

##### **2.4.2.2.1 Abschätzung mit Hilfe des Holzmarktmodells**

Als eine erste mögliche Methode zur Berechnung von Mehrmengenänderungen im Holzeinschlag steht das Dynamische Holzmarktmodell zur Verfügung. Dieses Modell wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt und des Bundesamts für Energie speziell dafür entwickelt, um die Möglichkeiten der Entwicklung des Schweizer Holzmarktes bezüglich Angebot und Nachfrage zukünftig besser abschätzen zu können (Bürgi et al. 2009b).

Modellbasis stellt das Jahr 2005 dar, der Modellierungszeitraum beträgt zwanzig Jahre (bis 2025). Integriert in die Berechnungen sind sowohl diverse Holzquellen als auch potenzielle Überschneidungen von energetischer und stofflicher Holznutzung. Das Holzmarktmodell schätzt das Marktgleichgewicht auf Basis angebots- und nachfrageintensiver Einflussparameter des Schweizer Rohholzmarktes (Bürgi et al. 2009b).

Für die vorliegende Untersuchung waren also zunächst die im Modell vorgegebenen, veränderbaren Eingabeveriablen auf Plausibilität zu prüfen, um anschliessend die förderbedingte, vorhergesagte Veränderung in den Holzerntekosten als entscheidende Hauptvariable anzupassen.

##### **2.4.2.2.2 Abschätzung mit Hilfe der singulär betrachteten Angebotsseite**

Die zweite Mengenschätzung basiert wiederum auf dem Dynamischen Holzmarktmodell, allerdings wird nun das Verhalten der Angebotsseite (Einschlagsverhalten) separiert und unabhängig von der Nachfragewirkung des Holzmarktes betrachtet.

Betrachtet man nur die Angebotsseite mit den Determinanten Holzpreis, Holzerntekosten und nicht kompensierbaren Kalamitäten, so könnten sich bei einer Erntekostenelastizität von -0.73% (Bürgi et al. 2009b) Mehrmengen beim Holzeinschlag ergeben. Dies bedeutet, dass ein Anstieg der Erntekosten um ein Prozent zu einer relativen Mengenänderung von -0.73% führt (Bürgi et al. 2009a).

##### **2.4.2.2.3 Abschätzung mit Hilfe des tatsächlichen Marktverhaltens**

Während die beiden zuvor dargelegten Berechnungsmethoden rein modellgestützt sind, so kann anhand des tatsächlichen Marktverhaltens der vergangenen Jahre ebenfalls eine Mengenschätzung erarbeitet werden. Basis hierfür ist die gemeldete/gelieferte Einschlagsmenge, getrennt für öffentliche und private

Waldbesitzer. Zusätzlich geht der Deckungsbeitrag (holzerntekostenfreie Erlös) in die Betrachtung ein, welcher als beeinflussende Größe gesehen werden kann. Die Marktbewegung war von 2007 bis 2012 recht markant und gleichlaufend, sodass sich mit diesem Zeitraum aus der jüngsten Vergangenheit eine weitere Aussage ableiten lässt.

Aus der prognostizierten Änderung des Deckungsbeitrages kann anhand der tatsächlichen, beobachteten Mengensensitivität eine denkbare Liefermenge für sowohl privaten wie öffentlichen Wald abgeleitet werden (siehe Abb. 5). Pro Franken Veränderung im Deckungsbeitrag kann also für jede Besitzkategorie eine entsprechende Einschlagsänderung errechnet werden, welche dann zu einem Gesamtwert summiert wird.

Sowohl die Einschlagszahlen 2008-2012 des öffentlichen und privaten Waldbesitzes als auch die Zahlen zum Deckungsbeitrag entstammen dem Bundesamt für Statistik (BFS 2013a) und dem Testbetriebsnetz (Waldwirtschaft Schweiz 2013).

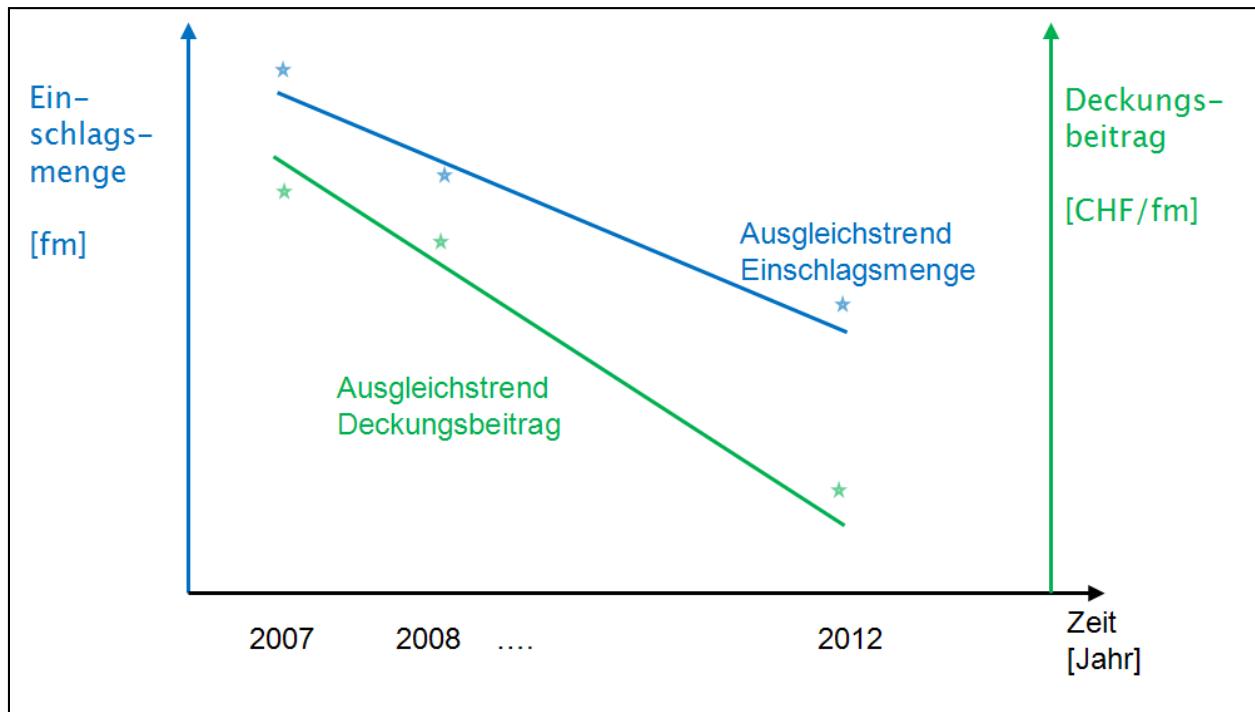


Abbildung 5: Prinzipdarstellung zur beobachteten Einschlagsänderung bei (hier) sinkenden Deckungsbeiträgen.

### Exkurs:

Um bessere Aussagen über die doch eher unbekannte Komponente Privatwald machen zu können, wurde im Herbst 2013 im Rahmen einer studentischen Arbeit<sup>3</sup> eine postalische Umfrage an Privatwaldeigentümer des Kantons Bern versendet. Für die Auswertung im Zuge dieser volkswirtschaftlichen Studie geht es vor allem darum, das Verhalten der Privatwaldbesitzer bzgl. Erschliessung besser einschätzen zu können. Die Fragen bezogen sich hauptsächlich auf die Erschliessungssituation der Waldparzellen

<sup>3</sup>Masterarbeit von Frau A. Dittgen, unveröffentlicht.

und die Nutzung des eigenen Waldes. Die Stichprobe umfasste 933 Waldeigentümer und die Rücklaufquote belief sich auf 40.5%.

### **2.4.3 Auswirkungen der veränderten Einschlagsmenge**

Ein veränderter Schweizer Holzeinschlag wirkt sich unmittelbar auf den benötigen **Maschinenpark** zur Holzernte und für den Holztransport aus, ebenso ergeben sich Veränderungen in der **Unfallstatistik**, bei der Zahl der **Arbeitsplätze** in der Wald- und Holzwirtschaft sowie im Transportwesen.

Für die beiden letzten Größen gelingen die Quantifizierungen recht einfach, da verifiziert durch Expertenbefragungen bei Schweizer Unternehmen (Bruder 2013; Hug 2013; Candinas 2013; Hitz 2013) Größenordnungen zur Auslastung der üblichen Maschinen und zur Zahl der eingesetzten Arbeitskräfte vorliegen (etwa: eine Maschine benötigt zur Jahresauslastung eine Einschlagsmenge x). Für die Herleitung wurde stets von einer Vollauslastung der Maschinen ausgegangen. Die Berechnung berücksichtigt dabei sowohl die prognostizierte Veränderung in der Holzerntetechnik als auch die Veränderung der Einschlagsmengen.

Eine monetäre Abschätzung der Kosteneinsparung durch sinkende Unfallzahlen muss hier auf zwei unterschiedliche Teilespekte aufgeteilt werden: Unfallzahlen durch Änderung der Holzerntetechnik sowie durch geerntete Mehrmengen entstandene Unfälle. Zur quantitativen Betrachtung wird von folgender Ausgangslage ausgegangen:

- Kosten pro Unfall (direkt und indirekt, inkl. Todesfall): CHF 25'000 (Suva 2005; Ammann et al. 2002)
- Motormanuelle Holzernte: 1 Unfall je 8'959 fm (Sohns 2011)
- Vollmechanisierte Holzernte: 1 Unfall je 152'756 fm (Sohns 2011)

Für die zusätzlichen Erntefestmeter aus den Szenarien E1, E2 und E3 kann eine Unfallzahl berechnet werden, die sich aus einer entsprechenden Verteilung auf motormanuelle, teil- und vollmechanisierten Verfahren ergibt (Abschätzung über die Anteile an der Bringung mit geänderter Technik). Grundsätzlich bedingt ein höherer Einschlag aber höhere Unfallzahlen.

Die Holzerntetechnik ändert sich nicht per se von einem motormanuellen zu einem vollmechanisierten Verfahren, wofür Ausgangszahlen bereit stehen. Für die insbesondere im Gebirge bedeutsamen teilmechanisierten Verfahren kann eine Unfallquote anhand der Anzahl der Berufsunfälle nach Art der Tätigkeit angeschätzt werden (Suva 2005). Hieraus ergibt sich ein Arbeitsunfall pro 18'000 fm.

Des Weiteren wurden für die unterschiedlichen Bringungstechniken Prozentquoten bzgl. motormanueller, teil- und vollmechanischer Holzernte abgeschätzt. Zum einen für die aktuelle Situation, zum anderen für die veränderte Situation nach vollzogener Förderung.

### **CO<sub>2</sub>-Einsparungen**

Unter dem Aspekt des Klimawandels ist eine Betrachtung des Treibhausgases CO<sub>2</sub> von Bedeutung bzw. die zu erwartende Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz, bedingt durch die

förderungsbedingte Veränderung in der Walderschliessung. Drei Gesichtspunkte sind in der Studie integriert:

Im **ersten Ansatz** wird erfasst, wie sich die Mehrnutzung von Holz auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirkt. Wie in zahlreichen Publikationen (z.B. Walz et al. 2010; Taverna et al. 2007; Schulz und Klein 2011) dargestellt, ergibt sich die CO<sub>2</sub>-Relevanz einer Holznutzung aus der längeren Kohlenstoffspeicherung in entsprechenden holzbasierten Produkten gegenüber einer ungenutzten Waldsituation, zum anderen ergibt sie sich aus dem Substitutionseffekt, wo energieintensive Produkte durch holzbasierte Produkte bzw. in einer energetischen Nutzung fossile Energieträger durch Holz ersetzt werden. Zur Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Einsparungsäquivalents pro Festmeter wurden Zahlen aus der Literatur gesichtet (Klein und Schulz 2012) und ein plausibler, aber konservativer Durchschnittswert von 750kg CO<sub>2</sub>-Vermeidung pro zusätzlich geerntetem Festmeter Holz angesetzt.

Der **zweite Ansatz** beruht auf der Annahme, dass bei der Veränderung bzw. Optimierung der Transportwege rund fünf Fahrtkilometer pro Fuhré eingespart werden. Bei einem Verbrauch von 77 l Diesel-Treibstoff pro hundert Kilometer (Holzleitner et al. 2011) könnte eine gewisse Menge an Diesel eingespart werden. Diese wiederum wird zur Berechnung der verminderten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Transport mit der Äquivalente von 2,65 kg CO<sub>2</sub> = 1 l Diesel multipliziert.

Es ergibt sich in Folge dessen eine Entlastung durch insgesamt weniger gefahrene Kilometer, somit durch weniger verbrauchte fossile Energie wie Dieseltreibstoff.

Die Berechnung nutzt in der Literatur angegebene Verbrauchswerte (z.B. Holzleitner et al. 2011; Obkircher et al. 2013), die Veränderung der gefahrenen Kilometer ist identisch zur Herleitung der Effekte auf die Transportkosten, nur dass hier eine streckenbezogene Darstellung gewählt ist.

In einem **dritten Ansatz** lassen sich die durch eine Förderung veränderten CO<sub>2</sub>-Emissionsmengen auch monetär bewerten. Die Herausforderung liegt allerdings darin, eine vertretbare Größenordnung für die Kosten pro Tonne CO<sub>2</sub> zu finden. Es ergeben sich zunächst als Quelle jene Preise, die im CO<sub>2</sub>-Zertifikatshandel an den ausgewiesenen Handelsplätzen aktuell tatsächlich gezahlt werden. An der europäische Plattform European Energy Exchange (EEX 2014) Leipzig wurde so z.B. am 17.6.2014 der Preis pro Tonne zu € 5.55 gefixt, bei einem (aktuellen) Wechselkurs von 1.218 CHF/€ entspricht dies somit CHF 6.76. Die jüngste Versteigerung von Emissionsrechten in der Schweiz durch das BAFU im Mai 2014 ergab einen Preis von etwas über 40 Franken (Burkhardt 2014).

Andererseits ist es denkbar, jene Kosten zu betrachten, die aktuell bei Vermeidungskostenberechnungen für die Vermeidung von einer Tonne CO<sub>2</sub> angesetzt werden. Der entsprechende Kostensatz liegt deutlich höher als die aktuell börsenerzielbare Preise pro Tonne CO<sub>2</sub>. Die Größenordnung liegt bei rund 100 € bzw. deutlich über CHF 100 (z.B. Krey und Weinreich 2000; Adensam et al. 2002; Sturm und Vogt 2011).

Für die durchgeführte Kalkulation wurde ein Satz von CHF 40 angesetzt, welcher zwar in der Schweiz aktuell schon erzielt wird (Burkhardt 2014), sich aber deutlich über dem europäischen Preis befindet (EEX 2014).

Um die Sensitivität aufzuzeigen, wurde zudem mit weiteren CO<sub>2</sub>-Preissätzen kalkuliert: als unterster Wert wurde dabei der schon genannte aktuelle europäische EEX-Betrag von CHF 6.76, dann der schon erwähnte Betrag von CHF 40 sowie ein Wert von CHF 50 pro Tonne CO<sub>2</sub> angesetzt (EEX 2014).

#### 2.4.4 Kosten- bzw. Aufwandbetrachtung

Für eine Betrachtung des Aufwandes sind prinzipiell zwei Ansätze möglich: Die Befragung des BAFU (2009) ermittelte die kantonalen Bedürfnisse getrennt für Neubau, Ausbau und Wiederinstandstellung separiert für Schutzwald- und Nichtschutzwaldflächen und stellt eine solide, die gesamte Schweiz umfassende Basis dar. Die erfassten Kostenschätzungen enthält die Höhe der entsprechenden Investitionskosten in vollem Umfang für einen Betrachtungszeitraum von zehn Jahren. Die für diese Studie durchgeführte begleitende Befragung umfasst hingegen nur die Kantone Bern und Graubünden, bietet aber Anknüpfungspunkte durch den dort zusätzlich hergestellten Bezug zur erschlossenen bzw. betroffenen Waldfläche und dem entsprechenden Holzeinschlag für die Herleitung der Ernte- und Transportkosteneffekte. Da sich aus den zwei Kantonen schwer auf die Gesamtschweiz hochskalieren lässt, werden für die Gegenüberstellung die Kostenangaben der BAFU-Befragung 2009 herangezogen.

#### 2.4.5 Dynamische Betrachtung der Kosten- und Nutzenseite

Die betrachteten Fördermassnahmen haben eine längerfristige Wirkung am Waldwegenetz. Insofern ist es sinnvoll, über eine dynamische Investitionsrechnung eine mögliche Vorteilhaftigkeit zu analysieren. Dazu wird ein Barwert (*net present value*, Kapitalbarwert C<sub>0</sub>, Vorwert von Kosten und Erlöse) ermittelt, über den die zu unterschiedlichen Zeiten anfallenden Kosten- und Nutzenströme zusammengeführt werden. Ein positiver Kapitalwert spräche für eine Durchführung der Förderung. Die Rechenmethode ist hinlänglich bekannt, beschrieben wurde sie z.B. von Kroth (1973):

$$C_0 = E_0 - K_0$$

$$E_0 = \sum_{t=1}^n \frac{e}{1.0p^t}$$

$$K_0 = \sum_{t=1}^n \frac{k}{1.0p^t}$$

C <sub>0</sub>	=	Kapitalwert der Investition
E <sub>0</sub>	=	Vorwert der Erträge
K <sub>0</sub>	=	Vorwert der Kosten
e	=	Jahresertrag
n	=	Betrachtungsdauer
t	=	Zeitpunkt
k	=	Jahreskosten

$$p = \text{Kapitalzinsfuss } (1 + \frac{p}{100} \text{ entspricht } 1.0 p)$$

Für die Berechnung sind mehrere Annahmen zu treffen:

### **1. Zins, Betrachtungsdauer, Restwerte**

Für die Kalkulation werden ein Zinsfuss von zwei Prozent und ein Betrachtungszeitraum von 40 Jahren gewählt.

Die im Jahr 2009 (BAFU) erhobenen Zahlen zum Förderbedarf werden nicht aufgezinst in die Berechnung aufgenommen, da anzunehmen ist, dass in der Bedarfsschätzung der Zeiteffekt in ausreichendem Masse berücksichtigt wurde.

Nach Ablauf der 40-jährigen Betrachtung wird kein kalkulatorischer Restwert für die Forststrassen angesetzt, dies ist analog zum Vorgehen nach Kroth (1973).

### **2. Dauer der Kostenströme**

Für Neu- und Ausbau wird eine Förderdauer von zehn Jahren angesetzt, was der Befragung nach BAFU (2009) entspricht. Um den Wegebestand ab Ende der zehnjährigen Förderperiode funktionstüchtig zu halten, ist aber davon auszugehen, dass Wiederinstandstellungen auch nach Ablauf der Förderperiode nötig sind; unabhängig davon, wer sie finanziert und wie möglicherweise anschliessend gefördert wird. Es wird allerdings ab dem elften Jahr von einem etwas abgesenkten Bedarf an Wiederinstandstellungen ausgegangen. Diese Reduktion begründet sich aus einem gewissen Nachholbedarf in diesem Stratum der Aktivitäten, welcher durch die Förderung in den kommenden zehn Jahren dann aufgeholt sein dürfte. Ab dem elften Jahr wird eine auf 2/3 abgesenkte Höhe des Wiederinstandstellungsbedarfes (66,6%) angesetzt.

### **3. Zeitliche Verteilung**

Es wird davon ausgegangen, dass in der zehnjährigen Förderperiode Massnahmen gleichmässig über den Zeitraum verteilt realisiert werden. Für die Jahre eins bis zehn wird also konstant ein Zehntel der Fördersumme auf der Kostenseite angesetzt. Ebenso wird der prognostizierte Nutzeneffekt kontinuierlich über die ersten zehn Jahre linear ansteigen, um im letzten Jahr der Förderung den prognostizierten Jahresendwert zu erreichen.

### **4. Kostenträgerschaft / Nutzniesser der Erträge**

Es sei angemerkt, dass gemäss einer gesamtvolkswirtschaftlichen Überlegung über alle Kostenträger (Bund, Kantone, Eigentümer/Dritte) hinweg eine summarische Betrachtung vorgenommen wird. Ebenso ist die Verteilung der Erträge bzw. des Nutzens nicht auf unterschiedliche, begünstigte Träger separiert.

## **3. Ergebnisse**

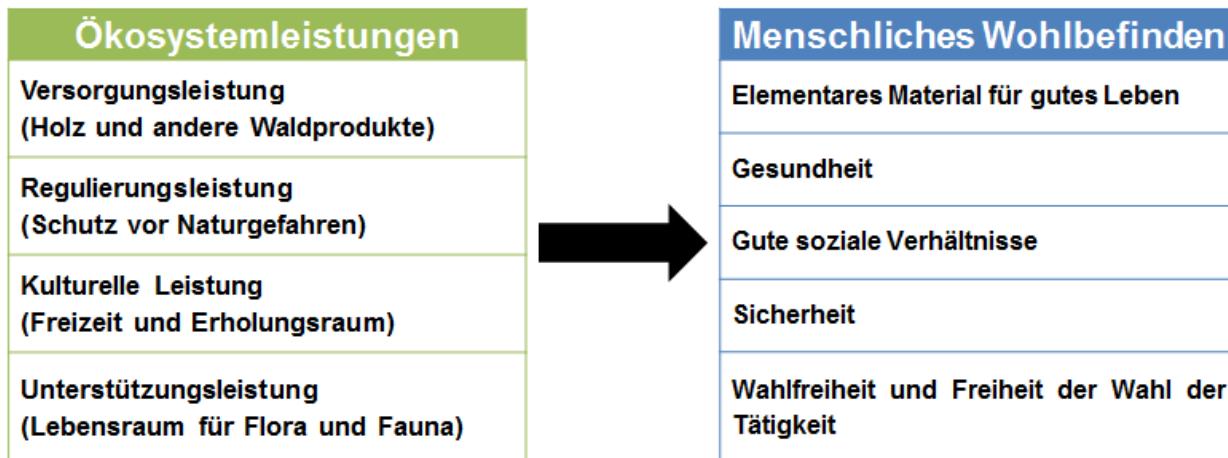
### **3.1 Umweltökonomische Betrachtung**

Dieses Kapitel gliedert sich in zwei Teile. Der erste Teil diskutiert anhand von umweltökonomischen Konzepten, ob es eine Legitimation für die staatliche Förderung von Waldstrassen gibt und welche Faktoren im Rahmen einer Kosten-Nutzen Analyse für den Bau von Waldstrassen relevant sind. Der zweite Teil vergleicht, unabhängig vom ersten Teil, drei Ansätze zur staatlichen Intervention, um das in der Waldpolitik 2020 gegebene Bundesziel der ‚Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotentials‘ zu erreichen. Einer dieser Ansätze sind Beiträge der öffentlichen Hand an die Optimierung der Waldbasiserschliessung.

#### **3.1.1 Systematisierung der Leistungen und Funktionen des Waldes**

Die Waldpolitik 2020 des Bundes umschreibt eine „Vision 2030“, in der die gesellschaftlich gewünschten Leistungen und Funktionen des Waldes festgehalten werden. Dies sind die Gestaltung der Landschaft, der Schutz von natürlichen Ressourcen, die Produktion von Holz und anderen Waldprodukten, der Erhalt der Artenvielfalt und der Lebensräume, der Schutz vor Naturgefahren sowie ein Angebot an Freizeit- und Erholungsraum (BAFU 2013). Diese Auflistung zeigt deutlich, wie vielfältig die Ansprüche an den Wald und Nutzungsinteressen im Wald sind.

Die genannten Leistungen und Funktionen des Waldes lassen sich verschiedenen sogenannten Ökosystemleistungen zuordnen. Gemäss Millennium Ecosystem Assessment (2005) gibt es vier wesentliche Kategorien: (i) Versorgungsleistungen, (ii) Regulierungsleistungen, (iii) kulturelle Leistungen und (iv) Unterstützungsleistungen. Die aus dem Gefüge von Ökosystemen und Biodiversität für die Gesellschaft bereitgestellten Leistungen tragen wesentlich zur Erfüllung menschlicher Grundbedürfnisse wie Sicherheit, Gesundheit und Material für gutes Leben bei (MEA 2005). Die in der Vision 2030 genannten Funktionen lassen sich wie folgt den vier Kategorien zuordnen: Die Produktion von Holz und anderen Waldprodukten fällt in die Kategorie der Versorgungsleistungen, Schutz von natürlichen Ressourcen sowie Schutz vor Naturgefahren lassen sich zu den Regulierungsleistungen zählen, die Gestaltung der Landschaft und die Nutzung des Waldes als Freizeit und Erholungsraum sind kulturelle Leistungen und der Erhalt der Artenvielfalt und der Lebensräume fällt in die Kategorie der Unterstützungsleistungen. Abbildung 6 zeigt diese Zuordnung schematisch auf.



*Abbildung 6: Ökosystemleistungen und menschliches Wohlbefinden (angepasst von MEA 2005)*

Mit einem bildhaften Vergleich zur Wirtschaft lässt sich das Gefüge zwischen der Ressource Wald und den diversen Ökosystemleistungen, aus denen die Gesellschaft Nutzen zieht, einordnen. Der Wald ähnelt demnach einem Kapitalstock, der Zinsen abwirft (TEEB 2010). Wenn ein Kapitalstock vorausschauend und den Marktbedingungen angepasst verwaltet wird, kann er langfristig und kontinuierlich Zinsen abwerfen, die wiederum für Konsumbedürfnisse aufgewendet werden können. Wichtig ist dabei, dass der Kapitalstock selber nicht aufgebraucht wird. Im übertragenen Sinne ist der Wald ein natürliches Kapital, das bei entsprechender Bewirtschaftung der Gesellschaft kontinuierlich Zinsströme in Form von Ökosystemleistungen zur Verfügung stellt (TEEB 2010). Wird der Wald nicht nachhaltig genutzt oder wird gar Raubbau betrieben, dann ist eine Beeinträchtigung oder sogar ein Ausfall der Produktion von Ökosystemleistungen zu erwarten.

### 3.1.2 Gütertheorie

Im obigen Abschnitt wurden die in der Vision 2030 aufgeführten Erwartungen an den Wald in vier Kategorien von Ökosystemleistungen eingeteilt. Die Gütertheorie erlaubt darüber hinaus eine Einteilung nach ökonomischen Gesichtspunkten in öffentliche und private Güter sowie in Klub- und Allmendegüter.

Viele Ökosystemleistungen des Waldes haben den Charakter eines öffentlichen Gutes. Öffentliche Güter zeichnen sich durch fehlende Rivalität im Konsum und mangelnde Ausschliessbarkeit aus (Varian 2001). Fehlende Rivalität im Konsum bedeutet, dass ein Gut, wenn es von einer Person genutzt wird, weiterhin in gleichem Masse und in gleicher Qualität für andere Personen zur Verfügung steht. Mangelnde Ausschliessbarkeit beinhaltet, dass niemand vom Konsum eines Gutes ausgeschlossen werden kann. Der Schutz, den ein Schutzwald bietet, ist ein klassisches öffentliches Gut. Wenn eine Person durch den Wald geschützt wird, beeinträchtigt dies nicht die Schutzleistung für eine andere Person. Des Weiteren kann niemand von der

Schutzleistung des Waldes ausgeschlossen werden. Tabelle 5 zeigt diese Unterteilung der öffentlichen und privaten Güter sowie Klub- und Allmendegüter anhand der oben genannten Kriterien und gibt Beispiele mit Bezug auf den Wald.

*Tabelle 5: Gütertheorie mit Beispielen aus dem Wald*

Ausschließbarkeit	Rivalität im Konsum	
	Ja	Nein
Ja	Private Güter (Holz)	Klubgüter (z.B. durch Gruppen betriebene Waldhütten)
Nein	Allmendegüter (z.B. Feuerholz, Pilze)	Öffentliche Güter (z.B. Nutzung von Waldwegen für Freizeitaktivitäten, Schutz vor Naturgefahren, Artenvielfalt, Wasserbereitstellung, landschaftliche Schönheit)

Die Unterteilungen und Systematisierungen der Güter und Funktionen des Waldes können bei der Erkennung und Analyse von Strukturen hilfreich sein. Dabei darf jedoch nicht in Vergessenheit geraten, dass zwischen den verschiedenen Gütern und Funktionen Querverbindungen und Abhängigkeiten existieren. Zum Beispiel trägt die sachgerechte Nutzung des Waldes zu dessen Schutzwaldwirkung bei und die Nutzung von Holz als Baustoff und Energieträger substituiert energie- und emissionsintensivere Materialien und trägt so zu energie- und klimapolitischen Zielen bei. Durch solche Querverbindungen bilden Waldstrassen direkt oder indirekt eine Basis für die Nutzung und Bereitstellung vieler Ökosystemleistungen des Waldes.

### 3.1.3 Marktversagen

Marktversagen beschreibt eine Situation, in der das Gleichgewicht aus Angebot und Nachfrage, welches sich ohne Intervention ergibt, nicht die gesellschaftlich optimale Allokation der Ressourcen hervorbringt. Klassische Ursachen für Marktversagen sind Externalitäten, öffentliche Güter, asymmetrische Information und Monopole. Wie oben festgestellt, sind viele Ökosystemleistungen des Waldes öffentliche Güter und aus Sicht der Waldeigentümer Externalitäten. Waldeigentümer fällen ihre Investitions- und Bewirtschaftungsentscheidungen vorwiegend nach (privat-)wirtschaftlichen Gesichtspunkten; Auswirkungen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und somit die gesellschaftliche Wohlfahrt sind eher nebensächlich.

Der Bau und Unterhalt von Waldstrassen ist hier exemplarisch. Eine Strasse dient einem Waldeigentümer in erster Linie zur Bewirtschaftung seines Waldes. Es kann eine Situation entstehen, in der sich ein Waldeigentümer aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen gegen den Bau einer Strasse entscheidet, obwohl sie der Bereitstellung öffentlicher Güter gedient hätte, z.B. wenn sie die Bewirtschaftung eines Waldstücks ermöglicht und somit zur Stabilisierung des Bestandes beigetragen oder als Zufahrt zu Schutzbauten gedient hätte. In der Regel tritt die Gesellschaft hier als Trittbrettfahrer auf. Ihr Nutzen fliesst nicht als monetärer Wert an den Waldeigentümer, der die Strasse

baut. Ohne Abgeltung durch andere Nutzer wird ein Waldeigentümer nur so viel des Gutes Strasse zur Verfügung stellen, wie für ihn selber optimal ist.

Abbildung 7 verdeutlicht diese Problematik. Der Einfachheit halber wird auf der horizontalen Achse als Einheit Menge der Waldstrassen angegeben, ohne genauer auf Details einzugehen. Die von einem privaten Waldeigentümer bereitgestellte Menge an Strassen entspricht der Menge, bei der der private Grenznutzen den Grenzkosten des Straßenbaus entspricht. Dies ist der Punkt, an dem ihm eine weitere Einheit Strasse mehr kostet als sie nutzt. In Abbildung 7 gibt es einen solchen Schnittpunkt (privates Optimum). Es ist aber auch vorstellbar, dass der private Grenznutzen immer unter der Grenzkostenkurve liegt und somit keine Waldstrassen privat bereitgestellt würden (gestrichelte Linie links unten in Abb. 7). Dies ist insbesondere ein Problem, wenn der Nutzen einer Strasse gestaffelt über einen sehr langen Zeitraum anfällt und der abdiskontierte Gegenwartswert entsprechend klein ausfällt. In den Kosten sind neben den Ausgaben für den tatsächlichen Bau einer Strasse auch die Kosten der Planung und des Bewilligungsprozesses sowie die abdiskontierten Unterhaltskosten über den Planungszeitraumenthalten. Wenn diese prohibitiv hoch sind, können sie wie Eintrittshemmisse wirken. Abbildung 7 stellt dar, dass der Grenznutzen der Waldstrassen für die Gesellschaft erheblich höher ist als für einen einzelnen Privaten. Die Begründung ist, wie in den vorhergehenden Abschnitten hergeleitet wurde, dass **Waldstrassen häufig „Inputs“ zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen darstellen**, im Sinne einer Voraussetzung für Eingriffe zur Förderung von Ökosystemleistungen (siehe hierzu auch Kapitel 3.2). Diese von Privaten nicht berücksichtigten positiven Externalitäten sind der Kern des Problems, das die resultierende, gesellschaftlich optimale Menge an Waldstrassen entsprechend grösser ist als die rein private Menge. Wenn auf Grund von Marktversagen nur die gesellschaftlich suboptimale private Menge bereitgestellt wird, kommt es zu einem Wohlfahrtsverlust.

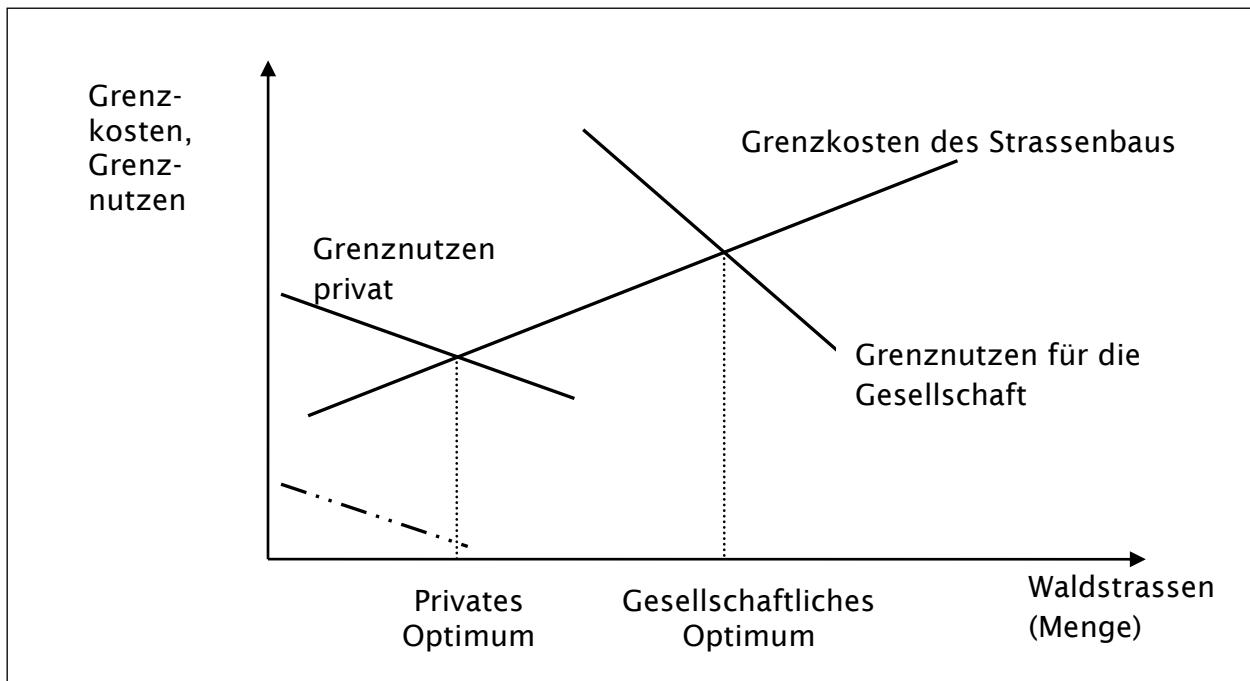


Abbildung 7: Marktversagen bei der Bereitstellung von Waldstrassen

### 3.1.4 Faktoren einer Kosten-Nutzen-Analyse

Marktversagen ist eine klassische Begründung für staatliche Interventionen (Endres und Radke 2012). In welchem Ausmass die Bereitstellung von Waldstrassen durch staatliche Hand unterstützt werden sollte, lässt sich anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse erörtern. Die Gegenüberstellung von Bau- sowie Unterhaltskosten und Nutzen über einen Zeitraum gibt Aufschluss darüber, ob sich eine Investition lohnt. Die Auswahl des Diskontfaktors und des Zeitraums ist insbesondere für Investitionen mit langer erwarteter Nutzungsdauer (in diesem Kontext meist 40-50 Jahre) von Relevanz. Die Kosten für eine Investition in Waldstrassen fallen zu Beginn an, der Nutzen würde gestaffelt über viele Jahre entstehen. Des Weiteren müssen die Faktoren, die den privaten und gesellschaftlichen Nutzen einer Waldstrasse ausmachen, identifiziert werden. Die folgende Diskussion ist angelehnt an einen OECD Bericht zu Auswirkungen von Investitionen in Transportinfrastruktur auf die regionale Entwicklung, allerdings ohne direkten Bezug zum Wald (OECD 2002). Der Bericht ist eine Synthese aus einer Fülle von internationalen unabhängigen Evaluationsstudien, kann aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Die im Bericht genannten drei wesentlichen Komponenten des direkten, privaten Nutzens (der Waldeigentümer) sind Reisezeit, Betriebskosten der Fahrzeuge und Sicherheit (OECD 2002). Der indirekte Nutzen für die Gesellschaft ist dagegen vielschichtiger und zum Teil schwieriger messbar. Direkter privater Nutzen und indirekter gesellschaftlicher Nutzen werden nachfolgend im Zusammenhang mit Waldstrassen diskutiert.

#### Nutzen für Waldeigentümer

Für Waldeigentümer werden in erster Linie die Erschliessung eines Waldstücks und der durch Bewirtschaftung aus dem Wald zu erzielende Gewinn im Vordergrund stehen. Neben diesem offensichtlichen Nutzen kann ein Strassenausbau die Effizienz der Holzernte und Holzbringung steigern, indem durch einen besseren Zugang (z.B. für grössere Maschinen) und verkürzte Fahrtzeiten die Kosten für Fällen, Aufarbeiten und Rücken sinken. Die Zugangskosten für Personal und Material sowie die Kosten für anfallende Arbeiten wie zum Beispiel Pflanzung, Pflegeoder Massnahmen gegen Wildschäden und Massnahmen zur Prävention von Natur-ereignissen werden reduziert. Zudem kann die Arbeitssicherheit, insbesondere in schwierigem Gelände verbessert werden. Viele Ökosystemleistungen des Waldes, die eine Waldbewirtschaftung bedingen oder dadurch gefördert werden, sind hingegen öffentliche Güter, die nicht auf Märkten gehandelt werden. Sie können dann für den Waldeigentümer keinen Gewinn abwerfen. Sie werden für ihn in der Regel bei den finanziellen Überlegungen eine untergeordnete Rolle spielen.

### **Nutzen für die Gesellschaft**

Investitionen in den Infrastrukturausbau gehen häufig einher mit Hoffnungen auf positive Nebeneffekte auf die regionale Wirtschaft. Regionalpolitisch ist es sinnvoll, Investitionen dorthin zu lenken, wo von ihnen der grösste Multiplikatoreffekt erwartet wird (Maier und Tödtling 2002). In der Praxis ist jedoch die Kausalität nicht immer eindeutig, d.h. ob regionales Wirtschaftswachstum Ursache oder Folge von Infrastrukturinvestitionen ist (OECD 2002). Hier sollen, in Anlehnung an OECD (2002), vier Faktoren aus dem sozio-ökonomischen Bereich, die für die Evaluation von Infrastruktur Nebeneffekten relevant sein können, mit Bezug zum Wald angesprochen werden. Diese vier Faktoren sind: regionale Erschliessung, Beschäftigung, Effizienzsteigerung und regionale Entwicklung. Auswirkungen auf die Umwelt werden in Kapitel 3.2 ausführlich diskutiert.

**Erschliessung.** Die Erschliessung eines Waldes ist die zentrale Voraussetzung für eine Waldbewirtschaftung und eine Notwendigkeit, um das dort stehende Holz nutzen zu können. Eine moderne rentable Waldbewirtschaftung und insbesondere Holzernte- und Holztransportverfahren setzen technisch gut ausgebaute Strassen voraus. Mit der Waldpolitik 2020 hat die Walderschliessung an gesellschaftlicher Relevanz gewonnen, da dort vor dem Hintergrund der Klima- und Energiedebatte als ein Ziel formuliert wird „Unter Berücksichtigung der standörtlichen Bedingungen wird das nachhaltig nutzbare Holznutzungspotential des Schweizer Waldes ausgeschöpft.“ Eine optimierte Walderschliessung ist eine der Voraussetzungen zur Erreichung dieses gesellschaftlich relevanten Ziels. Neben der Holznutzung trägt die Bewirtschaftung zur Verjüngung und Erhöhung der Stabilität des Waldes sowie zur Anpassung der Bestände an den Klimawandel bei und es sind positive Effekte im Sinne der Biodiversitätserhaltung und CO<sub>2</sub>-Speicherung zu erwarten. Durch die Optimierung der Erschliessung des Waldes mit Strassen kann die Bereitstellung dieser Leistungen effizienter erfolgen.

**Beschäftigung.** Wenn das Angebot an Holz regional gesteigert werden kann, sind Effekte auf die Wald- und Holzindustrie zu erwarten. Betriebe können mehr Rohmaterial verarbeiten, dadurch von Skaleneffekten profitieren, ihre Produktion effizienter und konkurrenzfähiger gestalten, Arbeitsplätze sichern und im Idealfall neue Arbeitsplätze schaffen. In der Waldpolitik 2020 wird die Aussicht auf Arbeitsplätze in Randgebieten als Motivation für das Ziel der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotentials explizit aufgeführt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass Strukturänderungen dieser Art auch „Verlierer“ in anderen Regionen hervorrufen können, insbesondere, wenn diese den veränderten Wettbewerbsbedingungen nicht standhalten können, oder wenn durch eine stärkere Mechanisierung weniger Arbeitskräfte benötigt werden.

In Bezug auf Beschäftigung lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, die der im Rahmen des Waldstrassenneubaus bzw. Ausbaus im Tiefbau Beschäftigten und die der im vor- und nachgelagerten Bereich der Holzproduktionskette Beschäftigten. Für die Beschäftigung im Straßenbau sind positive regionalwirtschaftliche Effekte zu erwarten, wenn regionale Firmen beauftragt werden und die Auftragsvolumen Marginalitätsgrenzen überschreiten.

**Effizienzsteigerung.** Waldstrassen werden häufig nicht ausschliesslich für die Waldbewirtschaftung genutzt, sondern dienen auch als Zufahrten zu landwirtschaftlicher Nutzfläche, Zufahrt zu Infrastruktureinrichtungen wie z.B. Wassereservoirs und erleichtern den Zugang zu Schutzbauten wie beispielsweise Lawinenverbauungen. Auch Eingriffe zur Bekämpfung von Waldbrand oder Schädlingsbefall können durch gute Wegenetze erleichtert werden. Effizienzsteigerungen in diesen Bereichen durch den Neu- oder Ausbau von Waldstrassen tragen zum gesellschaftlichen Nutzen bei.

**Regionale Entwicklung.** Dezentrale Gebiete können durch wirtschaftliche Impulse an Attraktivität gewinnen. Wenn ein regionales Wirtschaftswachstum einsetzt und sich für Bewohner neue Perspektiven in ihrer Region ergeben, können Abwanderungstendenzen in grössere Agglomerationen abgeschwächt werden (OECD 2002). Es sei jedoch dahingestellt, ob für Investitionen in Waldstrassen so weitreichende Implikationen realistischer Weise erwartet werden können.

Die vorangestellten Abschnitte befassten sich mit der Frage, ob es eine grundsätzliche Legitimation für eine staatliche Förderung der Optimierung von Waldstrassen gibt und welche Faktoren allenfalls in eine Kosten-Nutzen-Analyse einfließen sollten. Es wurde festgestellt, dass Waldstrassen die Bereitstellung von privaten und öffentlichen Gütern erleichtern. Private werden die positiven Externalitäten von Strassen, im Sinne einer Voraussetzung für Eingriffe zur Förderung von Ökosystemleistungen, nicht in ihr Kalkül einbeziehen. Ohne Intervention wird auf Grund von Marktversagen eine aus gesellschaftlicher Sicht suboptimale Menge an Strassen bereitgestellt. Marktversagen ist eine klassische Begründung für staatliches Eingreifen. Die ist stellt jedoch keine Legitimation zur Förderung der Erschliessung mit dem ausschliesslichen Ziel der

Holznutzung dar. Holznutzung kann aber unter Umständen auch positive Auswirkungen auf Ökosystemleistungen haben (siehe dazu auch Kapitel 3.2).

Es drängt sich die Frage auf, ob es Alternativen zur staatlichen Intervention gibt, zum Beispiel eine Beteiligung der Holzindustrie an den Kosten des Strassenbaus. Eine entsprechende Verpflichtung zur Kostenbeteiligung könnte jedoch dazu führen, dass die Ausgaben auf die Produktpreise abgewälzt würden. Preiserhöhungen könnten die Konkurrenzfähigkeit der Schweizer Holzindustrie im Verhältnis zu ausländischen Unternehmen herabsetzen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass in den Nachbarländern Waldstrassen generell (auch ausserhalb des Schutzwaldes) staatlich gefördert werden. Sofern dieser negative Effekt gegenüber den für die Holzindustrie spürbaren positiven Auswirkungen einer besseren Erschliessung des Waldes überwiegt, ist eine solche Massnahme nicht zu empfehlen.

### **3.1.5 Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials: Möglichkeiten der staatlichen Intervention zur Zielerreichung**

Dieser zweite eigenständige Teil des Kapitels behandelt die Frage, ob Beiträge der öffentlichen Hand an die Optimierung von Waldstrassen ein geeignetes Instrument sind, um folgendes in der Waldpolitik 2020 formulierte Bundesziel zu erreichen: „*Unter Berücksichtigung der standörtlichen Bedingungen wird das nachhaltig nutzbare Holznutzungspotential des Schweizer Waldes ausgeschöpft*“ (Bundesamt für Umwelt 2013). Der Begriff der ‚standörtlichen Bedingungen‘ bezieht sich hier primär auf die lokalen topographischen Gegebenheiten und die resultierenden Anforderungen an Holzernteverfahren und Erschliessung. Dieses Ziel ist nicht vollkommen äquivalent mit der im ersten Teil des Kapitels hergeleiteten Legitimation für Eingriffe zur Förderung von Strassen, die spezielle Funktionen bei der Bereitstellung von Ökosystemleistungen erfüllen. Wäre das primäre Ziel Nicht-Holz-Ökosystemleistungen zu fördern, müssten andere spezifische Instrumente als die nachfolgend diskutierten herangezogen werden.

Vor einer Auswahl möglicher Interventionsmassnahmen, um die Erreichung desgegebenen Ziels der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotentials zu fördern, sollten die Ursachen der regional unterschiedlichen Holzernte geklärt werden. Nur so können Interventionsmassnahmen an den Problemkontext optimal angepasst und eine möglichst grosse Wirkung erzielt werden. Generell reicht das Spektrum an Massnahmen von Vorgaben und Auflagen mit starker staatlicher Intervention über marktbasierte Instrumente bis hin zu institutionellen Ansätzen mit geringer staatlicher Einflussnahme. Es werden nachfolgend drei verschiedene Ansätze vorgestellt und diskutiert, die die Breite der marktbasierten Interventionsmöglichkeiten aufzeigen sollen.

Die drei Ansätze sind: (i) Beiträge an die Optimierung der Waldbasiserschliessung gekoppelt an verschiedene Indikatoren, (ii) Ausschreibungen für Holz aus schlecht erschlossenen Gebieten und (iii) gezielte Förderung der Holzernte in Kleinprivat-

wäldern. Diese drei Ansätze werden anhand des folgenden Fragenrasters diskutiert und verglichen:

<b>Ursache</b>	Welche Ursache für eine geringe Holzernte würde für die Massnahme sprechen?
<b>Kongruenz</b>	Besteht eine genügende Kongruenz zwischen Ziel und Massnahme? Trägt die Massnahme direkt zur Zielerreichung bei? Kann sie als Indikator für den Grad der Zielerreichung angesehen werden?
<b>Treffsicherheit</b>	Wie ist die Treffsicherheit der Massnahme einzuschätzen? In anderen Worten, ist die Massnahme so ausgestaltet, dass Zahlungen nur erfolgen, wenn messbare Erfolge in Bezug auf die Zielerreichung erreicht wurden?
<b>Gruppen</b>	Welche Gruppen an Waldbesitzern würden durch die Massnahme vermutlich stärker angesprochen und welche weniger stark?
<b>Transaktionskosten</b>	Sind die zu erwartenden Transaktionskosten für die Umsetzung verhältnismässig?

#### Beiträge an die Optimierung der Waldbasiserschliessung, gekoppelt an verschiedene Indikatoren

Im Schweizer Wald existieren insgesamt rund 30'500 km lastwagenbefahrbare Strassen<sup>4</sup>. Laut LFI (2010) wurden davon in der Periode zwischen der Erhebung für das zweite Landesforstinventar (1993/95) und der dritten Erhebung (2004/06) circa 970 km neu- oder ausgebaut. Die Erschliessungsdichte, gemessen in Laufmetern Strasse pro Hektar Wald, weist regional grosse Unterschiede auf. Tabelle 6 zeigt, dass die Erschliessungsdichte im öffentlichen Wald im Mittelland mit 68.7 m/ha am höchsten und auf der Alpensüdseite mit 4.8 m/ha am geringsten ist. Der Privatwald ist in allen Gebieten, ausgenommen der Alpensüdseite, schlechter erschlossen als der öffentliche Wald.

*Tabelle 6: Erschliessungsdichte in m/ha. Quelle: Tabelle 041, WSL (2010)*

	Schweiz	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Öffentlich	28.7	45.8	68.7	21.7	12.7	4.8
Privat	22.7	24.6	46.7	13.1	12.5	12.2

Nachfolgend wird der Ansatz der **Beiträge an die Optimierung der Waldbasiserschliessung** anhand des Fragenrasters diskutiert.

---

<sup>4</sup>Per Definition Waldstrassen mit einer Fahrbahnbreite von mindestens 2,50 m und einer Dimensionierung des Oberbaus für Lastwagen mit einer Achslast von 10 t.

## Ursache

Dieser Massnahme liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer verbesserten Erschliessung mehr Holz geerntet wird. Abbildung 8 zeigt für privaten und öffentlichen Wald den Zusammenhang zwischen der Veränderung der Erschliessungsdichte und der Veränderung der jährlichen Nutzung für die Jahre 1993/95 – 2004/06. Für den privaten Wald gibt es eine hohe Korrelation ( $r=0.68$ ) zwischen diesen Variablen, im öffentlichen Wald lässt sich eine so starke Korrelation jedoch nicht feststellen ( $r=0.07$ )<sup>5</sup>. Dieser Unterschied lässt sich vermutlich damit erklären, dass Private stärker betriebswirtschaftlich orientiert sind. Die hohe Korrelation im Privatwald macht aber keine abschliessende Aussage über die Kausalität. Aus dieser statistischen Korrelation lässt sich nicht abschliessend herleiten, ob eine Zunahme an Waldstrassen notwendigerweise eine Zunahme der Holzernte bewirkt. Der Effekt von reduzierten Holzerntekosten durch optimierte Erschliessung auf die Holznutzung wird in einem späteren Kapitel aber noch quantitativ untersucht.

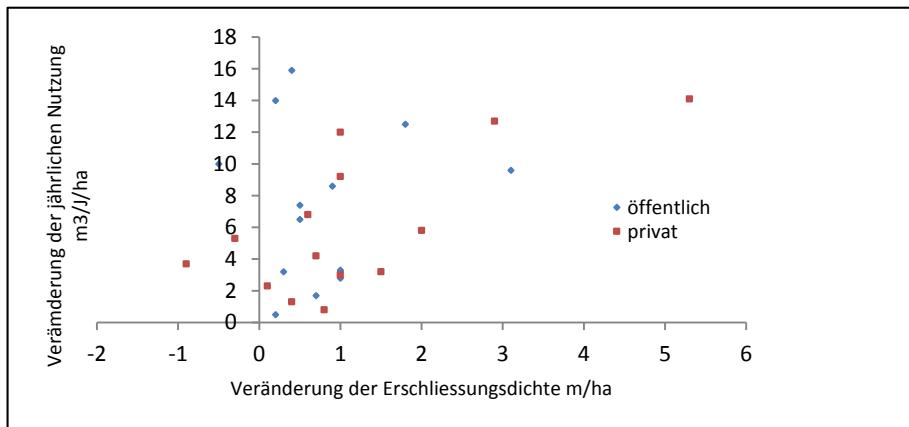


Abbildung 8: Korrelationen bei der Veränderung der Erschliessungsdichte und der Veränderung der jährlichen Nutzung 1993/95-2004/06 in den 14 Wirtschaftsregionen der Schweiz, Datenquelle: WSL (2010)

## Kongruenz

Generell ist die Walderschliessung eine wichtige Voraussetzung für die Holzernte. Bei Beiträgen an die Optimierung der Walderschliessung würde implizit angenommen, dass darüber hinaus eine kausale Beziehung besteht, nämlich, dass durch optimalere Walderschliessung mehr Holz geerntet wird. Obwohl Wege generell als notwenige Bedingung für die Holzernte angesehen werden können, sind sie keine hinreichende Bedingung, da noch weitere Faktoren den Entscheid über die Holzernte beeinflussen (z.B. Holzpreis, Absatzsituation Holzverarbeiter, Wechselkurse, Managementstrategie insbesondere im kleinräumigen Privatwald etc.).

<sup>5</sup>Da die Daten für das Mittelland für den öffentlichen Wald „Ausreisser“ sind, wurde die Berechnung ohne das Mittelland wiederholt, die Korrelation war für die übrigen Gebiete stärker (0.20), jedoch weit weniger stark als für den privaten Wald.

Nur an der Menge an subventionierten Strassen allein kann daher nicht abgelesen werden, ob mehr des nachhaltig nutzbaren Holzvorrats abgeschöpft wird.

#### Treffsicherheit

Die Treffsicherheit kann durch die Ausgestaltung der Subvention massgeblich beeinflusst werden.

Eine pauschale einheitliche Subvention in CHF/lfm Strasse würde Straßenbauinvestitionen dort hervorrufen, wo die Grenzkosten des Neu-/Ausbaus gleich oder geringer wären als die Pauschale. In gewissen Fällen könnte die Pauschale sogar über den tatsächlichen Kosten liegen. Die Treffsicherheit einer Pauschale kann als eher gering eingestuft werden, da nicht gegeben ist, dass Investitionen dort getätigten werden, wo besonders hohe, schlecht erschlossene Holzvorräte vorhanden sind. Des Weiteren ist die Subvention nicht an eine tatsächliche höhere Holznutzung gekoppelt.

Alternativ liesse sich die Pauschale an einen Indikator für die Erschliessung knüpfen, z.B. die vorhandene Wegedichte am Investitionsort oder die Menge an Holzvorrat, die durch die Investition nutzbar wird. Durch eine solche Koppelung liesse sich die Treffsicherheit deutlich erhöhen. Die Koppelung könnte verschiedentlich ausgestaltet werden, in Form eines Schwellenwertes, der mindestens erreicht werden muss, um förderfähig zu werden oder in Form einer graduell zu- bzw. abnehmenden Pauschale.

#### Gruppen

Mit einem einheitlichen Betrag wäre das Förderprogramm nur für Waldeigentümer mit gleichem oder geringfügigerem Subventionsbedarf als die Pauschale interessant.

Die Kopplung an Indikatoren könnte die Subventionen zielgerichtet in gegenwärtig schlecht erschlossene Gebiete lenken.

Eine weitere Alternative ist eine Differenzierung der Subventionen je nach Terrain (Clustering). Verschiedene Terraineigenschaften (Makro- und Mikrotopographie etc.) erfordern unterschiedliche bauliche Massnahmen, denen gewisse Kostenansätze zugeordnet werden können. Eine solche differenzierte Lösung entspräche dem Bestreben einer möglichst bedarfsgerechten Förderung, die mit möglichst geringen Kosten den minimalen Ausbaustandard, der für eine effiziente Waldbewirtschaftung notwendig ist, ermöglicht.

#### Transaktionskosten

Die Transaktionskosten sind bei der Auszahlung eines einheitlichen pauschalen Betrags sehr gering. Sie nehmen für an Indikatoren gekoppelte Pauschalen zu, da für letztere fortlaufend aktualisierte Daten vorhanden sein müssen. Die höchsten Transaktionskosten wären für eine Lösung mit differenzierten Kostenansätzen zu erwarten. Die Förderbeträge für bestimmte Terraineigenschaften müssten bestimmt werden und für jedes Projekt die jeweiligen Eigenschaften gemessen

und verifiziert werden.

### **Ausschreibungen für Holz aus schlecht erschlossenen Gebieten**

Dieser Abschnitt befasst sich mit einem Konzept für eine Ausschreibung für Projekte zur stärkeren Holzernte in Gebieten mit gegenwärtig hohem ungenutztem Holzvorrat. Die Idee ist angelehnt an Auktionen für Naturschutzverträge (sogenannte 'auctions for conservation contracts', vgl. Ferraro 2008; Latacz-Lohmann und Schilizzi 2005), die in Australien und den USA durchgeführt werden.

Im Rahmen einer Ausschreibung durch die öffentliche Hand könnten von Waldeigentümern, Waldeigentümerzusammenschlüssen oder Forstunternehmen Projektgebote eingereicht werden, mit Angaben zur Fördersumme, die sie benötigen, um eine gewisse Menge an Holz in einem definierten Zeitraum aus einem Gebiet zu ernten. Dabei könnten den Gebotsstellern alle Optionen offen gelassen werden um aufzuzeigen, wie sie die Förderbeiträge einsetzen würden, sei es für Waldstrassen oder andere Investitionen. Die Gebotssteller müssten Eigentümer der Waldflächen sein oder wenigstens über Nutzungsrechteverfügen. Aus der Menge an Geboten könnten dann anhand von vorher festgelegten Kriterien die besten Anträge ausgewählt und gefördert werden. Eine mögliche Vorgehensweise wäre hier das Zwei-Couvert-Verfahren, indem die Beschreibung der Leistung getrennt vom Preis eingereicht und bewertet wird (Swissmelio und Ingenieur-Geometer Schweiz 2008). Ein mögliches Auswahlkriterium wäre die Kosteneffizienz, d.h. das Verhältnis zwischen der Menge an Holz, die geerntet werden soll und dem beantragten Fördervolumen. Es könnten auch die Menge an ungenutztem Holzvorrat im „Projektwald“, die aktuelle Erschliessungssituation oder Faktoren wie der gesellschaftliche Nutzen der vorgeschlagenen Investitionen einbezogen werden. International ist in den letzten Jahren eine Fülle an Literatur zur Ausgestaltung solcher Auktionen im Bereich Umwelt- und Naturschutz mit Analysen und Fallbeispielen entstanden (Cason und Gangadharan 2004; Kelsey et al. 2009; Jindal et al. 2013). In der Schweiz müssten jedoch vorab grundsätzliche subventionsrechtliche Fragen geklärt werden.

<b>Ursache</b>	Die Annahme bei einer Ausschreibung dieser Art wäre, dass die Gebotssteller die Hemmnisse einer stärkeren Holznutzung selber am besten kennen und angepasste Lösungswege erarbeiten können. Die Massnahmen zur Erreichung einer höheren Holzernte werden von staatlicher Seite nicht vorgegeben, es wird eher Gestaltungsraum für an lokale Standortfaktoren angepasste Lösungspakete gegeben. Die Förderung von Waldstrassen könnte Teil eines Lösungspaketes sein, sie wäre aber nicht obligatorisch.
<b>Kongruenz</b>	Die Anreize könnten als ergebnisabhängige Zahlungen ausgestaltet werden, d.h. Zahlungen erfolgen erst nach der vereinbarten Holzernte. Ein Teil der Zahlung müsste jedoch vermutlich für ex-ante Investitionen bereitgestellt werden. Wenn die Zahlung (oder ein Teil davon) an die tatsächlich

erfolgte Holzernte geknüpft wird, ist eine hohe Übereinstimmung von Zahlung und Zielerreichung gewährleistet.

<b>Treffsicherheit</b>	Die Treffsicherheit kann als hoch bewertet werden. Ergebnisabhängige Zahlungsverträge machen die Zielerreichung zur Bedingung für eine Auszahlung.
<b>Gruppen</b>	Vermutlich würden eher grössere Waldeigentümerzusammenschlüsse oder grössere Unternehmenseinheiten Gebote einreichen als einzelne Privatwaldeigentümer mit nur wenig Fläche. Die Transaktionskosten für die Gebotsplanung, -ausarbeitung und -einreichung wären für einzelne vermutlich unverhältnismässig hoch.
<b>Transaktionskosten</b>	Die Transaktionskosten der Gebotsplanung gingen zu Lasten der Waldeigentümer. In kleinparzelliertem Wald können diese sehr hoch sein. Der Staat müsste für die Kosten der Auswahl der Gebote sowie der Begleitung der Projekte über die Jahre aufkommen. Je grösser die projektierten Holzerntemengen pro Gebot sind, desto geringer würden diese Kosten ins Gewicht fallen.

### **Förderung der Zusammenarbeit in kleinräumigen Privatwäldern**

Rund ein Drittel des Schweizer Waldes ist in privatem Besitz, wovon ein Grossteil aus sehr kleinen Flächen besteht. 48% der privaten Waldflächen sind kleiner als drei Hektar (Brändli 2010). Es ist fraglich, ob diese Waldeigentümer in gleichem Masse auf Programme zur Förderung der Holzernte reagieren wie grössere Waldeigentümer oder organisierte Zusammenschlüsse. Es ist anzunehmen, dass Eigentümer von kleinen Parzellen sich eher passiv verhalten, wenn die Transaktionskosten einer Progammteilnahme unverhältnismässig hoch sind. Sollten viele kleine Parzellen mit eher passiven Eigentümern nebeneinander liegen, besteht die Gefahr, dass keiner die Initiative ergreift und sich, z.B. um Subventionen für den Neu-/Ausbau einer Waldstrasse einsetzt, obwohl die Waldstrasse für alle einen grossen Nutzen darstellen würde. In der umweltökonomischen Literatur wird die ökonomische Homogenität von Akteuren als Hemmnis für kollektives Handeln identifiziert (Baland und Plateau 1996). Ein Ausweg könnte sein, Anreize für Waldeigentümerzusammenschlüsse und Forstunternehmen zu setzen, damit mehr des nachhaltig nutzbaren Holzes geerntet wird. Ein bestehender Zusammenschluss könnte als Initiant fungieren, der Projekte plant und deren Durchführung begleitet. Dem Initianten könnte eine Prämie (oder ein anderer Anreiz) in Aussicht gestellt werden, wenn das nachhaltig nutzbare Holznutzungspotential in den kleinen Privatwäldern eines vorab definierten Gebiets ausgeschöpft wird. Diese Massnahme wäre zusätzlich zu anderen Massnahmen, die direkt auf die erhöhte Holznutzung abzielen.

<b>Ursache</b>	Die wesentliche Annahme wäre, dass viel ungenutztes
----------------	---

<b>Kongruenz</b>	Potential im kleinen Privatwald liegt und Eigentümer von kleinen Parzellen nur wenig auf Förderanreize reagieren. Diese Massnahme wäre eher eine begleitende Massnahme zu anderen Initiativen. Eine Übereinstimmung zwischen Prämie für den Zusammenschluss oder das Forstunternehmen und Zielerreichung wäre nur für den kleinen Privatwald zu erwarten.
<b>Treffsicherheit</b>	Die Prämie wäre ergebnisabhängig und somit ist die Treffsicherheit gewährleistet.
<b>Gruppen</b>	Diese Massnahme wäre nur auf bestimmte Gruppen, z.B. Waldeigentümerzusammenschlüsse oder Forstunternehmen ausgerichtet.
<b>Transaktionskosten</b>	Die Transaktionskosten wären relativ gering, da nur die Veränderung der Holznutzung ausgewertet werden müsste.

Es wurden drei verschiedene Ansätze diskutiert, die durch verschiedene Mechanismen zur Erreichung des Ziels der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotentials beitragen könnten. Mit der Diskussion sollte aufgezeigt werden, dass eine Vielfalt an Optionen besteht, wovon die Subventionierung von Waldstrassen nur eine Möglichkeit darstellt.

## 3.2 Qualitative Bewertung von Effekten der Walderschliessung

Die nachfolgende qualitative Analyse soll aufzeigen, welche positiven und negativen Effekte (Vor- und Nachteile) eine mögliche Förderung der Walderschliessung auf folgende Bereiche hat:

- Erleichterte Intervention bei (a-)biotischen Ereignissen (3.2.1)
- Effekte auf den Biotop- und Artenschutz (3.2.2)
- Minderung des Treibhausgaseffektes durch vermehrte Holznutzung / Anpassung der Wälder an den prognostizierten Klimawandel (3.2.3)
- Auswirkungen auf Zugangswirkung / Mehrfachnutzung allgemeiner Art (3.2.4)
- Erleichterter Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten (3.2.5)

### 3.2.1 Erleichterte Intervention bei (a-)biotischen Ereignissen

Grosse Waldschäden können zum Verlust oder der Gefährdung ganzer Waldflächen führen. Solche Ereignisse, sei es durch abiotische (z.B. Stürme, Waldbrände) oder biotische (z.B. Insekten, Bakterien etc.) Störungen verursacht, schmälern nicht nur den Holzertrag, sondern können auch weitere Funktionen des Waldes, wie etwa die Schutzwirkung oder das Landschaftsbild, stark beeinträchtigen (Beispiel Sturm Lothar 1999 oder Hitzesommer 2003).

Der Bund sieht vor, dass Massnahmen zur Verhütung, Behebung und Wiederbewaldung nach Störungs- und Schadenfällen unterstützt werden sollen (BAFU 2013). Eine wichtige Funktion kommt dabei den Waldstrassen zu: Sie können in verschiedenen Aspekten einen positiven Effekt zur effizienten Prävention und Bewältigung solcher Störungssereignisse erzielen:

### **Erhöhung der Störungsresistenz und -elastizität von Wäldern und Lebensräumen**

Ist der Zugang zu Wald- und Landwirtschaftsflächen sichergestellt, kann eine angemessene Bewirtschaftung erfolgen und somit die negativen Auswirkungen von Störungen gesenkt sowie die Störungsresistenz und -elastizität erhöht werden. Durch die Nutzung der Wälder kann etwa kontrolliert werden, dass die Bestandesdichte nicht zu hoch wird, keine einschichtigen Waldstrukturen vorherrschen und genügend Verjüngung vorhanden ist, um nachhaltig stabile Bestände zu garantieren. Dadurch werden Wälder deutlich weniger anfällig gegenüber Stürmen (Brang et al. 2004). Ebenfalls kann die Erschliessung dazu beitragen, dass abgelegene Landwirtschaftsflächen im Berggebiet oder in Randregionen weiterhin bewirtschaftet werden. In gewissen Gebieten ist die Mahd ein wichtiger Faktor, damit Waldbrände nicht zunehmen (Kaltenbrunner 2008) oder um Schneegleiten und oberflächlicher Erosion entgegenzuwirken (Zischg et al. 2011).

### **Erleichterte Intervention**

Für die Bekämpfung von (a)biotischen Ereignissen muss der Zugang sichergestellt sein, um effektiv und zeitnah eingreifen zu können. Dank entsprechenden Erschliessungen können Massnahmen vor Ort schneller ausgeführt werden und steigern somit die Chancen, dank einer erfolgreichen Direktbekämpfung Folgekosten zu vermeiden. Nebst kürzeren Anfahrtszeiten und somit schnellerer Reaktionszeit gewährleisten entsprechend ausgebauten Waldstrassen bei Störungssereignissen den Zugang für entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge zur Intervention (Wohlgemut et al. 2010). Sie können so eine kostengünstigere Bekämpfung ermöglichen, als dies beispielsweise mit enorm teuren Helikoptereinsätzen möglich wäre. Von Bedeutung ist eine erleichterte Intervention nicht nur bei Waldbränden, welche heute vor allem auf der Alpensüdseite von Bedeutung sind, sondern auch im Umgang mit Schadorganismen wie dem Borkenkäfer oder invasiven Neophyten, aber auch bei Stürmen oder Schäden infolge starken Schneedrucks. Darüber hinaus gewährleisten Erschliessungen den Zugang zu weiterer Infrastruktur, welche bei biotischen Ereignissen zeitnah erreicht werden muss (Materialdepots, Reservoirs, Löschwasserteiche etc.).

### **Erleichterter Zugang für die Wiederherstellung und Kontrollen**

Nebst der direkten Intervention während des Störungssereignisses sind sehr oft auch Nachkontrollen, Wiederherstellungs- und Überwachungsmassnahmen nötig. Eine angemessene Erschliessung erlaubt eine raschere und kostengünstigere Behandlung von Folgeschäden (Räumung von Windwurf-/Käferholz, Pflanzungen etc.). Da solche Wiederherstellungskosten einen beträchtlichen Kostenanteil ausmachen (Kaltenbrunner

und Roth 2005), sind die Effekte eines angemessenen Zugangs durch Waldstrassen nicht zu vernachlässigen. Darüber hinaus gewährleistet die Walderschliessung erst, dass Kontrollen nach Störungsereignissen überhaupt regelmässig durchgeführt werden können. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass diese Aufgabe nur dann wahrgenommen wird, wenn der Zugang zu den entsprechenden Gebieten gewährleistet ist.

### **3.2.2 Effekte auf den Biotop- und Artenschutz**

Der Wald ist der grösste, am weitesten verbreitete und artenreichste Lebensraum der Schweiz (Weber und Berchten 2010). Mit der Waldpolitik 2020 hat sich der Bund unter anderem zum Ziel gesetzt, die Biodiversität zu erhalten und gezielt zu verbessern (BAFU 2013).

Eine weitergehende Förderung von Erschliessungsmassnahmen bringt im Hinblick auf die Biodiversität Konfliktpotenzial mit sich, da forstwirtschaftliche Infrastrukturverbesserungen ökologische Auswirkungen nach sich ziehen können. Eine differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen beeinflussten Parameter zeigt aber, dass sich aufgrund von Erschliessungsmassnahmen nicht nur negative, sondern auch positive Effekte für die Biodiversität ergeben können. Diese positiven und negativen Effekte sind nur schwer verallgemeinerbar und müssen nicht zwingend eintreffen. Inwiefern sie sich konkret auswirken, hängt stark von der Bewirtschaftungsform und der Art des Projektes sowie den örtlichen Natur- und Landschaftswerten ab.

#### **Mögliche negative Auswirkungen direkter Art**

Strassenbauten können Lebensräume direkt nachhaltig beeinträchtigen (Wegmann 1991). Dabei sind verschiedene Auswirkungen zu nennen: Erschliessungsanlagen können das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen (BFL 1987). Kritisch einzustufen sind auch die mit schweren Baumaschinen unsorgfältige Bauausführung und unnötig grosse Geländeeinschnitte sowie Aufschüttungen (Leibundgut 1990). Diese können auch das Einschleppen von Neophyten begünstigen. Ein wichtiger Effekt beim Neubau von Strassen kann sich durch die Störung des Bodens ergeben (Erosion, hydrogeologische Veränderungen etc.) (Spinelli und Marchi 1996). Ebenfalls beeinträchtigt werden kann der Wasserhaushalt von betroffenen Gebieten, wobei nicht nur oberirdische Gewässer, sondern auch unterirdische Abflüsse, Grundwasser oder Hangwasserzüge durch den Strassenbau beeinflusst werden (Spinelli und Marchi 1996; LfU 2012). Weitere negative Auswirkungen des Strassenbaus sind die direkte Zerstörung von Biotopen, wenn etwa Lebensraum von gefährdeten Arten durch den Bau von Strassen vernichtet wird (Wegmann 1991). Auch hinsichtlich der Zerschneidung von Lebensräumen kann die Förderung von Erschliessungsanlagen ökologische Nachteile mit sich bringen. Für Kleintiere können Waldstrassen schwer überwindbare Hindernisse darstellen. Solche Strassen isolieren einzelne Teilpopulationen zwar nicht genetisch, begrenzen aber deren Lebensräume (Wegmann 1991). Zahlreiche Arten sind aber auf eine gute Vernetzung verschiedener Lebensraumelemente angewiesen. Ebenso sollte Ruhe für störungsempfindliche Arten gegeben sein (Scheidegger et al. 2010).

### **Mögliche negative Auswirkungen indirekter Art**

Aus Sicht des Natur- und Heimatschutzes muss es auch weiterhin Waldflächen geben, welche nicht erschlossen und somit auch nicht bewirtschaftet werden (BLF 1987). Eine angepasste Walderschliessung kann zu einer höheren Holznutzung führen. Dies kann zu künstlich verkürzten Umtriebszeiten der Wälder führen, so dass insbesondere alte Entwicklungsphasen in Wirtschaftswäldern fehlen können. Ebenfalls besteht die Gefahr, dass Biotopbäume und Totholz aus dem Bestand entfernt werden. Dies beeinträchtigt Habitatspezialisten biologisch alter Entwicklungsphasen sowie Totholzspezialisten. Der Totholzanteil ist in den letzten Jahren zwar trotz zunehmender Holzernte gestiegen (Brändli 2010), was unter anderem auf Stürme sowie die Einrichtung von Waldreservaten zurückzuführen ist. Aus ökologischer Sicht befindet sich im Schweizer Wald aber nach wie vor zu wenig Totholz (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009). Eine weitere negative Folge von Waldstrassen können die zunehmende Erholungs- und Tourismusnutzung sein (vergleiche Kapitel 3.2.4), welche für störungsempfindliche Arten eine erhebliche Belastung darstellen kann (Wegmann 1991). Da sich aber der grösste Teil der Waldbesucher auf den Waldstrassen bewegt, bleibt die Störung konzentriert und ein Grossteil der Tier- und Pflanzenwelt wird nur wenig beeinträchtigt (Leibundgut 1990).

Nebst den negativen Effekten, welche eine mögliche Förderung der Walderschliessung direkt oder indirekt auf den Biotop- und Artenschutz mit sich bringt, sind auch Auswirkungen zu nennen, welche für die Biodiversität positiv zu werten sind. Denn Biodiversität setzt sich aus unterschiedlichen Teilespekten zusammen. Nebst alten Entwicklungsphasen/Biotopbäumen, Totholz, Vernetzung und Ruhe sind auch die Nischenvielfalt und Licht wichtige Faktoren (Schweizerischer Forstverein 2013).

### **Mögliche positive Auswirkungen direkter Art**

Beim Straßenbau können aufgrund des Aushiebs und Erdbewegungen Standorteigenschaften verändert werden, was zu einer erhöhten Artenvielfalt an Pflanzen führt (Wegmann 1991). Walderschliessungen können massgebliche Randeffekte („innere Waldränder“) erzeugen, so dass Licht in den Bestand dringt und die Artenzusammensetzung verändert wird. Solche Waldränder sind oft besonders artenreich (Duelli et al. 2002). Darüber hinaus erfordern kleinflächige Eingriffe, welche dem naturnahen Waldbau gemäss Waldgesetz entsprechen, besser mit einer minimalen Walderschliessung erfolgen können.

### **Mögliche positive Auswirkungen indirekter Art**

Heute befinden sich viele Wälder in einer vorratsreichen und deshalb schattig-kühlen Optimalphase, sodass licht- und wärmebedürftige Arten, welche heute selten und gefährdet sind (Scheidegger et al. 2010) wenig geeignete Lebensräume finden. Die jahrzehntelange Unternutzung führte unter anderem dazu, dass viele Wälder vorratsreich und dunkel wurden (Schweizer Forstverein 2013). Eine Förderung der

Walderschliessung könnte insofern einen positiven Effekt auf die Biodiversität haben, da vermehrt genutzt würde. Besonders strukturreiche Wälder mit einer hohen Baum- und Strauchartenvielfalt sind häufig in lichten Wäldern vorzufinden. Eine solche Wirkung kann – nebst natürlichen Störungen, welche die Sukzession unterbrechen und so die Dominanz einzelner Arten reduzieren (Wohlgemut et al. 2002) – auch durch forstliche Eingriffe erzielt werden. Eine aktuelle Studie belegt mit Hilfe einer Szenarienanalyse, dass eine erhöhte Holznutzung einen positiveren Effekt auf die Waldbiodiversität aufweist als ein langfristig auf dem Niveau von 2006 bleibender Holzvorrat (Weber und Berchten 2010). Darüber hinaus gewährleistet eine angemessene Erschliessung die Nähe zu Holzlagerplätzen und Abfuhrstrassen, so dass bei der Holzbringung Schäden an Bäumen, Jungwuchs und am Waldboden durch kurze Rückedistanzen sowie den Einsatz umweltschonender Technik vermieden werden können (Leibundgut 1990).

### **3.2.3 Minderung des Treibhausgaseffektes durch vermehrte Holznutzung / Anpassung der Wälder an den prognostizierten Klimawandel**

Walderschliessungen können einen Beitrag zur Minderung von möglichen Folgen des Klimawandels leisten. Einerseits ist dabei die Verringerung des Treibhausgaseffektes durch eine vermehrte Holznutzung und kaskadenartige Verwendung zu nennen, welche erst durch eine optimierte minimale Erschliessung erfolgen kann. Quantifiziert wird der Effekt der Bereitstellung des klimaneutralen Rohstoffes Holz im Kapitel 3.3. Andererseits ist hinsichtlich des prognostizierten Klimawandels auch eine genügend grosse Störungselastizität von Wäldern von herausragender Bedeutung (OcCC / ProClim 2007). Eine nachhaltige Nutzung der Wälder und damit Sicherstellung der Verjüngung erhöht die Widerstandskraft und Stabilität der natürlichen Ökosysteme. Auch für die Adaption der Wälder an veränderte klimatische Bedingungen ist eine angemessene Bewirtschaftung nötig, die geeignete Waldstrassen voraussetzt. Eine standortsgerechte Wiederbewaldung (Mischwälder, Reduktion der Fichte auf gewissen Standorten etc.) lässt sich nicht allerorts durch fortlaufende Naturverjüngung erzielen; oftmals muss gepflanzt, Verbisschutz muss installiert werden und ein dauerhafter Zugang für Pflegemassnahmen sollte gewährleistet sein.

### **3.2.4 Auswirkungen auf Zugangswirkungen / Mehrfachnutzung allgemeiner Art**

Waldstrassen unterliegen oftmals einer Mehrfachnutzung. Nebst der Waldwirtschaft erleichtert eine allfällige Förderung der Walderschliessung auch den Zugang für zahlreiche weitere Nutzniesser. Im Folgenden werden diese Auswirkungen einer möglichen Förderung der Walderschliessung für folgende Bereiche aufgezeigt:

- Landwirtschaft
- Erholung und Tourismus
- Infrastrukturanlagen

## **Landwirtschaft**

Zur Nutzung und Pflege des ländlichen Raumes – analog der Pflege von Wäldern – ist man auch in der Landwirtschaft auf eine angemessene Erschliessung angewiesen. Im Agrarsektor werden Erschliessungen gefördert, dabei können nicht-landwirtschaftliche Interessen angemessen berücksichtigt werden (BLW 2007). Umgekehrt können aber auch mehrheitlich forstwirtschaftlichen Zwecken dienende Strassen einen positiven Effekt auf die Landwirtschaft haben. Hier sind etwa Weiler- und Hoferschliessung, Alperschliessung, Erhalt der Kulturlandschaft oder die fachgerechte Bewirtschaftung von Biotopen zu nennen (Kuonen 1989). Solche Mehrfachnutzungen sind häufig. Diese kombinierten Erschliessungen ermöglichen eine effiziente Nutzung und erlauben eine integrale Planung und Bewirtschaftung des gesamten Raumes. Wenn Waldstrassen im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Erschliessungen nicht gefördert werden können, besteht die Gefahr, dass es zu unvorteilhaften Erschliessungslösungen kommt, die nur einen Teil der Sektoren berücksichtigen und das Synergiepotenzial für den ländlichen Raum nicht auszunutzen.

## **Erholung und Tourismus**

Für Erholungssuchende ist der Wald der wichtigste frei zugängliche Naturraum (BAFU und WSL 2010). In der Schweiz umfasst die Zugänglichkeit des Waldes nicht nur das Betreten des Waldes zu Fuss, sondern auch das Befahren des Waldes beispielsweise mit Fahrrädern und das Reiten im Wald, dies sowohl auf Waldstrassen als auch im übrigen Wald (Keller und Bernasconi 2005). Waldstrassen werden von Erholungssuchenden sehr oft genutzt. Die meisten Freizeitaktivitäten im Wald spielen sich auf bzw. unmittelbar neben Waldstrassen und Wegen ab. Sie sind somit von grundlegender Bedeutung (Bernasconi und Schroff 2008) und werden von den Waldbesuchern positiv gewertet (BAFU und WSL 2010). Der (Aus-) Bau von Waldstrassen kann sich demnach positiv auf den Wert für Erholungssuchende bzw. damit verbunden die Volksgesundheit auswirken und so indirekt auch das Umweltbewusstsein im Allgemeinen steigern. Es sind jedoch auch negative Effekte möglich, wenn eine erhöhte Nutzung für störungsempfindliche Tierarten zu einer Beeinträchtigung führt.

Eine ähnliche Bedeutung können Erschliessungen im Wald auch für den Tourismus haben. Erschliessungen können als Infrastrukturangebote wie beispielsweise Wanderwege, Schlittenbahnen oder Skiabfahrten genutzt werden und bieten in touristischer Hinsicht einen Mehrwert. Solche Effekte können im Schweizerischen Berggebiet regional sehr stark ins Gewicht fallen (Bebi et al. 2004). Wiederum kann dies einerseits aber auch eine Störung für Ruhesuchende sowie gewisse Tierarten bedeuten, andererseits besteht durch das Nutzen von Strassen die Möglichkeit, die touristischen Aktivitäten im Wald auf die Strassen zu bündeln und dadurch ausserhalb der Wege unnötige Störungen zu vermeiden.

## **Infrastrukturanlagen**

Unterschiedlichste Infrastrukturen sind bereits heute durch Waldstrassen erschlossen. Beispielsweise kommt dem Trinkwasser aus dem Wald in der Schweiz eine sehr grosse

Bedeutung zu (Brändli 2010). Erschliessungsstrassen können den Zugang zu Trinkwasserfassungen erleichtern und somit eine standesgemässe Wartung der dafür nötigen Infrastruktur gewährleisten. Weitere Anlagen sind etwa Zivilschutz- oder Militärbauten, Elektrizitätswerke oder Sendemasten. Auch hier profitieren die Nutzniesser von einem erleichterten Zugang für Wartung, Kontrolle und Nutzung der entsprechenden Anlagen. Dieser Synergieeffekt zwischen Waldbewirtschaftung und weiteren Nutzern erlaubt einen geregelten Zugang über eine angepasste Erschliessung und verhindert so das Aufkommen von ineffizienten Parallelerschliessungen.

### **3.2.5 Erleichterter Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten**

Rund 49% des Schweizer Waldes schützen Siedlungen und Verkehrswege vor Naturgefahren oder können die damit verbundenen Risiken reduzieren (Losey und Wehrli 2013). Bereits heute fördert der Bund im Rahmen seiner Programmvereinbarungen die Bewirtschaftung der Schutzwälder sowie Infrastrukturmassnahmen im Schutzwald. Ob die Schutzwälder ihre Funktion momentan erfüllen, hängt von der Naturgefahrenart und dem aktuellen Bestandesaufbau ab. Denn wenn Holz stehen bleibt, weil aus Kostengründen keine Holzschläge mehr ausgeführt werden, besteht die Gefahr, dass die Schutzwälder überaltern, weil die nachhaltige Verjüngung fehlt, so dass die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Schutzwälder mittelfristig nicht gewährleistet werden kann. Eine minimale Basiserschliessung kann also diese Rahmenbedingungen optimieren (Weber et al. 2004) und ist somit für die Pflege der Schutzwälder unabdingbar (AfW 2008). Nebst der nachhaltigen Sicherstellung der Schutzfunktion bewirken dem Stand der Technik angepasste Waldstrassen zudem, dass das Forstpersonal nicht nur schneller (und somit kostengünstiger) in den Wald gelangt, sondern auch sicherer. Ebenfalls kann dadurch auch die phytosanitarische Überwachung zeit- und lagegerecht ausgeführt werden. Sind dank einem Neu- bzw. Ausbau von Waldstrassen mechanisierte Holzernteverfahren möglich, können Holzerntekosten reduziert und die Arbeitssicherheit verbessert werden.

Die Bewirtschaftung der Wälder zur Erhaltung ihrer Schutzfunktion und der damit verbundene Nutzen sind gegenüber technischen Schutzmassnahmen wesentlich kostengünstiger (Olszewski et al. 2012). Wo die Schutzwälder dennoch nicht ausreichend vor Naturgefahren schützen können, kommen technische Bauten zum Einsatz. Schutzwälder können hier die Gesamtkosten der Verbauungen verringern, da die Schutzbauten selbst auch durch die darüber liegenden Wälder geschützt werden und so weniger Unterhalt nötig ist (Métral 2013). Durch die Förderung der Walderschliessung ist ein besserer Zugang zu Schutzbauten möglich. Dies gewährleistet, dass technische Verbauungen zu vernünftigen Aufwandskosten unterhalten und instand gestellt werden können. So wurden viele bestehende Waldstrassen im Gebirge ursächlich für die Erstellung von Schutzbauten gebaut. Wäre der Zugang nicht gewährleistet, würden insbesondere Kontrollen nicht oder nur unzureichend durchgeführt, was sich negativ auf die Werksicherheit und Lebensdauer der Schutzbauten auswirkt. Dank einer Basiserschliessung gelangt das zuständige Personal

schneller, günstiger und sicherer zu den entsprechenden Bauten. Sind Waldstrassen entsprechend ausgebaut, können Materialtransporte für Schutzbauten kostengünstiger und effizienter getätigt werden, indem beispielsweise Helikoptertransporte verkürzt bzw. ersetzt werden können.

### 3.2.6 Zusammenfassende Betrachtung

Die qualitative Analyse der von einer möglichen Förderung der Walderschliessung beeinflussten Umweltbereiche zeigt unterschiedlichste Auswirkungen auf. Diese können nicht absolut bewertet werden, da je nach Gebiet und Ausgestaltung der konkreten Erschliessungsplanung einzelne Bereiche unterschiedlich stark betroffen sein können (vgl. Diskussion). Tabelle 7 gibt einen Überblick über die wichtigsten Vor- und Nachteile, welche aber im Einzelfall differenziert zu gewichten sind.

*Tabelle 7:* Übersicht der möglichen Auswirkungen der Walderschliessung auf verschiedene Umweltbereiche (qualitative Auswertung)

Effekte	Vorteile	Nachteile
Umgang mit Störungseignissen biotischer und abiotischer Art	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Erhöhung der Störungselastizität</b> von Wäldern</li> <li>- <b>Erleichterte Intervention</b> bei der Bekämpfung von (a)biotischen Ereignissen</li> <li>- effektives, und zeitnahe Eingreifen, kostengünstigere Intervention</li> <li>- <b>Erleichterter Zugang für Wiederherstellung und Sicherstellung der Kontrollen</b></li> </ul>	
Effekte auf den Biotopt- und Artenschutz	<p><i>Positive Auswirkungen direkter Art</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderung von Standortseigenschaften und <b>erhöhte Artenvielfalt</b> durch Erdbewegungen</li> <li>- Erzeugung von Randeffekten („innere Waldränder“), welche besonders artenreich sind</li> <li>- Kleinflächige Eingriffe entsprechend dem <b>naturnahen Waldbau</b> können besser mit einer minimalen Walderschliessung erfolgen</li> </ul>	<p><i>Negative Auswirkungen direkter Art</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Beeinträchtigung der Lebensräume</b></li> <li>- Gefahr der Einschleppung von <b>Neophyten</b></li> <li>- <b>Beeinträchtigung des Landschaftsbildes</b></li> <li>- Grosse Geländeeinschnitte, Aufschüttungen, mögliche unsorgfältige Bauausführung</li> <li>- <b>Störung des Bodens und des Wasserhaushalts</b></li> <li>- <b>Direkte Zerstörung von</b></li> </ul>

	<p><u><i>Positive Auswirkungen indirekter Art</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Förderung von Licht- und wärmebedürftigen Arten und damit Erhöhung der Biodiversität</b>, weniger dunkle, vorratsreiche Wälder</li> <li>- <b>Vermeidung von Schäden an Bäumen, Jungwuchs und Waldboden</b></li> </ul>	<p><b>Biotopen Zerschneidung</b> von Lebensräumen</p> <p><u><i>Negative Auswirkungen indirekter Art</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Weniger alte Entwicklungsphasen</b> in Wäldern, Biotopbäumen und Totholz, damit verbunden Beeinträchtigungen von Habitat- und Totholzspezialisten</li> <li>- <b>Beeinträchtigung von störungsempfindlichen Arten</b></li> </ul>
Treibhausgaseffekte und Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Verringerung des Treibhausgaseffektes</b> durch vermehrte Holznutzung und kaskadenartige Verwendung des Rohstoffs Holz (Kap. 3.3)</li> <li>- <b>Erhöhung der Widerstandskraft und Stabilität</b> der Wälder durch nachhaltige Nutzung <b>bessere Adaption</b> der Wälder an veränderte klimatische Bedingungen</li> </ul>	
Zugangswirkung und Mehrfachnutzungen	<p><u><i>Landwirtschaft</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermöglichung von kombinierten Erschließungen und einer integralen Planung des gesamten ländlichen Raumes → <b>Ausnutzung des Synergiepotenzials und Vermeidung von Parallelerschließungen durch ungleiche Förderung</b></li> </ul> <p><u><i>Tourismus/Erholung</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Positive Auswirkungen auf <b>Volksgesundheit und Umweltbewusstsein</b></li> <li>- <b>Touristischer Mehrwert</b> durch zusätzliche Infrastrukturangebote</li> </ul>	<p><u><i>Tourismus/Erholung</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Störung</b> von Wildtieren sowie Ruhesuchenden</li> </ul>

	<p><u>Infrastrukturanlagen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erleichterter Zugang für Wartung, Kontrolle und Nutzung der Anlagen</li> <li>- Geregelter Zugang und damit Verhinderung von Parallelerschliessungen</li> </ul>	
Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten (bereits heute gefördert)	<p><u>Schutzwald</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachhaltige Pflege zur Gewährleistung der <b>Leistungs- und Funktionsfähigkeit</b> der Schutzwälder</li> <li>- <b>Schnellerer und kostengünstigerer Zugang</b> zu Wäldern</li> <li>- <b>Sicherer Zugang</b> zu Wäldern</li> <li>- Erleichterung der <b>phytosanitarischen Überwachung</b></li> </ul> <p><u>Schutzbauten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Erleichterter Zugang</b> zu Schutzbauten</li> <li>- <b>Reduktion der Aufwandskosten</b> für Unterhalt, Kontrolle und Instandstellung</li> <li>- <b>Sicherstellung der Kontrollen</b></li> <li>- Gewährleistung der <b>Werksicherheit und Lebensdauer</b> der Schutzbauten</li> <li>- <b>Schnelleres, kostengünstigeres und sichereres Erreichen</b> der Schutzbauten</li> <li>- Kostengünstigere und effizientere <b>Materialtransporte</b></li> </ul> <p><u>Allgemein</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermöglichung einer koordinierten und integralen Erschliessungsplanung über den gesamten Raum → <b>Ausnutzung des Synergiepotenzials und Vermeidung von Parallelerschliessungen durch ungleiche Förderung</b></li> </ul>	

### 3.3 Quantitative Auswertung

Das Kapitel gliedert sich in eine Kosten- und Nutzenaufstellung, welche in einem separaten Abschnitt noch einmal einander gegenübergestellt werden.

#### 3.3.1 Nutzenanalyse

##### 3.3.1.1 Reduktion der Holzerntekosten

Hier wird im Wesentlichen auf die Entwicklung der Holzerntekosten und auf mögliche Einflussfaktoren zur Kostensenkung eingegangen.

##### Entwicklung der Holzerntekosten

Nachfolgend werden in Grafik 9 die Entwicklungen der Holzerntekosten über die letzten fünf Jahre dargestellt. Betrachtet werden sowohl die vier verschiedenen Forstregionen als auch die Gesamtschweiz anhand zweier Datenquellen (Bürgi und Pauli 2013, Waldwirtschaft Schweiz 2013).

Es ist festzustellen, dass die Erntekosten der Regionen Mittelland und Jura unter dem Schweizer Durchschnitt von rund 70 CHF/fm liegen, mit gleichbleibender Tendenz. Die Gebirgsregionen Alpen (+Südalpen) und Voralpen weisen im Mittel ansteigende Holzerntekosten auf. Dies mag daran liegen, dass in den Jahren vor 2008 die Holzpreise akzeptabel waren und vorrangig bringungstechnisch günstige Bestände geerntet wurden. Nun müssen erschliessungsferne Bestände zu folglich höheren Holzerntekosten bewirtschaftet werden. Zu sehen ist der Effekt auch in Abbildung 10. Hierbei ist lediglich die Region Alpen dem Mittelland mit den jeweiligen Holzerntekosten und die liegende Holznutzung gegenübergestellt. Es fällt auf, dass die Nutzungsmengen über den Betrachtungszeitraum relativ konstant bleiben, die Holzerntekosten divergieren. Im Alpenraum nehmen sie aus den schon angedeuteten Gründen zu, im Mittelland gehen sie leicht zurück (Waldwirtschaft Schweiz 2013).

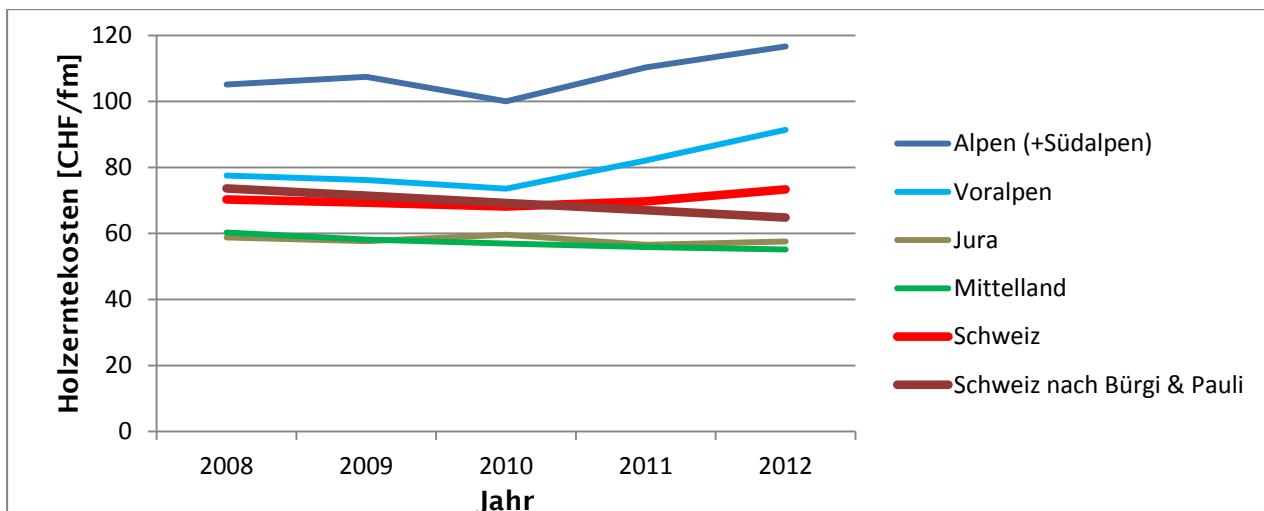


Abbildung 9: Entwicklung der Holzerntekosten über die letzten fünf Jahre. Quelle: Waldwirtschaft Schweiz (2013), Bürgi und Pauli (2013); extrapoliert

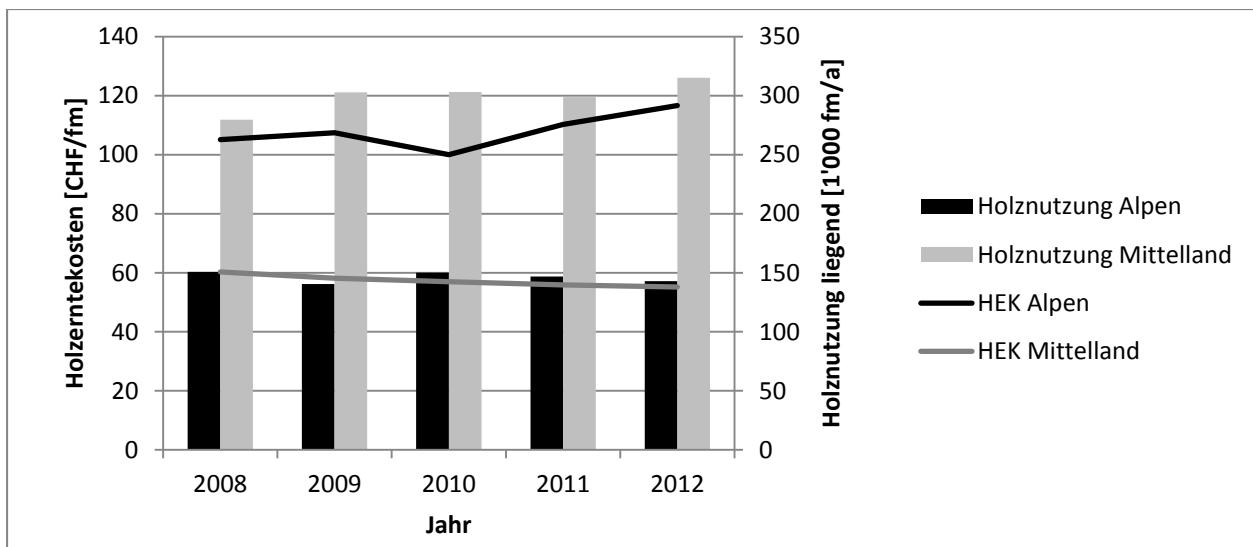


Abbildung 10: Gegenüberstellung von Holzerntekosten und der eingeschlagenen Menge; Vergleich der Forstregionen Alpen und Mittelland. Quelle: Waldwirtschaft Schweiz (2013)

### Veränderung der Holzerntekosten durch moderne Holzerntetechnik

Um eine volkswirtschaftliche Betrachtung vornehmen zu können, müssen die einzelnen Holzernteaktivitäten analysiert und deren jeweiliges Einsparungspotenzial ermittelt werden. In der Holzernte fallen die Posten (i) *fällen*, (ii) *aufarbeiten* und (iii) *rücken* in diesen Bereich. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund einer besseren Erschliessungssituation und erhöhten Tonnagen (im besten Fall 40 t) sich die Holzerntetechnik ändert wird. Laut dem Schweizer Landesforstinventar (WSL 2010a) und Waldwirtschaft Schweiz (2013) liegt der Holzernteanteil der bodengestützten Holzerntetechnik aus Gesamtschweizer Sicht momentan bei 79.6%. Grund für den vergleichsweise hohen Anteil sind die zurückliegenden grossen Windwurfflächen im Mittelland, die insbesondere mit dieser Variante aufgearbeitet wurden (Sandri 2013). Expertenschätzungen zufolge und entsprechend dem längerfristigen Trend werden sich hier keine massiven Veränderungen ergeben. Innerhalb dieses kombinierten Verfahrens kommt es allerdings zu Verschiebungen hin zu einem vermehrten Forwarder-Einsatz, um geschätzte 10%; auch ein tendenzmäßig erhöhter Einsatz bodengestützter Kombinationsverfahren (aus Harvester/Prozessor; Skidder und Traktionswinden-gestützten Forwardern auch in steileren Lagen mit ausreichenden Rückewegen) wird den zuletzt katastrophenbedingt hohen Anteil dieser Verfahren nicht sinken lassen. Die Helikopter-Bringung sowie der Einsatz von konventionellen Seilkränen (KSK) werden zukünftig voraussichtlich einen geringeren Anteil ausmachen. Interne Anmerkungen vom KAWA sowie Einzelprojektgenehmigungen der Kantone Bern und Graubünden sowie diverse Untersuchungen (z.B. Meyer et al. 2001; Pauli et al. 2010) lassen folgende Schlussfolgerungen zu: Beispielsweise wird der Helikopteranteil Schweizweit von 2.4% auf geschätzt 1.5% abnehmen. Vermutlich wird auch der Einsatz des konventionellen Seilkrans um 2.5% schrumpfen. Die Gründe hierfür sind vielschichtig:

neuere mobile Seilkrananlagen werden mit grösser werdenden Tragseilreichweiten angeboten (aktuell liegt die Obergrenze bei einer Länge von 1'500 m, Beispiel Valentini V1500L (Valentini o.J.)), Doppel-Laufwagen ermöglichen die Bergabbringung in Vollbaumtechnik und schliesslich sind besser ausgebaut, in der Traglast angepasste Waldstrassen geeignet, um vermehrt mit modernen, hochproduktiven Kippmastprozessoren („Gebirgsharvester“) zu arbeiten. Aus diesen Gründen wird dem mobilen Seilkrans (MSK) ein Anstieg von 2.5% prognostiziert.

Mit den genannten Änderungen der Technik ergibt sich eine **Reduktion der Holzerntekosten** von aktuell rund 68 CHF/fm auf **etwa 63 CHF/fm**. Bei gleichbleibenden Holzerlösen steigt der holzerntekostenfreie Erlös um 5 CHF/fm.

Holzerntetechnik / Bringungstechnik	Anteil an Efm o.Rinde [%]	Efm o. Rinde [fm]	Kosten / fm [CHF/fm]	Anteil Efm o.Rinde NEU[%]	Delta [%]	Efm o.Rind Kosten/fm NEU [fm]	Kosten/fm [CHF/fm]
Helikopter	2.4	139440	125	1.5	0.9	87150	
Konventioneller Seilkran	7	406700	80	4.5	2.5	261450	
Mobilseilkran / Kippmastprozessor	11	639100	70	13.5	-2.5	784350	
kombinierte Verfahren / bodengestützt	79.6	4624760	65	80.5	-0.9	4677050	
davon Forwarder	15.4	894740	48	25		1452500	
<b>SUMME</b>	<b>100</b>	<b>5810000</b>	<b>Durchschnitt:</b>	<b>68.04</b>	<b>100</b>	<b>Durchschnitt:</b>	<b>63.00</b>
						<b>Delta:</b>	<b>-5.04</b>

Abbildung 11: Berechnungsdarstellung mit Excel. Datenquelle: Waldwirtschaft Schweiz (2013), WSL (2010a)

### 3.3.1.2 Reduktion von Transportkosten

Um einen Überblick über die gesamten in der Forstwirtschaft anfallenden Kosten zu erhalten, dürfen nicht nur die Holzerntekosten in die Kosten-Nutzen-Analyse einfließen, es müssen auch die Transportkosten einbezogen werden.

Wie im Methodik-Kapitel ausgeführt, wird der Transportvorgang in zwei Abschnitten separat betrachtet; einmal der Transport ab Einschlagsort zum Waldlager (Polter) und zum anderen der Transport ab Waldlager zum Kunden. Abbildung 12 stellt den Kostentrend der vergangenen fünf Jahre für diesen ersten Transportabschnitt dar, anhand dessen sich eine Prognose für die weitere Entwicklung ableiten lässt. Es wird deutlich, dass diese Kosten vor allem in den Regionen Alpen (Bereich 6 bis 7 CHF/fm) sowie Voralpen (etwa zwei CHF/fm) massiv sind, während sie im Jura und Mittelland deutlich geringer sind. Dieser Schweizweite Durchschnitt liegt somit bei rund 1.70 CHF/fm (Waldwirtschaft Schweiz 2013). Erklären lässt sich dieser regionale Unterschied durch beengte Anlandeplätze, eingeschränkte Lagerkapazitäten, ungenügende Strassentraglasten, eine geringe Erschliessungsdichte (Alpen: 12.6 m/ha vs. Mittelland: 59.6 m/ha (WSL 2010d)) und eine unterschiedlich hohe Anzahl an ausgehaltenen

Sortimenten. Basis für diese Aussage sind Unternehmer- und Expertenaussagen aus unterschiedlichen Kantonen.

Anhand der Förderbescheide der vergangen fünf Jahre konnte die über Neuererschliessungen bzw. Ausbaumassnahmen betroffene Fläche bzw. Holzerntemenge ermittelt (und auch für die Zukunft abgeleitet) werden. Gewogen um die je Region gelieferte Holzmenge konnte folglich eine Aussage zu diesen Kosten auf Basis Gesamtschweiz errechnet werden. Geht man also beim Holztransport von einer Zuladung von 26-27 fm Frischholz (Candinas 2013; Gronalt et al. 2005) pro Tour und geschätzten 220 Arbeitstagen aus, so ergibt sich eine Transportkostenreduktion bei der Teilstrecke zum Polter von 0,5 CHF/fm.

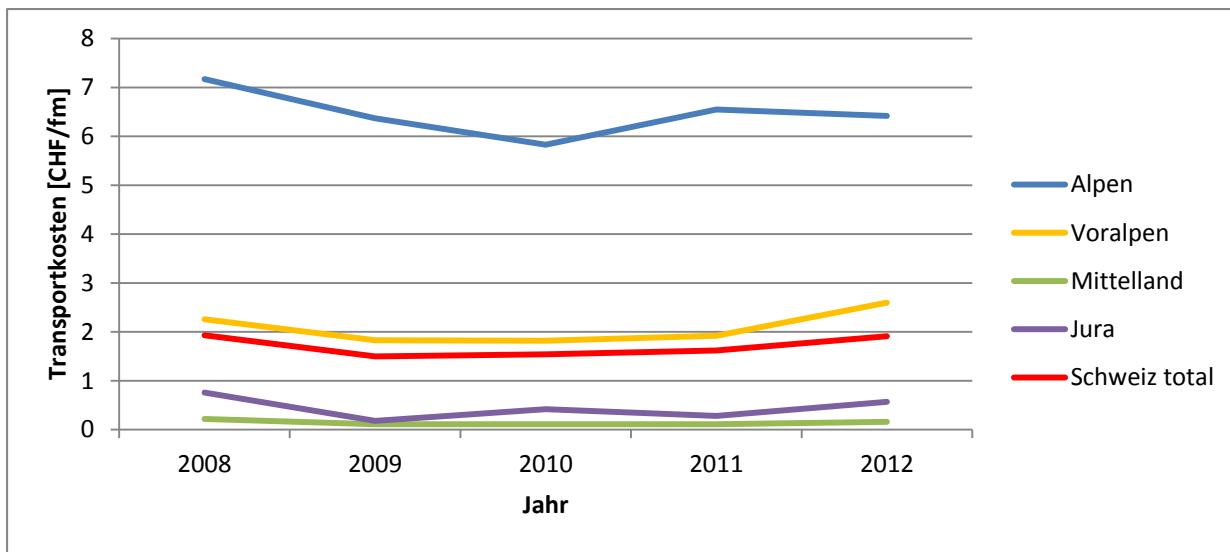


Abbildung 12: Trend Transportkosten bis zum Lagerort. Quelle: Waldwirtschaft Schweiz (2013)

In der Grafik 13 unberücksichtigt bleibt der (bereits genannte) zweite Fahrabschnitt, der Transport vom Polter zum Abnehmer. Dieser Posten taucht in den Testbetriebsnetz-Daten nur sporadisch auf und wird überprägt von Singularitäten. Die Kosteneinsparung für diesen Teilabschnitt wird auf etwa 1.50 CHF/fm geschätzt.

**Insgesamt ist also denkbar, dass die Gesamtkosten durch den Transporteffekt um weitere zwei Franken pro Festmeter verringert werden.**

### 3.3.1.3 Veränderter Holzeinschlag

Durch eine optimierte Waldbasiserschliessung reduzieren sich die Holzerntekosten und erhöhen sich die erntekostenfreien Erlöse für die Waldeigentümer. Daraus folgt eine höhere Bereitschaft zur Holznutzung und im Idealfall ein gesteigerter Holzeinschlag.

In den folgenden Unterkapiteln soll gezeigt werden, auf welche unterschiedliche Weise eine Veränderung des Holzeinschlages berechnet werden kann und wie divers die Resultate sind, die sich schlussendlich daraus ergeben.

### 3.3.1.3.1 Berechnung Holzmarktmodell

Für eine längerfristige Prognose über den zusätzlichen Mehreinschlag kann als eine Möglichkeit das Dynamische Holzmarktmodell (Bürgi et al. 2009b) herangezogen werden. Mithilfe verschiedener Eingangsparameter können Mengenabschätzungen berechnet und als Grundlage für die Kosten-Nutzen-Analyse verschiedener Variablen verwendet werden.

Bei den Berechnungen hier wurde aufgrund geänderter Zukunftsaussichten der Input-Parameter „Schnittwarenproduktion aus Nadelholz“ deutlich angepasst. Laut Einschätzungen von Bürgi et al. (2009a) wurde zum damaligen Zeitpunkt (Jahr 2005) von einem Anstieg der Produktion von Nadelschnittholz von 70% ausgegangen. Zum jetzigen Zeitpunkt kann man allerdings nicht mehr davon sprechen, dass Mehrmengen in diesem Umfang produziert werden und die Prognose hinsichtlich dessen wurde auf 30% (im Modell werden zu diesem Wert noch 100% addiert<sup>6</sup>) gesenkt. Nicht zuletzt ist auch die Schliessung des Gross-Sägewerks Mayr-Melnhof Swiss Timber am Standort Domat/Ems in diesem Zusammenhang erwähnenswert. Mehrere Quellen berichten übereinstimmend von einer Negativspirale und sehen für die kommenden Jahre keine Trendwende voraus (z.B. Bürgi 2013b). Auch Daten des Bundesamts für Statistik (2013b) belegen den rückläufigen Trend in der Schnittholzproduktion allgemein und speziell auch beim Nadelholz. Seit 2010 zeigen die beiden zuletzt genannten einen parallel laufenden Abwärtstrend. Lag die Schnittholzproduktion für Nadelholz 2010 noch bei rund 1.4 Mio. fm, so ging sie bis 2012 auf 1 Mio. fm zurück. Die Schnittholzproduktion für Laubholz befindet sich seit einigen Jahren auf etwa gleichbleibendem Niveau und musste im Marktmodell nicht verändert werden (BFS 2013b).

*Tabelle 8:* Verwendete Inputparameter im Dynamischen Holzmarktmodell. Quelle: Bürgi et al. (2009a)

Sturmholz und Schneedruck	760'000 fm
Käferholz	507'000 fm
Durchschnittliche Erntekosten	90% = 63 CHF/fm
Schnittwarenproduktion aus Nadelholz	130% = 2'990'000 fm <sup>7</sup>
Schnittwarenproduktion aus Laubholz	95% = 138'000 fm
Schnittholzimportpreis Nadelholz	130% = 562 CHF/fm
Schnittholzimportpreis Laubholz	130% = 1'386 CHF/fm
Modellierungszeitraum	2005 - 2025
Marktverhalten	Elastizität 1 , 2 oder 3

<sup>6</sup>100% = Ausgangsbasis 2005

<sup>7</sup>Stammholz (ohne Rinde)

Aufgrund der vorausgegangenen Berechnungen und Effekte der Förderung der Walderschliessung konnten die durchschnittlichen Holzerntekosten um sieben Franken, also um zehn Prozent auf 63 CHF/fm abgesenkt werden.

Auch wurden alle im Modell vorgesehenen Marktelastizitäten gerechnet. Elastizität 1 (E1) beschreibt ein unelastisches Marktverhalten, über Elastizität 2 (E2) nach Elastizität 3 (E3) nimmt dieses weiter zu (Bürgi et al. 2009b). Nach Eingabe der in Tabelle 8 aufgelisteten Parameter erhält man je nach Elastizität unterschiedliche Mehrmengen beim Holzeinschlag. Tabelle 9 enthält die Erntefestmeter pro Jahr, die sich bei den Szenarien E1, E2 und E3 an Mehreinschlag ergeben würden.

*Tabelle 9:* Delta Holzeinschlag (E1, E2, E3) als Resultat des Dynamischen HolzmarktmODELLs. Quelle: Bürgi et al. (2009a)

Elastizität	E1	E2	E3
Veränderung Holzeinschlag	+ 21'000 fm/a	+ 40'000 fm/a	+ 57'000 fm/a

Dem aktuell zu beobachtenden Verhalten der Marktpartner entspricht am ehesten Variante E1, weshalb die weiteren Analysen bzgl. Auswirkungen des veränderten Holzeinschlags auf den Annahmen dieser unelastischen Marktverhaltens (E1) beruhen. Dennoch soll aufgezeigt werden, wie sich das Delta der Holzerntekosten (hier: -7 CHF/fm) auf den Holzeinschlag auswirken kann (vgl. Abb. 13). Die Modellresultate zeigen, dass die Mindernutzung von Festmetern in der Schweiz selbst durch eine deutlich höhere Absenkung der Holzerntekosten nicht spürbar erhöht werden kann. Es muss ergänzt werden, dass bei grossen Sprüngen auf der Kostenseite (etwa ab 20%) davon auszugehen ist, dass eine höhere Elastizität gilt und somit wohl doch mit grösseren Mengenveränderungen zu erwarten sind, was aber nicht primär im Modell abgebildet ist. Die prognostizierte Kostenänderung von zehn Prozent liegt aber noch innerhalb des Toleranzrahmens des Modells. Wie bereits dargestellt erhöht sich der modellierte Hiebsatz bei einem Holzerntekostendelta von -7 CHF/fm (Szenario E1) um 21'000 fm.

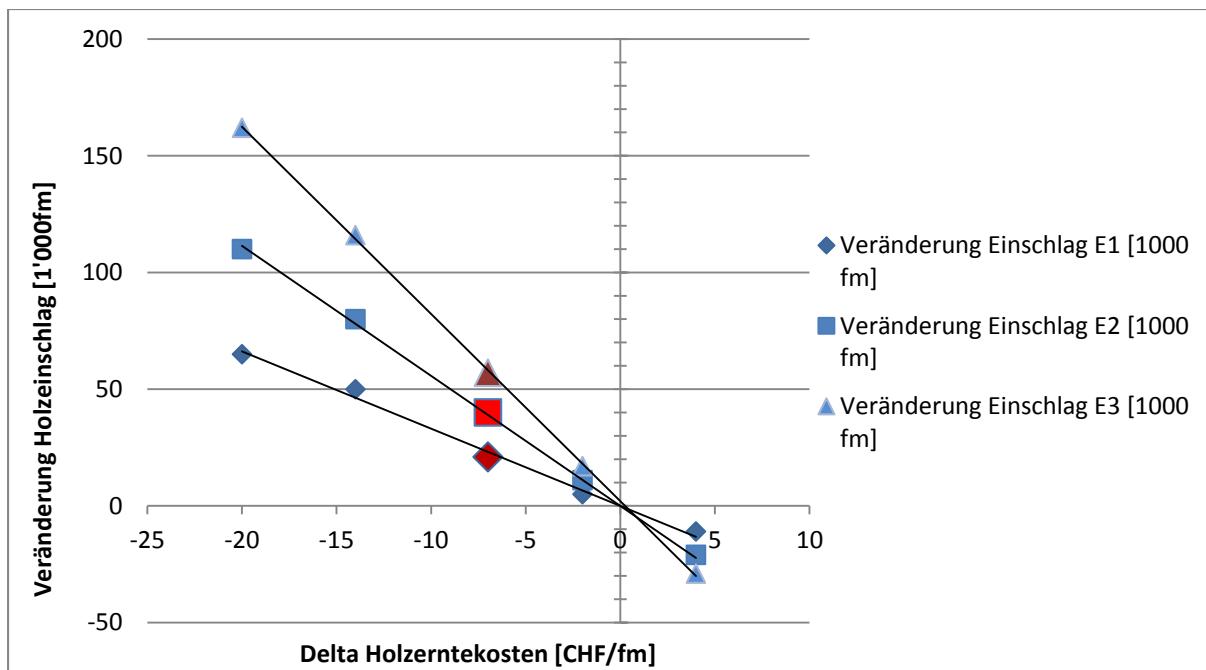


Abbildung 13: Veränderter Holzeinschlag bei variablen Holzerntekosten als Resultat des Dynamischen Holzmarktmodells. Quelle: Bürgi et al. (2009a)

### 3.3.1.3.2 Berechnung Holzmarktmodell, angebotsbasiert

Wie eingangs schon erwähnt, soll mithilfe eines zweiten Ansatzes versucht werden, die Änderung im Holzeinschlag zu quantifizieren. Dabei wird die potentielle Auswirkung nur auf der Angebotsseite (Determinanten: Holzpreis, Holzerntekosten, nicht kompensierbare Kalamitäten), sprich losgelöst von der Nachfrageseite bestimmt. Dieses Vorgehen zeigt die denkbare Obergrenze einer Marktreaktion, bei maximalem „Nachfragesog“ des Marktes. Die Berechnung erfolgt ausserhalb des Holzmarktmodells auf Basis der Schätzungen der Holznachfrage (Bürgi 2013a).

Im vorliegenden Fall würde bei zehn Prozent geänderten Holzerntekosten, sprich ein Delta von sieben Franken weniger pro geerntetem Festmeter und einem momentan unelastischen Marktverhalten (E1) der absolute **Mehrholzeinschlag 516'000 fm** betragen (vgl. Abb. 14; rote Säule).

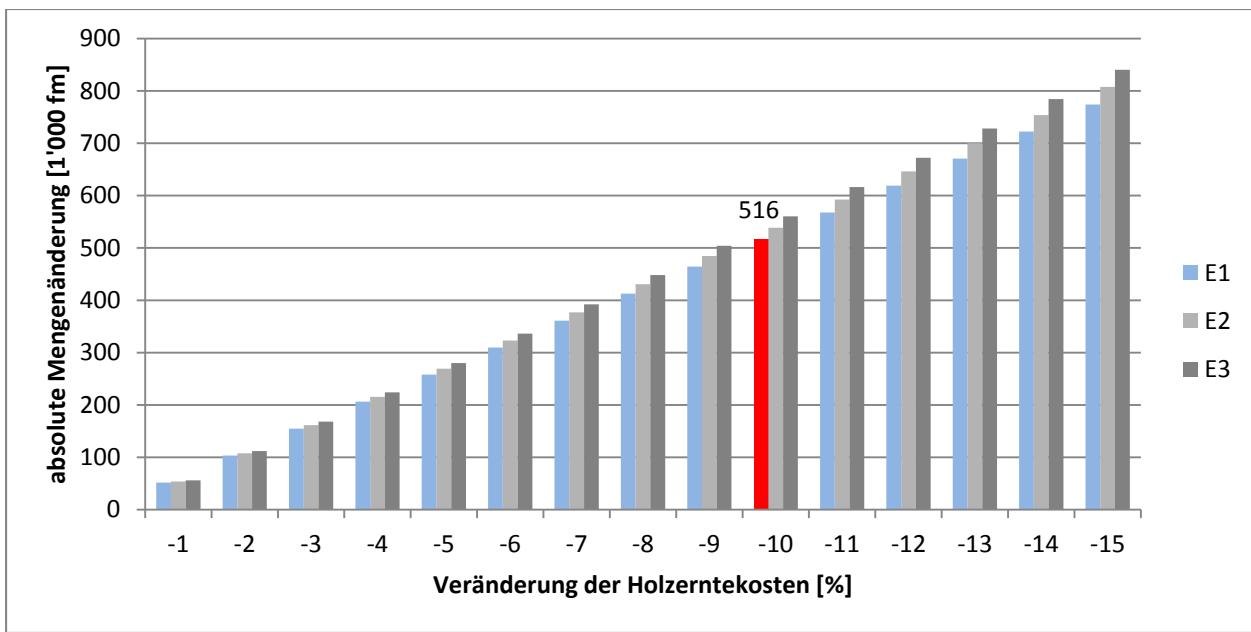


Abbildung 14: Entwicklung des Holzeinschlags bei veränderten Holzerntekosten bei Betrachtung der Angebotsseite. Quelle: Bürgi et al. (2009a)

### 3.3.1.3.3 Berechnung mit effektivem Marktverhalten

Der dritte Ansatz basiert auf der Sondersituation des Holzmarktes im Zeitraum 2007-2012 und untersucht das tatsächliche Marktverhalten dieser vergangenen fünf Jahre. Auffällig war die rückläufige Bewegung beim Holzerlös bzw. Deckungsbeitrag.

Stellt man im Zeitraum 2007 bis 2012 getrennt die Holznutzung für öffentliche und private Anbieter dar (Bürgi et al. 2009a), so erkennt man ein deutlich sensitiveres Angebotsverhalten auf der privaten Seite. Der nach Testbetriebsnetz-Zahlen dargelegte Rückgang des Deckungsbeitrages DB1 im Betrachtungszeitraum führt also auf privater Seite zu einer sichtbar stärkeren Reaktion als auf der öffentlichen Seite (vgl. Abb. 15). Bei der hergeleiteten Veränderung der Kosten von 7 CHF/fm würde sich die Größenordnung der **Einschlagsänderung auf etwa 405'000 fm summieren**.

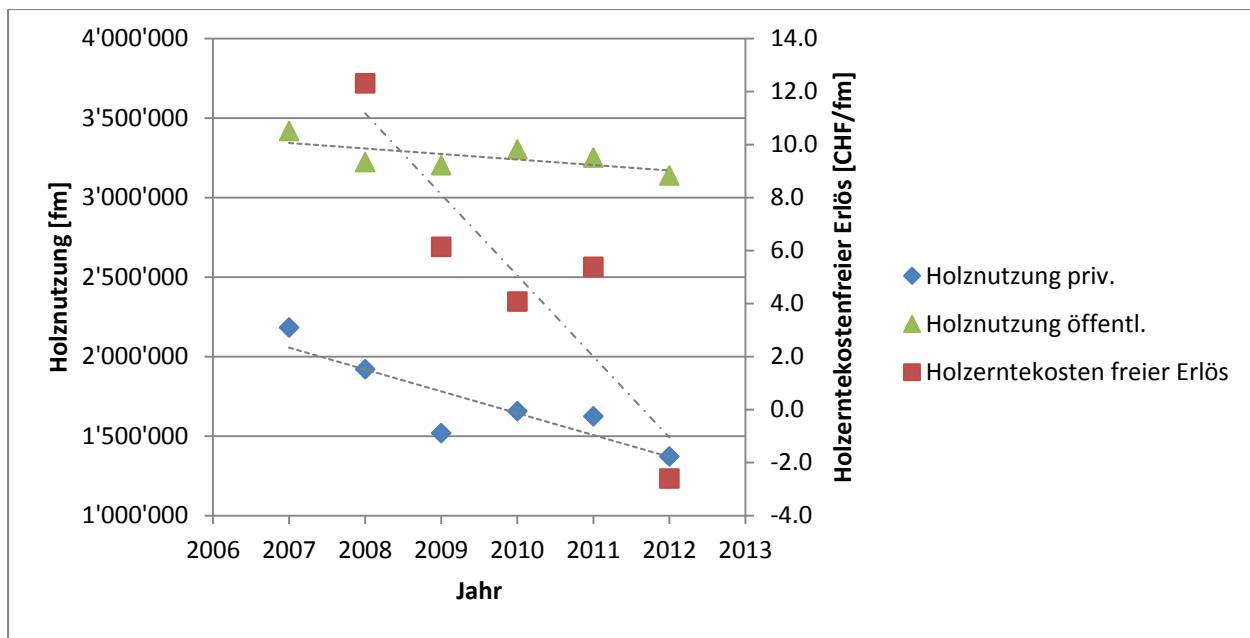


Abbildung 15: Potenzielle Veränderung des Holzangebots. Quelle: Waldwirtschaft Schweiz (2013), BFS (2013a)

Im folgenden **Exkurs** soll kurz anhand von Umfrageergebnissen erläutert werden, wie Privatwaldbesitzer im Kanton Bern die Erschliessungssituation beurteilen und darlegen, wie die Holzernte bei ihnen durchgeführt wird.

Aus der noch unveröffentlichten Umfrage geht hervor, dass die Erschliessungssituation insgesamt auf rund einem Drittel der Waldparzellen als gut, bei 23% als eher gut, bei 21% als eher schlecht, bei 14% als schlecht empfunden wurde; zehn Prozent der Parzellen waren nicht erschlossen. Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die Beurteilung dessen, bezogen auf die verschiedenen Forstzonen des Kantons Bern.

Tabelle 10: Beurteilung der Erschliessungssituation im Privatwald des Kantons Bern, unterteilt nach Forstzonen. Quelle: Dittgen (2013, unveröffentlicht)

	gut erschlossen	eher gut erschlossen	eher schlecht erschlossen	schlecht erschlossen	nicht erschlossen
<b>Jura</b>	25%	22%	41%	9%	3%
<b>Mittelrand</b>	45%	24%	17%	12%	3%
<b>Voralpen</b>	25%	24%	23%	14%	14%
<b>Alpen</b>	16%	21%	21%	21%	20%

Gefragt nach der Holznutzung gaben über die Hälfte der Waldeigentümer an, diese selber durchzuführen und 16% überliessen sie anderen. 23% der Befragten geben einen Teil der Holzernte an Dritte weiter und erledigen den Rest in Eigenregie; sieben Prozent haben keine Holznutzung auf ihrer Waldfläche.

Der überwiegende Anteil der ungenutzten Waldparzellen befindet sich in den Alpen und Voralpen (58%). Zudem sind 79% der ungenutzten Parzellen *eher schlecht, schlecht* oder *nicht erschlossen*. Gefragt nach der Ursache für das Auslassen der Holznutzung

gaben 23% an, dass ihnen eine eigene Ausrüstung fehle, anderen mangelte es an Interesse (18%), Wissen über die Holznutzung (13%) und Zeit (8%). 40% gaben sonstige Gründe an (zum Teil wurden handschriftlich Erläuterungen eingefügt, eine Auswertung dieser Angaben steht noch aus). Die Antwortmöglichkeit „fehlende Erschliessung“ war durch den Fragebogen nicht gegeben.

### **3.3.1.4 Auswirkungen des veränderten Holzeinschlags, dargestellt für die Berechnung nach dem angebots- und nachfragebasierten Holzmarktmodell (E1)**

Nun wirken sich die prognostizierten Mehrmengen im Holzeinschlag nicht nur auf die Holzernte- und Transportkosten aus, es gibt noch weitere Aspekte, die davon beeinflusst werden. Betroffen sind die zukünftige Zusammensetzung der Maschinenausstattung, die Anzahl der Arbeitnehmer, die Arbeitssicherheit sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nachfolgend sind die Ergebnisse für die erste Mehrnutzungsvariante dargestellt, in der Übersichtstabelle bei der Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen sind die Ergebnisse für alle Mehrnutzungsvarianten dargestellt.

#### **3.3.1.4.1 Maschinenpark**

Mit einem Mehreinschlag, bezogen auf die anteilmässige Auslastung der jeweiligen Maschinen, können nicht nur zusätzlich Maschinen bereitgestellt werden, eine bestimmte Anzahl (n) an Maschinen kann gegenteilig sogar nicht mehr profitabel eingesetzt werden. Im Folgenden wird kurz aufgelistet, wie sich die neue Situation nach Szenario E1 darstellt:

- |       |                           |           |
|-------|---------------------------|-----------|
| (i)   | Rundholz-Lkw:             | n= + 1.4  |
| (ii)  | Helikopter:               | n= - 0.5  |
| (iii) | Konventioneller Seilkran: | n= - 20.0 |
| (iv)  | Mobilseilkran:            | n= + 19.7 |

Ausformuliert würde dies beispielhaft bedeuten, dass bei veränderter Holzerntetechnik und dem genannten Mehreinschlag von 21'000 fm eine Anzahl von 19.7 Mobilseilkrananlagen zusätzlich eingesetzt werden könnten.

#### **3.3.1.4.2 Arbeitsplätze**

##### *Waldwirtschaft:*

Gerechnet über alle Holzerntetechniken kann es logischerweise nur bei den Fuhrunternehmern, den bodengestützten Verfahren und beim Mobilseilkran einen positiven Anstieg bei den Arbeitnehmern geben. Allen anderen Holzerntetechniken wird ein negativer Trend vorausgesagt, woraus für diese ein geringerer Hiebssatz resultiert und damit weniger Arbeitsplätze zur Verfügung stehen. Im Mittel werden etwa die gleiche Anzahl an Arbeitsplätzen geschaffen, wie auch verschwinden werden. Ein spürbarer Effekt macht sich bei den Auswirkungen im Arbeitsmarkt also nicht bemerkbar.

#### *Holzindustrie:*

Ausgehend von einem Rundholzeinschnitt von 757 fm/a pro Beschäftigtem (Oberer 2013) könnten bei einem veränderten Holzeinschlag von +21'000 fm (E1) rund 28 Arbeitskräfte zusätzlich angestellt werden.

#### **3.3.1.4.3 CO<sub>2</sub>-Effekte**

Dieser Abschnitt liefert eine stark vereinfachte Darstellung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen beim Holztransport (frei Werk-Lieferung), aus welcher sich jedoch Tendenzen ableiten lassen. Es ist hier vor allem wichtig zu erwähnen, dass jeder zusätzlich in Nutzung gebrachte Festmeter in der Substitution anderer, auf fossiler Energie basierender Güter Kohlendioxid binden und ersetzen kann.

#### CO<sub>2</sub>- Einsparung durch

(i)	erhöhte Holznutzung:	15'750 t
(ii)	reduzierte Transportkilometer:	390 t

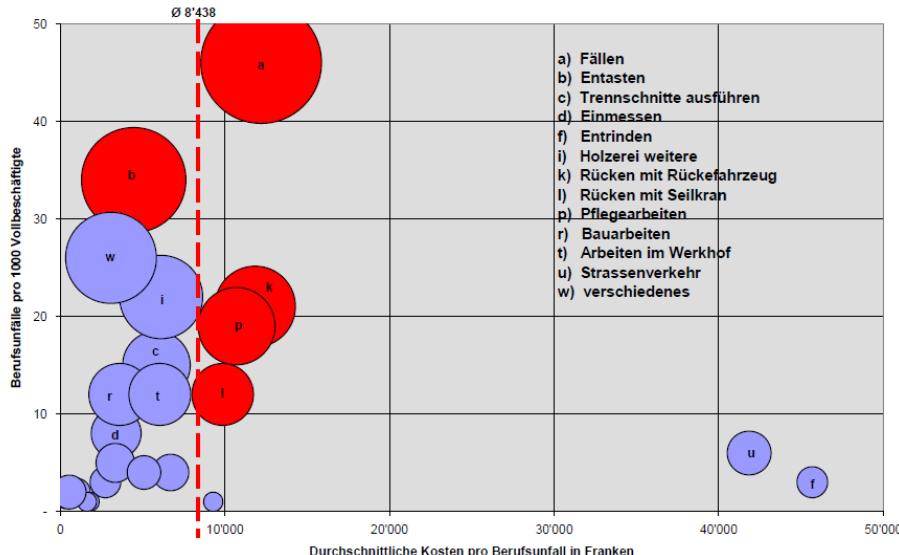
In einer additiven Betrachtung wären dies für das Szenario E1 rund 16'140 t CO<sub>2</sub>, die zusätzlich entweder im Holz gebunden oder in Form von Diesel eingespart werden.

Diese aus Szenario E1 resultierenden 16'140 t CO<sub>2</sub> können mit dem Kostensatz von CHF 40 je Tonne CO<sub>2</sub> monetär bewertet werden. Hieraus ergibt sich eine Kostenreduktion durch die Kohlenstoffdioxideinsparung von rund CHF 649'000.

#### **3.3.1.4.4 Arbeitssicherheit**

In der Waldwirtschaft ereignen sich verhältnismässig viele und schwere Unfälle. Mit rund 300 Berufsunfällen pro 1'000 Vollbeschäftigte (Wettmann 2009) sowie jährlich etwa vier Todesfällen im langfristigen Mittel (Odermatt 2009) zählt die Waldwirtschaft zu den unfallträchtigsten Branchen der Schweiz (Wettmann 2009).

Die höchsten Unfallrisiken in der Forstwirtschaft birgt nach wie vor die motormanuelle Holzernte (MKUKNV NRW 2012). Etwa zwei Drittel aller Unfälle ereignen sich bei Holzerntearbeiten, ein Drittel bei übrigen Tätigkeiten. Unfallschwerpunkt Nummer eins ist das Fällen von Bäumen (Suva 2005, vgl. Abb. 16). Ein Fällunfall verursacht dabei rund 50% höhere Kosten als ein durchschnittlicher Holzereiunfall (Suva 2005). Weitere Schwerpunkte sind das Entasten, Rücken mit Rückefahrzeug, Pflegearbeiten, Rücken mit Seilkran und Ausführen von Trennschnitten (Suva 2005).



*Abbildung 16: Häufigkeit und Kosten der Berufsunfälle in Forstbetrieben nach Tätigkeiten. Die Grösse der Kreise entspricht der Anzahl Fälle. Quelle: Suva (2005)*

Eine Studie aus dem Jahr 2003 zeigt, dass sich die direkten Kosten<sup>8</sup> pro Berufsunfall (inkl. Unfälle mit Todesfolge) auf durchschnittlich knapp CHF 8'500 belaufen (Suva 2005). Daneben fallen den Forstbetrieben aber noch sogenannte indirekte Kosten<sup>9</sup> an, welche gemäss eines Berichts des BUWAL zur Arbeitssicherheit bei Holzerntearbeiten (Ammann et al. 2002) mindestens doppelt so hoch sind. Nicht mit eingerechnet sind dabei private Kosten, welche den Verunfallen selbst entstehen und nicht beziffert werden können (Ammann et al. 2002). Eine einfache Abschätzung, welche auf den Überlegungen von Ammann et al. (2002) basiert, zeigt, dass die Berufsunfälle in den Forstbetrieben jährlich Kosten in der Höhe von rund CHF 44 Mio. verursachen (Tab. 11 und 12).

Tabelle 11: Abschätzung der durchschnittlichen Anzahl der Berufsunfälle pro Jahr.  
Eigene Berechnung.

Anzahl Vollbeschäftigte in der Forstwirtschaft <sup>10</sup>	Anzahl Berufsunfälle pro 1'000 Vollbeschäftigte <sup>11</sup>	Anzahl Berufsunfälle pro Jahr (= 5'750 x 300 * 0.001)
5'750	300	1'725

<sup>a</sup>Versicherungsleistungen wie Arzt- und Medikamentenkosten, ausbezahlte Taggelder oder Renten

<sup>9</sup>Lohnkosten während den ersten drei Unfalltagen, 20% der Lohnkosten ab dem vierten Tag, Kosten für Administration, Ersatzpersonal, Produktionsausfall etc.

El Satzperso  
10 BFS 2012

BR 2012  
11 Wettmann 2009

*Tabelle 12: Abschätzung der jährlichen Berufsunfallkosten. Eigene Berechnung, basierend auf den Überlegungen von Ammann et al. (2002).*

	<b>direkte Kosten [CHF]</b>	<b>indirekte Kosten (=2x direkte Kosten)[CHF]</b>	<b>Kosten total [CHF]</b>
Durchschnittliche Berufsunfallkosten pro Ereignis	8'500	17'000	25'500
Durchschnittliche Berufsunfallkosten gesamthaft (=Anzahl Berufsunfälle x Kosten)	14.7 Mio.	29.3 Mio.	44 Mio.

Es ist zu erwarten, dass sich eine Förderung der Walderschliessung positiv auf die Unfallhäufigkeit und damit auch auf die damit verbundenen Kosten auswirkt. Der Ausbau auf bzw. der Neubau von dem heutigen Stand der Technik angepassten Waldstrassen erlaubt den Einsatz von Vollernter und Forwarder, so dass die Holzernte vermehrt hochmechanisiert erfolgen kann. Diese bietet gewichtige Vorteile bezüglich der Arbeitssicherheit (Weber et al. 2004). Unfälle können insbesondere dadurch vermieden werden, dass durch die Ausweitung der mechanisierten Holzernte die gefährlichen manuellen Tätigkeiten (Fällen, Entasten, Trennschnitt ausführen) am unfallauslösenden Objekt reduziert werden (Sohns 2011).

Eine Studie aus den Niedersächsischen Landesforsten aus dem Jahr 2008 zeigt, dass sich bei der vollmechanisierten Holzernte deutlich weniger Unfälle ereignen (1 Unfall / 152'756 fm genutztem Holz) als im motormanuellen Verfahren (1 Unfall / 8'959 fm genutztem Holz) (Sohns 2011). Ähnliche Rückschlüsse sind auch im Schweizer Wald möglich: Die Unfallhäufigkeit in den Forstbetrieben hat im Zeitraum von 1990 bis 1999 trotz steigender Holznutzung um 30% abgenommen (SUVA 2005). Erhebungen aus dem Landesforstinventar (Brändli 2010) belegen, dass auch der Mechanisierungsgrad der Holzernte über die letzten zwanzig Jahre stark zugenommen hat. Die Reduktion der Unfallzahlen ist zwar mit Sicherheit auch auf andere Faktoren wie etwa die Umsetzung neuer Branchenlösungen oder verstärkte Präventionskampagnen zurückzuführen (Ammann et al. 2002). Dennoch kann festgehalten werden, dass zweckmässige und dem aktuellen Stand der Technik angepasste Waldstrassen es erlauben, das Holz mit modernen Holzerntemaschinen nicht nur effizient, sondern auch sicher zum Verarbeiter zu bringen (AfW 2008).

Wie bereits in oben kurz erläutert, kann sich das Unfallgeschehen aus zweierlei Gründen ändern. Zum einen aufgrund von zusätzlich geerntetem Holz (i) und zum anderen wegen Änderungen in der Holzerntetechnik (ii). Nach eigenen Berechnungen ergeben sich folgende, in den Tabellen 13-15 ersichtlichen Kosten und Kostenersparnisse.

*Tabelle 13:* Unfallkosten durch förderungsinduziertes, zusätzlich geerntetes Holz (i)

		motormanuell	teilmechanisiert	vollmechanisiert	Kosten
E1	21'000 fm	+ 0.27 Unfälle	+ 0.7 Unfälle	+ 0.03 Unfälle	CHF 25'500

*Tabelle 14:* Effekt auf das Unfallgeschehen durch förderinduzierte, veränderte Ernte- und Bringungstechnik (ii)

Bringungsmethode	Unfälle [Anzahl]	Kostenersparnis [CHF]
Helikopter	- 2.9	- 73'950
Konventioneller Seilkran	- 13.6	- 346'800
Mobilseilkran	- 2.4	- 61'200
Kombiniertes Verfahren, bodengestützt	- 34.1	- 869'500
	53 Unfälle weniger	- 1'351'450

*Tabelle 15:* Kosteneffekt E1 gesamt

	Kostenersparnis geänderte Technik [CHF]	Kosten durch geerntete Mehr- mengen [CHF]	Kostenersparnis [CHF]
E1	21'000 fm	- 1'351'450	- 1'325'950

### 3.3.2 Kostenanalyse

Anhand der Umfrageergebnisse einer BAFU-Befragung aus dem Jahre 2009 (BAFU 2009) sollen die für die Kosten-Nutzen-Analyse notwendigen Kostendaten abgeleitet werden. Betrachtet werden diese hier getrennt nach Schutzwald und Nicht-Schutzwald sowie nach unterschiedlichen Erschliessungstypen (Wiederinstandstellung nach Naturereignissen, Aus- und Neubau). Der Rückbau von Waldstrassen wurde hierbei nicht erfragt.

*Tabelle 16:* Schweizweite Bedarfsschätzung zur Walderschliessung für zehn Jahre (ab 2009). Quelle: BAFU (2009)

	Neubau [CHF]	Ausbau [CHF]	Wiederinstand- stellung [CHF]
Schutzwald	108'160'000	170'330'000	217'010'000
Nicht-Schutzwald	57'020'000	91'150'000	123'675'000

Gesamthaft beläuft sich die zehnjährige **Bedarfsschätzung** auf **etwa 767 Mio. Franken**. Zusätzlich zu den in Tabelle 16 ersichtlichen Aufwendungen für die Walderschliessung kommen noch rund CHF 900'000 für Erschliessungskonzepte hinzu. Geht man beispielsweise von einer Fördersumme von 80% (Bund und Kantone) aus, so würden sich die **jährlichen maximalen Förderkosten** auf **rund 61.4 Mio. Franken** belaufen.

### 3.3.3 Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen

#### 3.3.3.1 Statische Betrachtungsweise

Nach all den quantitativen Berechnungen, Herleitungen und unter Einbeziehung der Umfrageergebnisse 2009 (BAFU 2009) in den vorherigen Kapiteln kommt man zu folgender, monetärer Kosten- und Nutzen-Übersicht:

- Die gemeldeten Kostenbedürfnisse (BAFU 2009) für die Walderschliessung der Schweiz für die nächsten zehn Jahre belaufen sich auf etwa CHF 767 Mio. Davon entfallen CHF 495 Mio. auf den Schutzwald und CHF 272 Mio. auf den Nicht-Schutzwald.
- Die Holzerntekosten reduzieren sich um rund 5 CHF/fm, die Transportkosten um 2 CHF/fm.
- Ausgehend von einem Holzeinschlag von 5.81 Mio. fm (WSL 2010a) gelangt man zu einer jährlichen Einsparung (durch Senkung der Holzernte- und Transportkosten) von rund CHF 40.67 Mio.
- Auf Seiten des Unfallgeschehens ergibt sich ein positiver Effekt in Höhe von CHF 1.33 Mio. für Variante E1. Der CO<sub>2</sub>-Effekt kann hier mit rund CHF 0.65 Mio. angesetzt werden.

Ginge man nun davon aus, dass sich die berechneten, eingesparten Kosten wie beschrieben auf insgesamt sieben Franken pro Erntefestmeter belaufen, so erhält man selbst bei unveränderten Einschlagsmengen eine jährliche Gesamtkostenersparnis in und ausserhalb des Schutzwaldes von etwa CHF 40.67 Mio. Dieser Einsparungsbetrag wird sich in dieser vollen Höhe aber erst nach Abschluss der angedachten Baumassnahmen (Aus-/Neubau, Wiederinstandstellungen) zum Ende des zehnjährigen Betrachtungszeitraumes einstellen.

Eine Übersicht über die quantifizierten Kosten und Nutzen geben die nachfolgende Tabellen 17 und 18.

*Tabelle 17: Jährliche Kosten und Nutzen: quantitative Auswertungsergebnisse dreier Szenarien (E1-E3)*

Szenario	Nutzen [CHF]	Kosten [CHF]
E1	42.8 Mio.	76.7 Mio.
E2	60.6 Mio.	76.7 Mio.
E3	56.5 Mio.	76.7 Mio.

Tabelle 18: Jährlicher, detaillierter Nutzen: quantitative Auswertungsergebnisse dreier Szenarien (E1-E3)

Szenario	Mehr-nutzung an Holz [fm]	<u>Einsparung</u> durch Reduktion Holzernte- und Transpor-t- kosten zur Basis von 2005 [CHF] <sup>12</sup>	NUTZEN								
			Maschinenpark [n]				Arbeitsplätze [n]		<u>Einsparung</u> durch reduzierte Arbeits- unfälle [CHF]	<u>Einsparung</u> durch geminderten CO <sub>2</sub> -Ausstoss [CHF]	
				Lkw	Heli-kopter	KSK	MSK	Holz-Ind.	Wald-ind.		
Angebot- und Nachfrage gemäss Holzmarktmodell [E1]	21'000	40.8 Mio.	1.4	-0.5	- 20	19.7	28	-3.6	1.33 Mio.	16'140	649'635
Angebot gemäss Holzmarktmodell [E2]	516'000	44.3 Mio.	34.4	-0.4	- 16.9	27.4	682	169	698'650	387'390	15.6 Mio.
effektives Marktverhalten [E3]	405'000	43.5 Mio.	27	-0.4	- 17.6	25.7	535	132	836'350	304'140	12.2 Mio.

<sup>12</sup>Basiseinschlag von 5.81 Mio. fm (WSL 2010a) plus induzierte Mehrnutzung, multipliziert mit der gesamten Kostenreduktion von 7 CHF/fm

## Beispiel

Am Beispiel der Kantone Bern und Graubünden kann man exemplarisch anhand von aktuellen Umfrageergebnissen (August 2013) eine direkte Kosten-Nutzen-Relation aufzeigen (vgl. Tab. 19). Hierbei werden die Gesamtkosten für Aus- und Neubau sowie Wiederinstandstellung nach Naturereignissen den daraus erzielten Nutzen wie den Baumassnahmen und dem geplantem Einschlag gegenübergestellt. Weitere Parameter können im Anhang unter A1 und A2 nachgelesen werden.

*Tabelle 19: Einzelergebnisse der Umfrage 2013 in den Kantonen Bern und Graubünden; Schätzung für die nächsten 10 Jahre (vgl. Anhang A1/2)*

	<b>Kosten</b> <i>geschätzter Bedarf [CHF]</i>	<b>Nutzen</b>	
		<i>geplante Baumassnahme [lfm]</i>	<i>geplanter Einschlag [fm]</i>
<b>Kanton BE</b>			
<i>Schutzwald</i>	23 Mio.	210'000	1.75 Mio.
<i>Nicht-Schutzwald</i>	850'000	12'500	39'800
<b>Kanton GR</b>			
<i>Schutzwald</i>	192 Mio.	625'000	2.3 Mio.
<i>Nicht-Schutzwald</i>	18 Mio.	45'000	155'700

### 3.3.3.2 Dynamische Betrachtungsweise

In der dynamischen Betrachtungsweise wird der Abfluss der Fördermittel über den zehnjährigen Förderzeitraum als konstant angesehen. Ab dem elften Jahr sinkt die Kostenbelastung wegen der unterstellen Absenkung des jährlichen Wiederinstandstellungsbedarfes bzw. dem Auslaufen der Förderung für Neu- und Ausbau. Umgekehrt steigt der Nutzeneffekt kontinuierlich an, um dann über die weitere Betrachtungszeit ab dem elften Jahr auf dieser Höhe zu bleiben (vgl. Tab. 20 / Abb. 17).

Die in die Betrachtung integrierte, laufende Wiederinstandstellung spielt von der finanziellen Höhe eine absolut untergeordnete Rolle. Sie ist auch förderrechtlich irrelevant. Da für den Wegeeigentümer sich aus dem Aus- bzw. Neubau aber finanzielle Verpflichtungen ergeben, die entsprechend ausgebauten bzw. neuen Wege zu erhalten, wurden diese dennoch in die Betrachtung einbezogen.

Tabelle 20: Jährliche Kosten und Nutzen in Mio. CHF

	Jahr	1	2	3	4	5	...	10	11	12	...	40
Kosten												
Wiederinstandstellung	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0			-35.0	-35.0	-35.0		-35.0
laufender Unterhalt	-0.04	-0.09	-0.1	-0.2	-0.2			-0.4	-0.4	-0.4		-0.4
Neubau	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5			-16.5				
Ausbau	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1			-26.1				
Nutzen												
Nutzen E1	4.2	8.4	12.6	16.8	21.1			42.1	42.1	42.1		42.1
Nutzen E2	4.5	9.0	13.5	18.0	22.5			45.0	45.0	45.0		45.0
Nutzen E3	4.4	8.9	13.3	17.7	22.2			44.3	44.3	44.3		44.3

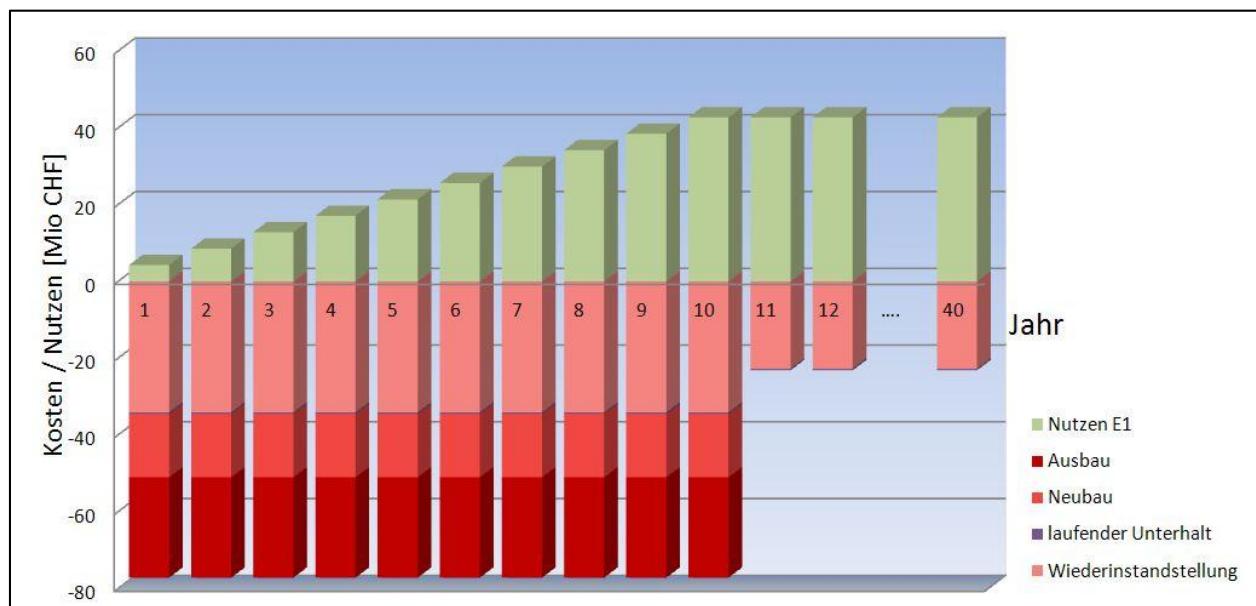


Abbildung 17: Schematisierter Verlauf der Kosten- und Nutzeneffekte über der Zeit

Die **Kapitalbarwerte** sind folgende:

E1: - CHF 123.4 Mio.

E2: + CHF 289,8 Mio.

E3: + CHF 196 Mio.

Demnach rentiert die Förderung erst ab einer gewissen, sich realisierenden Mehrnutzung. Dies ist mit den genannten 21'000 fm aus dem Szenario E1 noch nicht erreicht, aber bei den anderen beiden Szenarien E2/E3 sind die Ergebnisse deutlich positiv.

Wie Abbildung 18 zeigt, so liegt die Gewinnschwelle, der „Break-even“-Punkt, bei einem induzierten jährlichen Mehreinschlag von 169'000 fm.

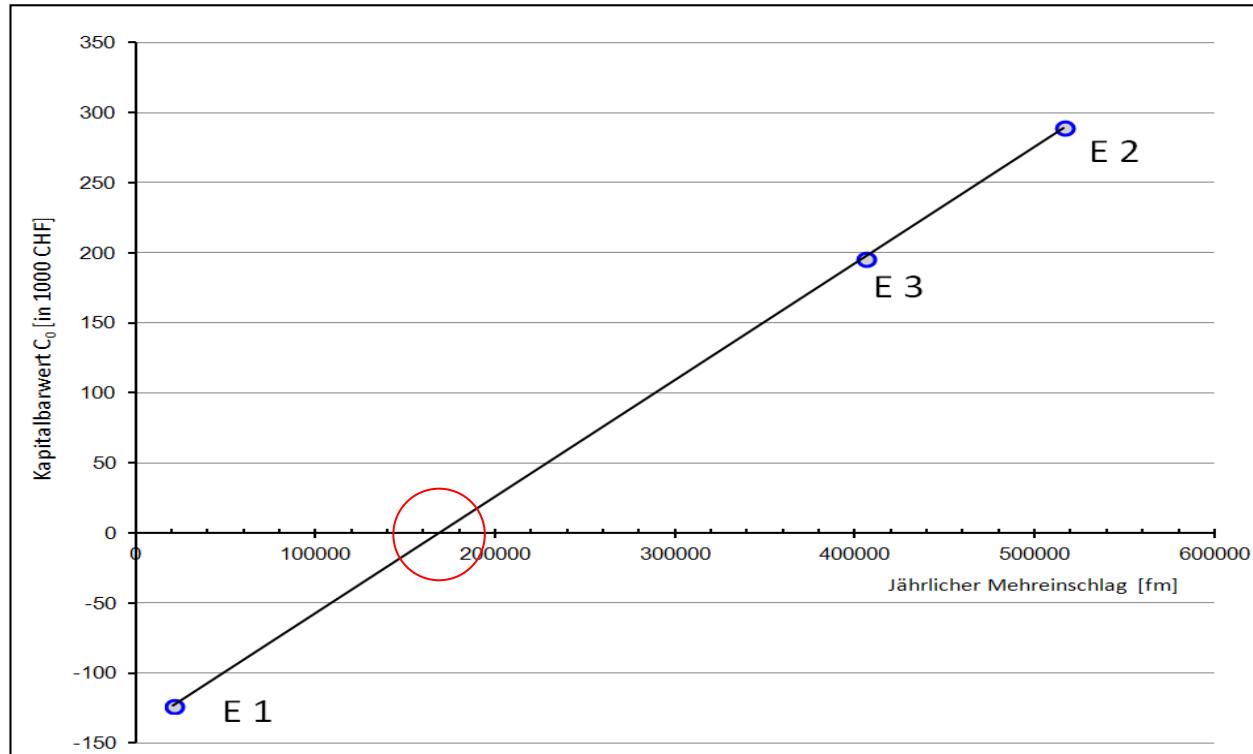


Abbildung 18: Kapitalbarwerte über induziertem, jährlichem Mehreinschlag

## **4. Diskussion der Ergebnisse**

### **4.1 Allgemein**

Mit Ausgabe des Ziels zur Steigerung des Schweizer Holznutzungspotenzials um zwei Millionen Festmeter pro Jahr (BAFU 2013, Waldwirtschaft Schweiz 2013) gilt es die Aspekte, die für eine effektive Waldbewirtschaftung wichtig sind, zu prüfen und ggfs. zu verbessern. Zur Mobilisierung der bislang unter- oder ungenutzten Holzvorräte spielen der Ausbau, die Wiederinstandstellung und der punktuelle Neubau von Waldstrassen eine wichtige Rolle. Bei verbesserter Erschliessung ist eine rasche Reaktion auf eine hoffentlich zukünftig gesteigerte Holznachfrage in einer verbesserten ökonomischen und ökologischen Effizienz eher möglich, als dies momentan der Fall wäre. Nötig ist der Eingriff in das Waldstrassennetz für den Ausbau auf einen modernen Stand der Technik (Traglast und Breite), die Sicherung des bestehenden Erschliessungsnetzes sowie der gezielte und punktuelle Neubau insbesondere in den Regionen in der Schweiz, in denen eine geringe Erschliessungsdichte gepaart mit hohen Vorräten vorherrscht. Im Sinne einer Optimierung der Walderschliessung sind insbesondere im Mittelland auch Stilllegungen oder gar Rückbau in Betracht zu ziehen.

### **4.2 Umweltökonomische Analyse**

In diesem Kapitel wurde im ersten Teil erörtert, ob es eine Legitimation für die staatliche Förderung von Waldstrassen gibt und welche Faktoren im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse für den Bau von Waldstrassen relevant sind. Es wurde festgehalten, dass Waldstrassen direkt oder indirekt eine Basis für die Bereitstellung diverser Güter und Ökosystemleistungen darstellen. Da die Gesellschaft aus diesen Ökosystemleistungen Nutzen zieht, dem Waldeigentümer aber keine entsprechende Abgeltung zukommen lässt, ergibt sich eine Situation von Marktversagen. Dies führt ohne Intervention zu einer aus gesellschaftlicher Sicht suboptimalen Bereitstellung von Waldstrassen. Marktversagen ist eine klassische Begründung für eine staatliche Intervention.

Nach der umweltökonomischen Klärung der Frage der Legitimation für eine staatliche Förderung von Waldstrassen könnte in einer Folgebetrachtung untersucht werden, welcher Staatsebene eine solche Förderung zugeordnet werden sollte. Einerseits fallen Kosten und Nutzen lokal an und die Verläufe von Kosten- und Nutzenkurven sind lokal oft unterschiedlich, was für eine lokale/regionale Staatsebene spricht. Andererseits ist die qualitative Walderhaltung, zu der eine angemessene Walderschliessung beiträgt, eine Verbundaufgabe zwischen Bund und Kantonen (Botschaft NFAII, BBI 2005 6130). Die Waldpolitik 2020 als Bundespolitik enthält nicht wenige Ziele und strategische Stoßrichtungen, für die eine Walderschliessung Voraussetzung ist oder zumindest zur Zielerreichung beiträgt. Diese Aspekte sprechen für eine gesamtschweizerische Ebene. Eine vertiefte Betrachtung konnte aber im Rahmen dieses Auftrages nicht durchgeführt werden.

Im zweiten Teil des Kapitels wurden drei Instrumente vorgestellt, die zur Erreichung des gegebenen Ziels der Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials beitragen können. Dies sind (i) Beiträge an die Optimierung der Waldbasiserschliessung gekoppelt an verschiedene Indikatoren, (ii) Ausschreibungen für Holz aus schlecht erschlossenen Gebieten, und (iii) die Förderung der Zusammenarbeit in kleinräumigen Privatwäldern. Der ersten Massnahme liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer verbesserten Erschliessung mehr Holz geerntet wird. Obwohl Waldstrassen generell eine Voraussetzung für die Holzernte darstellen, ist es nicht gegeben, dass eine Verbesserung des Strassennetzes allein auch zwingend zu einer erhöhten Holzernte führen muss. Es gibt diverse andere Faktoren, die die Entscheidung über die Holzernte mitbeeinflussen. Als zweites Instrument wird eine Ausschreibung präsentiert, in der Waldeigentümer, Waldeigentümerzusammenschlüsse oder Forstunternehmen Projektgebote einreichen könnten mit Angaben zur Fördersumme, die sie benötigen, um eine gewisse Menge an Holz in einem definierten Zeitraum aus einem Gebiet zu ernten. Ein wesentlicher Vorteil dieses Instruments ist, dass viel Flexibilität gewährleistet wird, um bedarfsgerechte Lösungen für eine erhöhte Holzernte zu finden. Beiträge könnten, müssten aber nicht, in die Optimierung des Strassenausbaus fliessen. Für dieses Instrument müssten jedoch vorab grundsätzliche subventions-rechtliche Fragen geklärt werden. Das dritte Instrument zielt speziell auf das Problem ab, dass viel ungenutztes Potential im kleinen Privatwald liegt und Eigentümer von kleinen Parzellen nur wenig auf Förderanreize reagieren. Dieses Instrument ist aber eher als Begleitmassnahme zusätzlich zu anderen Instrumenten anzusehen. Aktuell gibt es jedoch sehr wenige Studien, die Entscheidungsmechanismen kleiner Privatwaldeigentümer untersuchen. Ein besseres Verständnis dieser Mechanismen könnte dazu beitragen, in Zukunft effiziente und wirkungsvolle Instrumente zu entwickeln.

## 4.3 Qualitative Analyse

### 4.3.1 Auswahl der betrachteten Bereiche und Gewichtung

Die qualitative Analyse einer möglichen Förderung von Waldstrassen zeigt, dass nebst Effekten auf die Holznutzung selbst auch zahlreiche weitere Auswirkungen zu erwarten sind. Dabei wurden diejenigen Bereiche gewählt, auf welche eine mögliche Förderung der Walderschliessung mutmasslich einen gewichtigen Einfluss haben kann. Dies soll aber nicht ausschliessen, dass im Einzelfall auch weitere Parameter eine Rolle spielen, welche im vorliegenden Bericht nicht erläutert wurden. Mögliche Einflussfaktoren wurden aufgezeigt, eine generelle Aussage ist jedoch nur sehr schwer möglich. Die Gewichtung der jeweiligen Vor- und Nachteile muss im Einzelfall kritisch geprüft werden. Ob und welche ökologischen Auswirkungen ein Strassenaus- bzw. Neubau nach sich zieht, kann beispielsweise nur im Einzelfall beurteilt werden, da dies stark vom konkreten Projekt abhängt. Grundsätzlich sind die negativen Auswirkungen auf die Umwelt (gesellschaftlich, ökologisch und ökonomisch) aber stets auf ein Minimum zu reduzieren. Bereits heute sollte dies aufgrund der gängigen Verfahren (Baubewilligungsverfahren, UVP etc.) und angewandten Richtlinien sichergestellt sein.

### **4.3.2 Diskussion der Auswirkungen auf die einzelnen Bereiche**

Die Analyse konnte aufzeigen, dass durch die Förderung der Walderschliessung unterschiedlichste Auswirkungen zu erwarten sind. Es handelt sich einerseits um Effekte, welche sich aus der Tatsache ergeben, dass eine Basiserschliessung Voraussetzung für eine angemessene Bewirtschaftung von Waldbeständen ist. Andererseits sind aber auch weitere Auswirkungen von grosser Bedeutung, welche sich direkt aus der Waldstrasse beziehungsweise der verbesserten Zugänglichkeit für unterschiedliche Zwecke ergibt.

#### **Umgang mit Störungssereignissen biotischer und abiotischer Art**

Es konnte aufgezeigt werden, dass Waldstrassen im Hinblick auf Störungssereignisse sowohl den Zugang für die direkte Intervention sowie für Wiederherstellung und Kontrollen sicherstellen, aber auch die Störungselastizität durch eine nachhaltige Bewirtschaftung der Waldbestände verbessert werden kann. Da Störungssereignisse aber nur schlecht vorhersehbar und nicht planbar sind, ist die allgemeine Wichtigkeit dieses Bereichs nur schwer abzuschätzen. Im einzelnen Störungsfall auf lokaler bzw. regionaler Ebene kann hier die Walderschliessung einen stark positiven Nutzen erbringen. Für den Umgang mit Störungssereignissen genügt aber nicht das alleinige Vorhandensein einer Waldstrasse; ein integrales Konzept zur Bekämpfung und Kontrolle ist hier gefragt.

#### **Effekte auf den Biotop- und Artenschutz**

Zusammenfassend bestehen die unterschiedlichsten positiven und negativen Effekte, welche Waldstrassen im Hinblick auf den Biotop- und Artenschutz nach sich ziehen können. Diese können direkt aus dem Neu- bzw. Ausbau einer Strasse resultieren, aber auch aus der damit verbundenen Sicherstellung der Bewirtschaftung. Grundsätzlich ist anzumerken, dass der Neubau hinsichtlich der negativen Auswirkungen sicherlich kritischer zu betrachten ist als der Ausbau bestehender Erschliessungen. Die Auswirkungen sind aber nicht immer negativer Art, sondern können auch zur Erhöhung der Biodiversität führen, wenn etwa durch eine erhöhte Nutzung vermehrt lichte Wälder entstehen (Weber und Berchten, 2010). Eine verallgemeinerbare Aussage lässt sich deshalb nicht machen. Bei der Betrachtung muss klar differenziert werden, um welche Teilbereiche der Biodiversität es sich handelt (z.B. Nischen-/Artenvielfalt, alte Entwicklungsphasen, Totholz, Licht, Vernetzung, Ruhe: vergleiche dazu beispielsweise das Positionspapier des Schweizer Forstverein 2013). Ebenfalls sind je nach konkreter Projektausgestaltung verschiedene Aspekte unterschiedlich stark beeinflusst, so dass eine kritische Prüfung und Gewichtung der Vor- und Nachteile im Einzelfall stattfinden muss. Negative ökologische Auswirkungen sind grundsätzlich auf ein Minimum zu reduzieren, was durch eine integrale Planung sowie insbesondere durch das Einhalten der gängigen Richtlinien, Wegweisungen und Verfahren sichergestellt werden muss.

#### **Zugangswirkung/Mehrfachnutzung**

Waldstrassen können die Zugänglichkeit für weitere Bereiche, wie etwa Landwirtschaft, Tourismus und Erholung oder zu Infrastrukturanlagen beeinflussen bzw. durch diese genutzt werden. Solche Mehrfachnutzungen bzw. kombinierte Erschliessungen sind durchaus häufig. Grundsätzlich sind diese positiv zu werten, da sie eine koordinierte Nutzung erlauben und so Mehrfach- bzw. Parallelerschliessungen gleicher Landschaftskammern verhindern können. In der Landwirtschaft können Straßen bereits heute gefördert und dabei nicht-landwirtschaftliche Interessen angemessen berücksichtigt werden. Hier besteht ein Ungleichgewicht zu Waldstrassen ausserhalb des Schutzwaldes, welches aus Sicht der Forstwirtschaft nachteilig zu werten ist. Die Förderung der Walderschliessung auf dem gesamten Waldareal könnte dazu beitragen, dass es nicht zu unkoordinierten Erschliessungen kommt, die letztlich eine optimale Planung und Nutzung des ländlichen Raumes verhindern.

### **Erleichterter Zugang zu Schutzwald und Schutzbauten**

Da Schutzwald sowie Schutzbauten vor Naturgefahrenen schützen, kommt ihnen eine grosse volkswirtschaftliche Bedeutung zu. Diese Wichtigkeit zeigt sich u.a. darin, dass Bewirtschaftung und Infrastrukturmassnahmen - und damit auch die Walderschliessung - im Schutzwaldareal bereits heute gefördert werden können. In den Ergebnissen werden die unterschiedlichen Effekte aufgezeigt. Da die Erschliessung im Schutzwald bereits heute gefördert wird, sind im Schutzwald zwar keine direkten Auswirkungen einer möglichen Förderung auch ausserhalb des Schutzwaldes zu erwarten, aber eine Förderung der Walderschliessung über den gesamten Raum würde aber zu einer integralen Lösung beitragen, so dass Waldflächen optimal erschlossen werden. Unkoordinierte Erschliessungsvorhaben einzelner können so vermieden, das Synergiepotenzial zwischen den verschiedenen Sektoren besser ausgenutzt und so der gesamte ländliche Raum effizient bewirtschaftet werden.

## **4.4 Quantitative Analyse**

In den **Holzerntekostenberechnungen** gibt es zahlreiche Einflussvariablen, die für weitere Rechenschritte mit mutmasslichen Werten belegt wurden. Es ist beispielsweise weder bekannt, wie sich der Holzpreis, noch wie sich die Marktelastizität zukünftig entwickeln wird. Zudem kann nicht sicher vorausgesagt werden, dass sich die Waldwirtschaft marktkonform verhalten wird. Selbst bei erhöhten Traglasten und optimalen Straßenbreiten wird nicht automatisch das Best-Verfahren zum Einsatz kommen. Daher fussen auch die Aussagen zur Änderung der Holzerntetechnik zu grossen Teilen auf Annahmen, Expertenmeinungen und Trendprolongationen sind als Orientierungsgrössen zu verstehen. Um zukünftige Änderungen in der Bewertung aufnehmen zu können, wurde als *add-on* zu dieser Studie eine Weiterentwicklung des Dynamischen Holzmarktmodells vorangetrieben. Diese Excel-basierte Software ermöglicht eine sofortige Hochrechnung von Mehr- oder Mindermengen durch eine Adaption der vorgegebenen Input-Parameter.

In der Studie wurden **drei unterschiedliche Wege** aufgezeigt, **Mehrmengen an Stammholzfestmetern zu gewinnen**. Dabei hat sich gezeigt, dass aufgrund unterschiedlicher perspektivischer Betrachtung sehr grosse Differenzen in einer Bandbreite zwischen 21'000 und 516'000 fm zustande kamen. In einem weiteren Schritt ist nun zu diskutieren, wo jeweils die Schwierigkeiten liegen und welche Variante der Realität möglicherweise am nächsten kommt.

### **1. Betrachtung Holzmarktmodell, angebots- und nachfragebezogen**

Die Gründe für den geringen Umfang an zusätzlichen Hiebsmengen als Resultat aus dem Dynamischen Holzmarktmodell sind vielschichtig. **Angebotsseitig** liegt es an der geringen Preiselastizität des Holzangebots, welche sich auf die Holzerntekosten auswirkt und wesentlich geprägt ist vom öffentlichen Waldbesitz. Das Verhältnis öffentlicher Wald zu Privatwald beträgt etwa 70:30 (WSL 2010b). Das bedeutet schlussendlich, dass die Strukturen des öffentlichen Waldbesitzers durch das Übergewicht hierauf grossen Einfluss nehmen. Bei einer spareraten Betrachtung der beiden Waldbesitzarten kommt man zu dem Schluss, dass der Hebel in den Privatwäldern stärker ist als in den öffentlichen Wäldern (vgl. Abb. 16). Das heisst, dass Privatwaldbesitzer ein elastischeres Marktverhalten zeigen als es umgekehrt vom öffentlichen Waldbesitz praktiziert wird. Grundproblem hierfür ist eine wenig signifikante Marktkonformität auf Seite der öffentlichen Schweizer Forstbetriebe. Zusätzlich fehlt eine ausgeprägte wirtschaftliche Zielverfolgung hinsichtlich Struktur und Effizienz. In der Waldbewirtschaftung liegt der Grund „in den gegenwärtig oft hohen Personal- und Maschinenkapazitäten, die vielerorts nicht rentabel ausgelastet werden. Durch den Zwang, die vorhandenen betrieblichen Ressourcen auszulasten, kommen in Folge häufig suboptimale Holzernteverfahren zum Einsatz, die höhere Kosten verursachen“ (Bürgi et al. 2012).

Das Marktmodell zeigt ganz deutlich, dass in naher Zukunft aufgrund dieser ungünstigen Voraussetzung keine massiv höheren Mehrmengen im Holzeinschlag zu erwarten sind. Es wird kaum merklich Veränderungen seitens des Holzangebots geben, wenn sich die Elastizität nicht grundlegend ändert. Da die Holzerntekosten rund ein Drittel der Gesamtkosten eines Forstbetriebs ausmachen (Bürgi et al. 2012), wäre es durchaus sinnvoll, an dieser Stellschraube zu drehen. Einerseits müsste der hohe Eigenleistungsgrad reduziert und andererseits das jeweilige Bestverfahren zum Einsatz kommen.

**Nachfrageseitig** stellt die Entwicklung der Einschnittskapazität eine wichtige steuernde Grösse im Holzmarkt dar und ist auch entsprechend im Modell abgebildet (vgl. Bürgi et al. 2009b). Diese Variable wurde an die aktuelle Situation angepasst. Es wurde aber bewusst darauf verzichtet, mögliche Szenarien mit veränderten Werten zu rechnen, da dies infolge vieler Einflussfaktoren zu spekulativ wäre. Hier hätte man beispielsweise zusätzlich noch näher auf die Entwicklung der Konjunktur und des Bauwesens, auf den Wechselkurs, die Entwicklung der Holzindustrie sowie neuer holzbasierter Produkte eingehen müssen.

## **2. Betrachtung Holzmarktmodell, angebotsbezogen**

Betrachtet man lediglich die angebotsbezogene Seite des Holzmarktmodells, so zeichnet sich eine deutlich höhere Liefermenge ab. Hier wird allerdings ein aus aktueller Sicht in der Realität noch nicht gegebener, optimal aufnahmefähiger Markt unterstellt. Dieser Wert stellt somit ein langfristig durchaus denkbare Potential dar, was in seiner Realisierung aber auch von anderen und nicht nur in der Walderschliessung liegenden Gründen abhängig ist.

## **3. Betrachtung effektives Marktverhalten**

In der dritten Herleitung erscheint mit dem Prognosewert von 405'000 fm wiederum eine im Vergleich zur ersten Herleitung höhere Angebotsmenge. Allerdings sind mehrere Einschränkungen anzumerken. So wird aus der rückläufigen Entwicklung der vergangenen Jahre auf eine identisch positive Reaktion geschlossen. Diese hysteresefreie Reaktion kann zutreffen, das muss aber nicht so sein; auch eine gedämpfte Entwicklung wäre möglich. Die scheinbare Linearität in der Entwicklung der Vergangenheit braucht sich ebenfalls nicht so fortzusetzen. Zudem ist die beobachtete Reaktion das Ergebnis mehrere Einflussgrössen und nicht nur die der in dieser Berechnung aufgenommenen Veränderung des Deckungsbeitrages. Jedoch lässt sich die Grösse anderer marktbeeinflussender Faktoren, etwa auf der Nachfrageseite, kaum gezielt separieren oder herausrechnen. Somit ist auch diese Prognose sehr vorsichtig zu interpretieren. Sie stellt einen Wert am oberen Rand einer denkbaren Reaktion dar, bestätigt durch die gleiche Größenordnung die Aussagen des nur angebotsseitig errechneten Marktverhaltens der vorigen Prognose. Es gilt auch hier die Einschränkung, dass damit ein denkbares Potential aufgezeigt ist, was sich in der aktuellen Situation kaum so realisieren muss.

*Verschneidet man schlussendlich diese drei Berechnungsszenarien mit dem zugrundeliegenden Zeithorizont der Betrachtung (elf Jahre), so kann man mindestens zwei Perioden bilden: eine erste, die sowohl noch geprägt ist von den jetzt vorzufindenden Verhaltensmustern auf der Waldbesitzerseite, als auch von den Strukturen und Gegebenheiten der aktuellen Nachfrageseite. In dieser zeitnahen Phase ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die resultierende Einschlagsmehrmenge derjenigen entspricht, die mit dem Holzmarktmodell abgeleitet wurde. Dies wird also eine Menge sein, die im unteren Bereich der drei vorgestellten Szenarien liegt.*

*Gegen Ende der Betrachtungsperiode sollten die Chancen deutlich höher sein, dass einerseits die anbietende Seite (Waldbesitzer) sich in ihrem Marktverhalten emanzipiert hat und dass Möglichkeiten zum Überwinden von Strukturmängeln genutzt wurden. Auch die nachfrageseitige Situation sollte sich soweit angepasst haben, dass dann jene Holzmengen eingeschlagen werden, die in der Größenordnung des zweiten bzw. dritten Szenarios liegen.*

*Damit lässt sich festhalten, dass bei entsprechenden Rahmenbedingungen die Förderung der Walderschliessung sehr wohl eine Mehrmenge an Holz induzieren kann, aber nicht zwangsläufig liefern muss. Flankierend zu einer möglichen Förderung der*

*Walderschliessung sind angebotsseitig beispielsweise eine weitere Reduktion der Holzerntekosten sowie die Optimierung von Bewirtschaftungsstrukturen sinnvoll. Nachfrageseitig sind die Absatz- und Exportmöglichkeiten der heimischen Holzindustrie zu verbessern.*

### **Auswirkungen des veränderten Holzeinschlags**

Bei den Auswirkungen der Mehrmengen auf den *Maschinenpark* wurde eine feinere Untergliederung auf Einzelmaschinen (Mobilseilkran, Kippmastprozessor, Skidder usw.) nicht angestrebt, Verschiebungen sind aber zusätzlich zu jenen erschliessungsinduzierten Veränderungen in Zukunft zwischen diesen eingesetzten Geräten zu erwarten. Auch unterschiedliche kantonale Gepflogenheiten (etwa beim Einsatz des Helikopters) wurden nicht weiter eruiert. Auch bei der Beurteilung der sektoralen *Arbeitsplatzeffekte* muss einschränkend angemerkt werden, dass Markttrends wie etwa der jüngst beobachtet Rückgang in der Einschnittskapazität, eine weitere Konzentration im Sägewerksektor und Ähnliches die ausgewiesene Zahl an Arbeitsplätzen deutlich überlagern können.

Mit der verbesserten Arbeitssicherheit verbunden ist auch die Senkung der Berufsunfallkosten. Deren Abschätzung konnte nur sehr grob und mit teilweise nicht ganz aktuellen Zahlen vorgenommen werden. Sie kann aber dennoch aufzeigen, dass die Unfälle den Versicherern sowie den Forstbetrieben selbst beträchtliche Kosten verursachen, welche nicht zu vernachlässigen sind. Eine Senkung der Berufsunfallkosten ist dabei nicht nur aus ökonomischer, sondern auch gesellschaftlicher Sicht vorteilhaft, zumal Folgekosten für Private und damit verbundene gesellschaftliche Auswirkungen ebenfalls in die Überlegungen mit einbezogen werden müssen.

Durch eine dem Stand der Technik angepasste Walderschliessung wird es möglich, vermehrt hochmechanisierte Holzernteverfahren anzuwenden, wodurch die Arbeitssicherheit deutlich verbessert werden kann. Wie hoch dieser Effekt tatsächlich ist, bleibt allerdings schwierig abzuschätzen, da er schlecht von anderen Einflussfaktoren (beispielsweise besser geschultes Personal, Präventionskampagnen etc.) abgegrenzt werden kann. Aufgrund der dürftigen Datengrundlage auf Schweizer Seite mussten die Berechnungen durch eine entsprechende Studie aus Deutschland (Sohns 2011) getätigten werden.

Bei der Beurteilung der *CO<sub>2</sub>-Emissionen* wurde eine relativ einfache Berechnungsvariante gewählt, gerätetypische Effekte wurden nicht ermittelt. Dies ist aber durchaus machbar, wie dies aus der Herangehensweise der ETH Zürich (Winkler 1997) ersichtlich wird. Dort wurden unterschiedliche Holzerntesystemen (KSK, MSK, Helikopter) verglichen. In Abbildung 19 wird erkennbar, dass die Helikopterbringung vergleichsweise schlechter abschneidet als die beiden anderen Verfahren. Solch eine Berechnung setzt aber eine genaue Verteilung des Maschinenparks voraus, die hier nicht vorlag, zudem sind die

absoluten Unterschiede zwischen den Verfahren dennoch vergleichsweise überschaubar, sodass die getätigte Gesamtaussage nicht in Zweifel gezogen werden braucht.

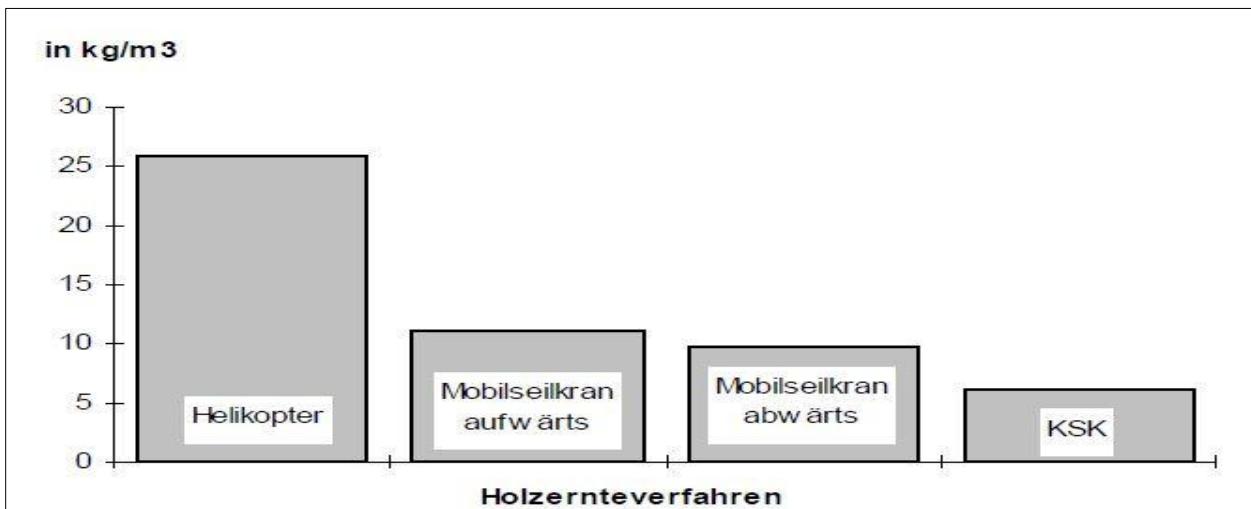


Abbildung 19: CO<sub>2</sub>-Emissionen der untersuchten Holzernteverfahren (ohne Holzbindung/CO<sub>2</sub>-Fixierung). Quelle: Winkler (1997)

### Monetäre Bewertung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Eine Preisprognose ist ausserordentlich schwierig, insbesondere aus Sicht des langen, 40-jährigen Betrachtungszeitraumes, weshalb für die Durchführung der Kalkulation ein eher konservativer Wert von CHF 40 pro Tonne CO<sub>2</sub> angesetzt wurde. Dieser Preis wurde zwar in der Schweiz aktuell schon erzielt, liegt aber deutlich über dem europäischen Niveau (Burkhardt 2014). An der European Energy Exchange (EEX) in Leipzig wurde am 17.06.2014 beispielsweise eine Tonne CO<sub>2</sub> für 5.55 € gehandelt (EEX 2014).

Gerechtfertigt erscheint der genannte Wert für den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren aber aufgrund der Annahmen, dass sich zwar der Schweizer Preis für eine Tonne CO<sub>2</sub> eher dem europäischen Niveau annähern wird (Steiner 2014), aber in den kommenden Jahren die Weltbevölkerung weiter anwachsen wird und sich die Klimaproblematik verschärfen dürfte. Es ist also davon auszugehen, dass sich die aktuell noch niedrigen, börsennotierten Preise mittelfristig nach oben bewegen, auch wenn sie sehr wahrscheinlich nicht in die Grössenordnung jener Kosten steigen, die bei aktuellen Emissions-Vermeidungskostenrechnungen liegen (Krey und Weinreich 2000; Adensam et al. 2002; Sturm und Vogt 2011).

Auf Grund der gegebenen Unsicherheit beim Preis pro Tonne CO<sub>2</sub> kann eine Sensitivitätsanalyse Gewissheit zur Stabilität der getroffenen Aussagen geben. Deshalb wurde zusätzlich für die vorgestellten Szenarien E1 bis E3 mit weiteren CO<sub>2</sub> Preisen gerechnet (vgl. Abb. 20). Dies ist einmal der niedrige, aktuelle Preis der internationalen

Börse Leipzig (CHF 6.76), der aktuell in der Schweiz erzielte Preis in Höhe von CHF 40 und ein darüber liegender Preis in Höhe von CHF 50.

### Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen der Förderung Walderschliessung

In genereller Manier eine direkte Relation zwischen den anfallenden Kosten einer Förderung der Walderschliessung und dem daraus resultierenden Nutzen herzustellen, gestaltete sich aus vielerlei Hinsicht als schwierig.

Bei der Verwendung von Primärdaten für die möglichen, anfallenden **Kosten** konnte auf die Umfrageergebnisse der BAFU-Studie von 2009 zurückgegriffen werden. Problematisch hierbei war allerdings, dass nicht alle Kantone zu den geforderten Kriterien Angaben gemacht hatten. Dennoch ist dies die einzige Quelle, die ungefähre Aussagen über die Gesamtkosten der Walderschliessung Schweizweit zulässt. Weiterführend wurde jedoch in einer separaten Umfrage in den Kantonen Bern und Graubünden versucht, mit diesen beiden Beispielkantonen eine genauere Einwertung der Daten 2009 zu bekommen. Schätzungen für die nächsten zehn Jahre wurden von den Verantwortlichen auf Basis der Werte der letzten fünf Jahre erstellt.

Vergleicht man nun die Umfrageergebnisse der beiden Kantone mit den Ergebnissen der Umfrage aus dem Jahr 2009 (BAFU), so lässt sich erkennen, dass das neu geschätzte Bedarfsvolumen für die kommenden zehn Jahre zur Verbesserung der Walderschliessung insgesamt betrachtet geringer ausfällt.

Im Kanton Bern wurden für die Wiederherstellung von Waldstrassen im Nichtschutzwald 2009 beispielsweise CHF 25 Mio. für zukünftige Projektfinanzierungen gefordert, nach eingehender Prüfung 2013 fiel die Bedarfsschätzung auf einen Wert von CHF 50'000 (vgl. Tab. 21). Das bedeutet, es existiert für diesen Punkt nun eine reduzierte Mittelanforderung von 0,2% und es werden folglich 99,8% weniger an Finanzmitteln benötigt. Der Kanton Graubünden hat bei der 2009 durchgeföhrten Umfrage für Wiederherstellungsmassnahmen im Schutzwald einen Betrag von rund CHF 77 Mio. genannt, welcher 2013 auf eine Summe von CHF 120 Mio. korrigiert wurde (vgl. Tab. 22). Das bedeutet, dass hierfür im Vergleich zu 2009 zusätzlich 55,8% an finanziellen Aufwendungen benötigt werden.

*Tabelle 21:* Kanton Bern: Gegenüberstellung der Bedarfsschätzung für Erschliessungsmassnahmen über den Zeitraum der nächsten zehn Jahre laut Umfrageergebnissen 2009 (BAFU 2009) und 2013; (SW: Schutzwald; NSW: Nichtschutzwald)

	Ausbau		Neubau		Wiederinstandstellung	
	2009	2013	2009	2013	2009	2013
SW	30 Mio.	8 Mio.	3 Mio.	4 Mio.	70 Mio.	11 Mio.

NSW	30 Mio.	0.7 Mio.	1 Mio.	0.1 Mio.	25 Mio.	50'000
-----	---------	----------	--------	----------	---------	--------

Tabelle 22: Kanton Graubünden: Gegenüberstellung der Bedarfsschätzung für Erschliessungsmassnahmen über den Zeitraum der nächsten zehn Jahre laut Umfrageergebnissen 2009 (BAFU 2009) und 2013; (SW: Schutzwald; NSW: Nichtschutzwald)

	Ausbau		Neubau		Wiederinstandstellung	
	2009	2013	2009	2013	2009	2013
SW	84 Mio.	52 Mio.	49 Mio.	20 Mio.	77 Mio.	120 Mio.
NSW	36 Mio.	6 Mio.	21 Mio.	4 Mio.	33 Mio.	8 Mio.

Allgemein kann man anmerken, dass bis auf den Posten der Wiederinstandstellung von Waldstrassen im Schutzwald der finanzielle Bedarf nach unten korrigiert wurde und das vom Bund benötigte Förderbudget gegenüber der Erstschatzung von 2009 damit geringer ausfallen sollte. Es ist möglich, dass dies auch auf weitere Kantone übertragbar ist, eine Auswertung diesbezüglich war aber im Rahmen der Umfrage 2013 weder vorgesehen noch machbar. Aus dem Trend der genannten Kantone Bern und Graubünden vermag keine Prognose für die gesamte Schweiz abgeleitet werden.

Im Vergleich der beiden Kantone fällt insbesondere auf, dass der Kanton Bern wesentlich weniger Geld für Waldstrassen einplant als Graubünden. Dies liegt zum einen an der Tatsache, dass Bern mit rund 29m/ha bereits eine bessere Erschliessungsdichte vorzuweisen hat (WSL 2010d), zum anderen müssen beispielsweise die Kosten für Wiederherstellungsmassnahmen nicht selten von den Eigentümern selbst getragen werden (Sandri 2013), was oft auch dazu führt, dass die Investition ganz ausbleibt.

Ebenso muss der Begriff der Bedarfsschätzung hier kritisch hinterfragt werden. Bei der Befragung wurde vermutlich rein nach den kantonalen finanziellen Möglichkeiten und der weiteren Planungssicherheit argumentiert (und nicht primär nach den technischen Notwendigkeiten).

Zusammenfassend sind die beiden Umfrageergebnisse vor allem für **Trendaussagen** hilfreich, die einzelnen Werte sollten allerdings nicht auf die Waagschale geworfen werden. Dennoch ist ersichtlich, dass der **finanzielle Bedarf wohl weniger hoch ausfallen mag als die Schätzung 2009** (BAFU 2009) mit jährlichen Ausgaben von **76.7 Mio. Franken** ergeben hat. Bei dieser Summe sind Flächen innerhalb und ausserhalb des Schutzwaldes zusammengefasst.

Allerdings bleibt festzuhalten, dass Waldstrassen auch nach Abschluss der zehnjährigen Investitionsphase zusätzlich mindestens einer Wiederinstandstellung bedürfen

und somit nach Abschluss der Zehnjahresfrist weitere Investitionsmittel hierfür einzuplanen sind.

Auf der **Nutzenseite** befinden sich einige quantifizierte Kriterien, die nur teilweise mit monetären Einheiten bemessen werden. Zum einen wurden eine Reduktion von Holzernte - und Transportkosten errechnet, zum anderen konnten CO<sub>2</sub>-Einsparungen, neu geschaffene Arbeitsplätze sowie zusätzliche Maschinen in der Holzbringung ermittelt werden; eine Bewertung in Geldeinheiten erscheint bei den letzteren Nennungen aber nicht sinnvoll.

Es ist möglich, dass es aufgrund der Fördersätze zu einer Ungleichverteilung des Nutzens für die drei Akteure Bund, Kanton und Waldeigentümer kommt. Bund und Kanton hätten auf den ersten Blick höhere Kosten (je 40% Förderanteil) aber den gleichen Nutzeneffekt wie der für die Restkosten von 20% aufkommende Waldeigentümer. Allerdings ist auch nicht immer gesagt, dass der Waldeigentümer aus jeglicher Erschliessung einen Vorteil ziehen kann. Geht es beispielsweise darum, eine Nationalstrasse vor Steinschlag zu schützen, entstehen für den Waldeigentümer Kosten, der Nutzen daraus ist aber nicht ersichtlich. Insgesamt lässt sich eher schwer abschätzen, ob Kosten und Nutzen ausgewogen sind.

Ein für die Studie nicht unerheblicher Aspekt soll nochmals betont werden. Hierbei handelt es sich um Effekte in der Bewirtschaftung des Schutzwaldes, welche nicht quantifiziert, sondern nur qualitativ bewertet wurden. Eine Unterteilung der Kriterien der quantitativen Analyse war aufgrund von fehlenden Datenquellen nicht machbar. Dennoch lassen sich aber aus den Aussagen Rückschlüsse für die Beurteilung der Walderschliessung ziehen. Eine Entscheidung nach Einzelfall muss dennoch auf jeden Fall beibehalten werden.

Im Kanton Bern werden beispielsweise die Beiträge für Aus- und Neubauten im Schutzwald in Form von Kantonsbeiträgen mit Bundesbeteiligung und im Nicht-Schutzwald (Schutzwaldanteil <50%) in Form von eigenständigen Kantonsbeiträgen ausgerichtet. Während im Schutzwald stets Beiträge in Höhe von 70% ausbezahlt wurden, wurden im Nicht-Schutzwald bis Ende 2012 lediglich Beiträge in Höhe von 50% zugesichert. Seit Januar 2013 werden auch im Nicht-Schutzwald Beiträge in Höhe von 70% gesprochen (Kurtz 2013).

Entscheidend kommt hinzu, dass es keine gemäss Flächengrösse anteilige Entschädigung gibt, sondern eine Förderung in vollem Umfang erteilt wird. Im Kanton Graubünden hingegen haben der genaue Schutzwaldanteil und mögliche weitere Parameter Einfluss auf den definitiven Beitragssatz (Meier 2013; Kurtz 2013). Zudem liegen die kantonalen Fördersätze mit maximal 44% im Schutzwald und maximal 45% ausserhalb des Schutzwaldes deutlich unter denen des Kantons Bern. Auch die Bundesbeiträge für Baumassnahmen im Schutzwald fallen mit 24% weitaus geringer aus (Meier 2013).

Dies wird zur Folge haben, dass der Hebel der angedachten Bundesförderung in jedem den 26 Kantonen unterschiedlich stark wirken wird. Dies liegt zudem auch daran, dass bereits jetzt in machen Kantonen auch ausserhalb des Schutzwaldes gefördert wird (siehe BE und GR).

Ausgehend von einer Förderquote von 80% ergab die BAFU-Umfrage 2009 eine gewünschte bzw. benötigte Walderschliessungsförderung von jährlich CHF 39.6 Mio. im Schutzwald und CHF 21.8 Mio. ausserhalb des Schutzwalds (BAFU 2009). Summiert belaufen sich die erfragten maximalen Aufwendungen für Bund und Kantone auf CHF 61.4 Mio. pro Jahr.

Bei einer umfassenden Betrachtung sind die qualitativen sowie die quantitativen Effekte zu berücksichtigen. Bei einer reinen Betrachtung der monetären Werte (ohne qualitative Effekte) kann man den finanziellen Aufwand der Förderung mit dem induzierten Nutzen zunächst rein statisch vergleichen. In solch einer separaten Gegenüberstellung wird deutlich, dass die aus der angefragten zehnjährigen Förderzeit sich ableitenden **Förderkosten (CHF 61.4 Mio.)** die ab Ende der Förderzeit **zu erwartenden Kostenersparnisse (CHF 42.8 Mio.)** zwar übersteigen, sich aber in einer durchaus vertretbaren Relation befinden.

In der dynamischen Betrachtung hingegen werden ebenfalls alle monetär quantifizierbaren Effekte einbezogen, der errechnete Kapitalbarwert berücksichtigt allerdings auch den Zeiteffekt entsprechender Zahlungsströme. Zwei Dinge lassen sich aus diesen dynamisierten Ergebnissen ableiten. (1) Bei einem geringen Mehreinschlag (Szenario E1) ist die Vorteilhaftigkeit noch nicht gegeben, was sich auch bei den weiteren, höheren CO<sub>2</sub>-Preisen nicht ändert.

Die Sensitivitätsanalyse zum CO<sub>2</sub>-Preis zeigt aber zudem auf, (2) dass selbst bei einem sehr niedrigen Preis pro Tonne CO<sub>2</sub> für Szenario E2 bereits ein fast ausgeglichenes Resultat erwartet werden kann (-CHF 9.8 Mio.). Liegt der CO<sub>2</sub>-Preis höher, so sind die Kapitalbarwerte der Varianten E2 und E3 immer deutlich positiv.

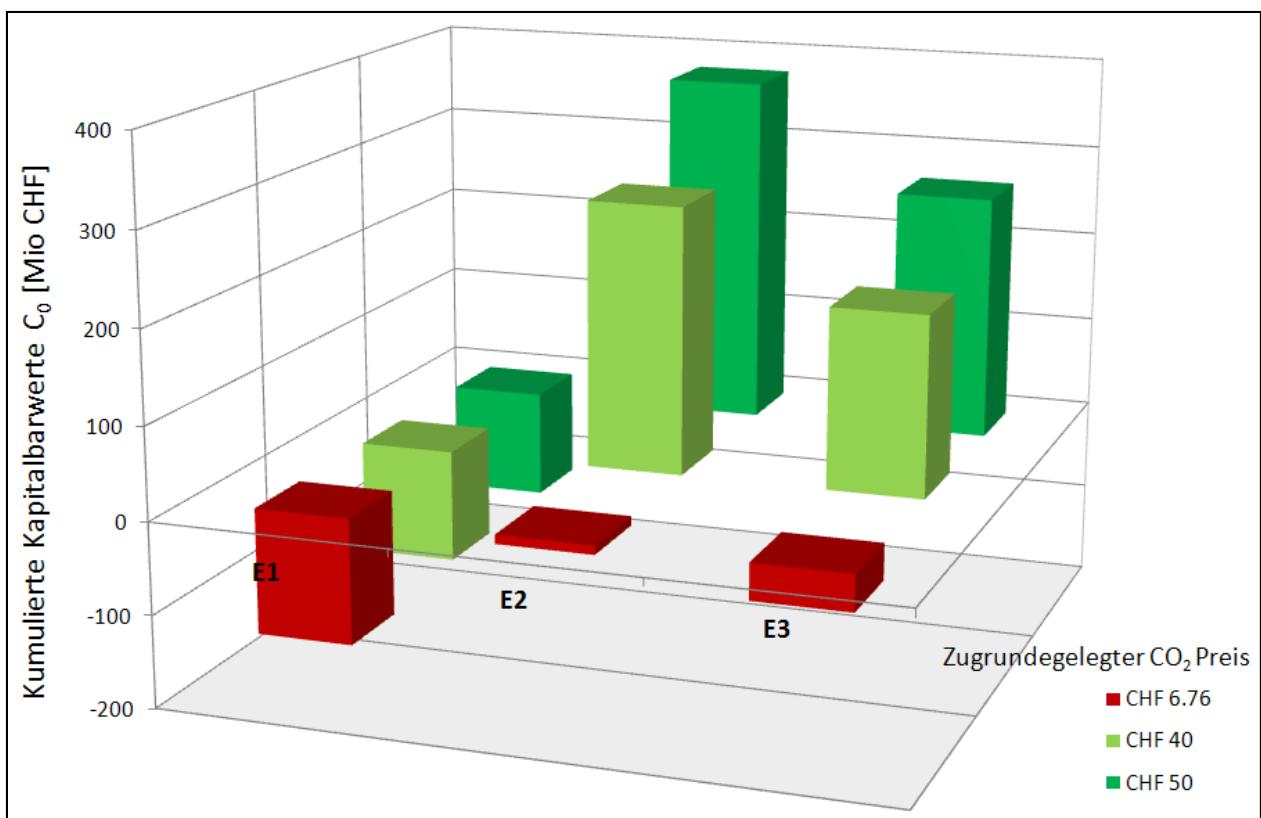


Abbildung 20: Sensitivität der Barwerte bei verschiedenen Preisen pro Tonne CO<sub>2</sub>

## 5. Gesamtfazit

Aus den drei durchgeföhrten Betrachtungen (umweltökonomisch, qualitativ sowie quantitativ) lässt sich ableiten, dass eine Förderung von Walderschliessungsmaßnahmen sowohl im Schutzwald wie auch ausserhalb des Schutzwaldes zu mehrheitlich positiven Effekten führt oder die Effekte im schlechtesten Fall nicht so negativ ausfallen, als dass eine vernünftige Förderung ausgeschlossen werden müsste. Viele von Wäldern bereitgestellte Ökosystemleistungen sind öffentliche Güter, wo das beschriebene Marktversagen der privaten Akteure den fördernden, staatlichen Eingriff begründen kann. In der Ausgestaltung der Förderung ist der klassische Ansatz einer streckenbasierten Förderung sicher derjenige, der sich am einfachsten und schnellsten umsetzen lässt. Auf Basis der übergeordneten Waldentwicklungsplanung sollte dabei eine gesamthafte Optimierung der Waldbasiserschliessung gefördert werden, wobei mit geeigneten Förderauflagen und Förderindikatoren mögliche negative Auswirkungen verhindert bzw. minimiert werden können.

Die Optimierung der Waldbasiserschliessung trägt zur Sicherstellung verschiedener Waldleistungen bei. Zwischen diesen Waldleistungen existieren oft Abhängigkeiten und Querverbindungen, beispielsweise stellt die nachhaltige Bewirtschaftung die dauerhafte Schutzwirkung sicher, das dabei genutzte Holz substituiert energie- und emissionsintensivere Bau- und Brennstoffe und trägt so zur Energie- und Klimapolitik bei. Eine verbesserte Walderschliessung ist unter anderem eine essentielle Voraussetzung für die in der Waldpolitik 2020 angestrebte Mobilisierung des Holzes und für eine verbesserte wirtschaftliche Leistungsfähigkeit (BAFU 2012). Allerdings wird auch erkennbar, dass dieses walddpolitisch viel weiter gefasste Handlungsziel der Ausschöpfung des *gesamten* möglichen Schweizer Holznutzungspotentials über dieses Förderinstrument *alleine* nicht garantiert werden kann. Zusätzlich müssten auch die suboptimalen Bewirtschaftungsstrukturen verbessert, das jeweilige Bestverfahren bei der Holzernte eingesetzt sowie das Absatzstrukturproblem der Holznachfrageseite limitiert werden.

## 6. Literaturangaben

- Adensam, H., Bruck, M., Geissler, S., Fellner, M. 2002. Externe Kosten im Hochbau. Band I. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit. Wien. 90 S.
- AfW Amt für Wald Graubünden, 2008. Waldwege in Graubünden. Voraussetzung für eine nachhaltige Waldflege. Warum man sie braucht, wie man sie baut, was sie kosten. Faktenblatt 13, 1. Ausgabe 7/2008. Amt für Wald Graubünden, Chur.
- Ammann, M., Büchel, M., Wettmann, O., Burgherr, R., Egloff, H., Hochuli, H.-R., Meyer, C., 2002. Arbeitssicherheit bei Holzerntearbeiten. Umwelt-Materialien Nr. 150. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern. 59 S.
- Amstutz, U., 2004. Die Waldpolitik des Bundes und ihre Auswirkungen auf die Schweizer Waldwirtschaft. Schutzwald und Naturgefahren. Forum für Wissen. 99-103.
- Anonymous, 2013. Forstunternehmer Schweiz FUS. Wichtige forstpolitische Akzente, bessere Bedingungen. Schweizer Holzzeitung. Vol. 22.16 S.
- Attenhofer, L., 2011. Bestverfahren in der seilgestützten Holzernte im Kanton Graubünden. Eine vergleichende Gegenüberstellung mit dem Vorarlberg und dem Berner Oberland. Bachelor-Thesis, HAFL, Zollikofen. 12.08.2011.
- Baland, J., Platteau, J., 1996. Halting degradation of natural resources. Is there a role for rural communities? Clarendon Press, Oxford.
- BAFU, WSL (Hrsg.), 2013. Die Schweizer Bevölkerung und ihr Wald. Bericht zur zweiten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos2). Bundesamt für Umwelt BAFU Bern und Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. Umwelt-Wissen 1307: 92 S.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2012. Forstwegebau und Holzernte im Wasserschutzgebiet. Merkblatt Nr. 1.2/10. Stand: 10/2012. Augsburg.
- Bernasconi, A. und Schroff, U., 2008. Freizeit und Erholung im Wald. Grundlagen, Instrumente, Beispiele. Umwelt-Wissen Nr. 0819. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 69 S.
- Brändli, U.-B. (Editor), 2010. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004-2006. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Lawinen WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU. 312 S.
- Brändli, U.-B., 2013. schriftliche Mitteilung vom 18.10.2013. Leiter Wissenschaftlicher Dienst LFI. WSL, Birmensdorf.
- Brang, P., Schönenberger, W., Bachofen, H., Zingg, A., Wehrli, A., 2004. Schutzwalddynamik unter Störungen und Eingriffen: Auf dem Weg zu einer systematischen Sicht. Forum für Wissen 2004: 55-66. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Lawinen WSL, Birmensdorf.
- Bruder, M., 2013. mündliche Mitteilung vom 04.10.2013. Ehrenbolger& Suter AG, Fulenbach.
- Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz (Hrsg.), 1987. Natur und Heimatschutz beim forstlichen Projektwesen. Wegleitung und Empfehlungen. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz. Bern.
- Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.), 2012. Forstwirtschaft der Schweiz. Taschenstatistik 2012. Bundesamt für Statistik BFS. Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.), 2013a. Holzproduktion nach Eigentümertyp und Kantonen. 2004-2012. Exceldatei je-d-07.03.02.03.
- Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.), 2013b. Rundholzeinschnitt, Schnitt- und Restholz in den Sägereien in m<sup>3</sup>, nach Größenklassen 2007-2012. Exceldatei je-d-07.03.04.02.

- Bundesamt für Statistik BFS, Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), 2010. Forststatistik 2009: Erneut rückläufige Holzernte.  
<http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=34267>
- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), 2008. Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen und -zielen; Leitfaden, Mai 2008.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), 2008. Handbuch NFA im Umweltbereich. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Umwelt-Vollzug Nr. 0808. Bern. 283 S.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2009. Stand der Walderschliessung und Bedarfsschätzung der Kantone (interner Bericht).
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2012. Waldpolitik 2020. Umsetzung. Abgerufen am 04.04.2013.  
<http://www.bafu.admin.ch/wald/01152/11490/index.html?lang=de>.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2012. Konzept zur Förderung der Walderschliessung ausserhalb Schutzwald (interner Bericht).
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2013. Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- BUWAL, 2005. Juristische Aspekte von Freizeit und Erholung im Wald. Umweltmaterialien Nr. 196. BUWAL. Bern.
- Bürgi, P., Brülhart, S., Pauli, B., 2009a. Dynamisches Holzmarktmmodell für die Schweiz. Microsoft Excel Software, Version 1.03. Zollikofen: Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft.
- Bürgi P., Brülhart S., Pauli B., 2009b. Holz als Rohstoff und Energieträger. Dynamisches Holzmarktmmodell und Zukunftsszenarien. Bern: Bundesamt für Energie. 211 S.
- Bürgi, P., Amsler, A., Pauli, B., Czendlik, S., Tschanun, S., 2012. Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz: Ergebnisse der Jahre 2008-2010. 32 S.
- Bürgi, P., Pauli, B., 2013. Ansätze zur Senkung der Holzerntekosten in der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen: Juni 2013, Vol. 164, No. 6, 148-157.
- Bürgi, P., 2013a. schriftliche Mitteilung vom 29.10.2013. Wissenschaftlicher Mitarbeiter. HAFL, Zollikofen.
- Bürgi, P., 2013b. mündliche Mittweilung vom Oktober 2013. Wissenschaftlicher Mitarbeiter. HAFL, Zollikofen.
- Burkhardt, A., 2014: Erste Versteigerung von Emissionsrechten abgeschlossen. BAFU.  
<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=53125>. (19.06.2014)
- Candinas, M., 2013. schriftliche Mitteilung vom 07.10.2013. Candinas SA, Rabius.
- Cason, T.N., Gangadharan, L., 2004. Auction Design for Voluntary Conservation Programs. American Journal of Agricultural Economics, 86 (5), 1211-1217.
- Dietz, P., Knigge, W., Löffler, H., 1984: Walderschliessung. Paul Parey-Verlag, 426 S.
- Dittgen, A., 2013. Strukturwandel im Schweizer Privatwald. HAFL Masterarbeit. Unveröffentlicht. (Fragebogen kann auf Anfrage gesendet werden).
- D-maps.com, o.J.. Kostenlose Karten. Schweiz - Umrisse, Kantone. [http://d-maps.com/pays.php?num\\_pay=226&lang=de](http://d-maps.com/pays.php?num_pay=226&lang=de) (abgerufen am 22.07.2013)
- Duelli, P., Obrist, M.K., Flückiger, P.F., 2002. Forest edges are biodiversity hotspots - also for Neuroptera! Acta zool. Hung. 49: 75-87.
- EEX 2014. ECarbix (EUA) Download. History Excel-Tabelle 2014.  
<http://www.eex.com/de/marktdaten/emissionsrechte/spotmarkt/ecarbix>. (27.06.2014)
- Endres A, 2013. Umweltökonomie. 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Kohlhammer, Stuttgart. 429 S.

- Endres, A., Radke, V., 2012. Economics for environmental studies. A strategic guide to micro- and macroeconomics. Springer, Heidelberg.
- Fassbind, S., 2013. mündliche Mitteilung vom 05.03.2013. Geograf. Abteilung Wald. Sektion Koordination und Ökologie. Kanton Aargau, Aarau.
- Ferraro, P.J., 2008. Asymmetric information and contract design for payments for environmental services. *Ecological Economics*, 65 (4), 810-821.
- Fischer v., R.; Fachstab Wald; Amt für Wald des Kantons Bern (Hrsg.) 2013. Aus- und Neubau von Walderschliessungen. Kreisschreiben KS 3.8/8 vom 22.01.2013. 10 S.
- Forstliche Bildungsstätten der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), 2011. Der Forstwirt. 5., völlig neu bearbeitete Auflage. Ulmer Verlag. Stuttgart.
- Gronalt, M., Chloupek, A., Greigeritsch, T., Häuslmayer, H., 2005. WoodLog – Perspektiven der Holzlogistik Supply Chain – Optimierungspotentiale durch ein Logistikleitzentrum Holz – Österreich. Endbericht. 144 S.
- Grünigen von, Ch., 2013. mündliche Mitteilung vom 05.03.2013. Waldabteilung 2. Amt für Wald KAWA. Frutigen / Obersimmental-Saanen. Spiez.
- Haudenschild, R., 2006. Ein Vergleich zweier institutioneller Ressourcenregimes: das Berner Fahrleistungsmodell und das Zürcher Fahrtenmodell. 85 S.
- Hitz, A., 2013. mündliche Mitteilung vom 04.10.2013. Geschäftsführer von WIS Forst AG, Zizers.
- Holzleitner, F., Kenzian, Ch., Stampfer, K. 2011. Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. *Eur J Forest Res.* 130: 293-301.
- Hug, L., 2013. schriftliche Mitteilung vom 02.10.2013. Geschäftsführer von Beo Holz & Wald GmbH und Holz Energie GmbH.
- Jack, B.K., Leimonda, B., Ferraro, P.J., 2009. A Revealed Preference Approach to Estimating Supply Curves for Ecosystem Services: Use of Auctions to Set Payments for Soil Erosion Control in Indonesia. *Un Método de Preferencia Revelada para la Estimación de Curvas de Suministro de Servicios del Ecosistema: Uso de Subastas para Fijar Pagos por la Erosión de Suelos en Indonesia. Conservation Biology*, 23 (2), 359-367, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01086.x>
- Jindal, R., Kerr, J.M., Ferraro, P.J., Swallow, B.M., 2013. Social dimensions of procurement auctions for environmental service contracts: Evaluating tradeoffs between cost-effectiveness and participation by the poor in rural Tanzania. *Land Use Policy*, 31, 71–80.
- Kaltenbrunner, A., Roth, H., 2005. Waldbrandbekämpfung in Graubünden. Bündnerwald 6/2005.
- Kaltenbrunner, A., 2008. Wenn Feuer Wälder fressen. Waldbrände in Graubünden. Faktenblatt 2, neu aktualisierte Ausgabe 7/2008. AfW Amt für Wald Graubünden, Chur.
- Keller, P.M., Bernasconi, A., 2005. Juristische Aspekte von Freizeit und Erholung im Wald. Umwelt-Materialien Nr. 196. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Bern. 64 S.
- Klein, D., Schulz, Ch., 2012. Die Kohlenstoffbilanz der Bayerischen Forst- und Holzwirtschaft. Abschlussbericht 09/2012. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Freising, 178 S.
- Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz, 2009. Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0911. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 112 S.
- Krey, M., Weinreich, S., 2000. Internationalisierung externer Klimakosten im Pkw-Verkehr in Deutschland. Dokumentation Nr. 00-11. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH. 83 S.
- Kroth, W., 1973. Entscheidungsgrundlagen bei Walderschliessungsinvestitionen. *Forstw. Cbl.* 92. 132-151.

- Kuonen, V., 1989. Einführungsreferat: Integrale Erschliessungsplanung. In: IWHF, FB Forstl. Ingenieurwesen (Hrsg.). Integrale Erschliessungsplanung land- und forstwirtschaftlich genutzter Gebiete im Voralpen- und Alpenraum. Programm Sanasilva, Vitznau.
- Kurtz, J., 2013. mündliche Mitteilung vom 05.03.2013. Fachbereich Förderung. Amt für Wald KAWA, Bern.
- Latacz-Lohmann, U., Schilizzi, S., 2005. Auctions for conservation contracts: a review of the theoretical and empirical literature. Scottish Executive Environment and Rural Affairs Department, 101.
- Leibundgut, H., 1990. WaldbaualsNaturschutz. Verlag Paul Haupt, Bern.
- Losey, S., Wehrli, A., 2013. Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 29 S. und Anhänge.
- Maier, G., Tödtling, F., 1995-2002. Regional- und Stadtökonomik (2., erw. Aufl). Springer, Wien.
- Meier, A., 2013. mündliche Mitteilung vom 05.03.2013. Schutzwald. Amt für Wald und Naturgefahren, Chur.
- Métral, R., 2013. Interreg-Projekt zur Schutzwaldpflege. Gut angelegtes Geld. Wald und Holz 4/13, 33-36.
- Meyer, T., Stückelberger, J., Hollenstein, K., Attenberger, M., Häggli, T., 2001. effor2: Holzerntekonzept für die Untersuchungsbetriebe im Kanton Schwyz. ETH Zürich. Interne Berichte, Nr. 11.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington D.C.
- MKULNV NRW, 2012. Landeswaldbericht 2012. Bericht über Lage und Entwicklung der Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. 212 S.
- Moser, T., Zimmermann, W., 2011. Ökosystemleistungen des Waldes im politischen Kontext: Bedeutung und Argumenttypen. Schweiz Z Forstwes. 162 (11), 405-411.
- Oberer, F. 2013: Immer weniger Sägereien teilen sich den Kuchen. Wald und Holz. Vol.8,S. 23.
- Obkircher, Ch., Lengwenat, E., Ohnesorge, D., 2013. Treibhausgasbilanz von Lkw-Rohholztransporten in Deutschland unter Berücksichtigung einer Erhöhung des zulässigen Gesamtgewichts. Arbeitsberichte des Lehrstuhls für Forstliche Wirtschaftslehre an der Technischen Universität München. München, Freising. Mai 2013.
- OccC / ProClim (Hrsg.), 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Vögeli AG, Langnau. 168 S.
- Odermatt, R., 2009. Visionäre Präventionsstrategie "250 Leben". Einführung zum Start der Suva-Fachkampagne "Temporärarbeit in Produktionsbetrieben". Präsentation, heruntergeladen von: [http://www.suva.ch/temp\\_visionaere\\_ps.pdf](http://www.suva.ch/temp_visionaere_ps.pdf). Webseite zuletzt besucht: 08.10.2013.
- OECD, 2002. Impact of Transport Infrastructure Investment on Regional Development. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Olszewski, R., Bebi, P., Teich, M., Wissen-Hayek, U., Grêt-Regamey, A., 2012. Avalanche protection by forests - a choice experiment in the Swiss Alps. Journal of Forest Policy and Economics. 15, 108-113.
- Pauli, B., Bürgi, P., Brülhart, S., Peter, L., Rosset, Ch., Menk, J., 2010. Rundholzmarkt Graubünden. Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des Angebots von sägefähigem Rundholz im Kanton Graubünden. Abschlussbericht. 226 S.
- Perman R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M., 2003. Natural resource and environmental economics (3rd ed). Pearson Education Ltd, Harlow. 699 S.
- Pernstich, C., 2013. mündliche Mitteilung vom 05.03.2013. Stellvertretender Kantonsoberförster. Waldschutzbeauftragter. BAFU. Sion.

- Rosset, Ch., Menk, J., Gollut, C., 2012. Holz auf den Punkt gebracht. In: InfoHAFL. Vol.13, September 2012.
- Sandri, A., 2013. mündliche Mitteilung vom 09.10.2013. Sektionschef Rutschungen, Lawinen und Schutzwald. BAFU. Bern.
- Scheidegger, C., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Vittoz, P., Walter, T., 2010. Waldwirtschaft. In: Lachat et al. (editors). Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Zürich, Haupt. 124-160.
- Schulz, Ch., Klein, D., 2011. Wald nutzen heisst Klimaschutz maximieren. LWFaktuell 85, 51 - 53.
- Schweizerischer Forstverein, 2013. Biodiversität und Holzproduktion unter einem Dach. Positionspapier. Publiziert am 3. Juli 2013.
- Sohns, H., 2011. Moderne Holzernte. Ulmer Eugen Verlag. 256 S.
- Speich, S., Abegg, M., Brändli, U.-B., Cioldi, F., Duc, P., Keller, M., Meile, R., Rösler, E., Schwyz, A., Ulmer, U., 2011. Drittes Schweizerisches Landesforstinventar - Ergebnistabellen im Internet. Zweite stark erweiterte Ausgabe. [Published online 31.03.2011]. <http://www.lfi.ch/resultate/>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- Spinelli, R. und Marchi, E., 1996. A literature review of the environmental impacts of forest road construction. Paper read at proceedings at the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport. Sinaia, Romania.
- Steiner, Ch., 2014. Luftleerer Emissionshandel. Neue Zürcher Zeitung (online). <http://www.nzz.ch/finanzen/uebersicht/finanzportal/luftleerer-emissionshandel-1.18294019>.
- Sterner, T., 2003. Policy instruments for environmental and natural resource management. Resources for the Future, Washington, D.C., 504 S.
- Sturm, B., Vogt, C. 2011. Marktversagen durch externe Effekte. In: Umweltökonomie. Physica Lehrbuch. Springer-Verlag. Berlin.
- Suva, 2005. Berufsunfälle in Forstbetrieben im Jahr 2003. Suva, Bereich Holz und Dienstleistungen. Luzern. 26 S.
- Swissmelio, Ingenieur-Geometer Schweiz, 2008. Empfehlungen für die Submission von Meliorationen und kombinierten Projekten.
- Taverna, R., Hofer, P., Werner, F., Kaufmann, E., Thürig, E., 2007. CO<sub>2</sub>-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Umwelt-Wissen Nr. 0739. Bundesamt für Umwelt, Bern. 102 S.
- TEEB, 2010. Mainstreaming the economics of nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of teeb. UNEP, Geneva, 36 S.
- Valentini, o.J.. V1500L. [www.valentini-export.ch](http://www.valentini-export.ch).
- Varian, H.R., 2001. Grundzüge der Mikroökonomik (5., überarb. Aufl.). Oldenburg, München.
- Waldwirtschaft Schweiz (Hrsg.), 2013. Auswertungen Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz der Jahre 2008 - 2012. Solothurn: Waldwirtschaft Schweiz. Unveröffentlicht.
- Walz, A., Taverna, T., Stöckli, V., 2010. Effektiver Klimaschutz durch den Wald - Holz nutzen ist wirksamer als Vorräte anhäufen. Wald und Holz. 37-40.
- Weber, R., Frutig, F., Gloor, M., 2004. Mechanisierte Holzernte in Steil- und Gebirgslagen. Wald und Holz 85, 2.33-37.
- Weber, D., Berchten, F., 2010. Biodiversität und Holznutzung – Synergien und Grenzen. Daten und Fakten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU im Rahmen des Aktionsplans Holz. Hintermann & Weber AG.
- Wegmann, S., 1991. Naturschutz bei der integralen Erschliessungsplanung. Eine Literaturübersicht. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen SZF 142 (1991) 8.627-645.

- Wettmann, O., 2009. Die neue Präventionskampagne der Suva "Risikoverhalten Forst". Wald und Holz. 90, 10. 42-45.
- Wilhelm, C., Kalberer, M., Meier, A., 2011. Neuer Schutzwald. Graubünden 2012. Bündner Wald. 1. 88-95.
- Winkler, C., 1997. Vorstudie; Ökoinventare von Holzerntesystemen. ETH Zürich. Interne Berichte, Nr. 8. 55 S.
- Wohlgemut, T., Bürgi, M., Scheidegger, C., Schütz, M., 2002. Dominance reduction of species through disturbance - a proposed management principle for central European forests. Forest Ecology Management 66.1-15.
- Wohlgemut, T., Brigger, A., Gerold, P., Laranjeiro, L., Moretti, M., Moser, B., Rebetez, M., Schmatz, D., Schneiter, G., Sciacca, S., Sierro, A., Weibel, P., Zumbrunne, T., Conedera, M., 2010. Leben mit Waldbrand. Merkblatt für die Praxis 46. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Lawinen WSL, Birmensdorf.
- WSL, Schweizerisches Landesforstinventar (Hrsg.), 2010. Resultate vom 10.03.2010.
- WSL, Schweizerisches Landesforstinventar (Hrsg.), 2010a. LFI2-LFI3. Jährliche Nutzung an Schaftderholz lebender Bäume: Hauptrückemittel, Kanton. Veränderung 1993/95 – 2004/06. Exceltabelle. Resultate vom 10.03.2010.
- WSL, Schweizerisches Landesforstinventar (Hrsg.), 2010b. LFI2-LFI3. Waldfläche: Eigentum, Produktionsregion. Zustand 2004/06. Exceltabelle. Resultate vom 10.03.2010.
- WSL, Schweizerisches Landesforstinventar (Hrsg.), 2010c. LFI3. Waldfläche: Eigentum, Kanton. Zustand 2004/06. Exceltabelle. Resultate vom 10.03.2010.
- WSL, Schweizerisches Landesforstinventar (Hrsg.), 2010d. LFI3. Erschliessungsdichte: Hoch-/Tieflagen, Eigentum, Kanton. Zustand 2004/06. Exceltabelle. Resultate vom 10.03.2010.
- Zischg A., Flury C., Costa R., Huber B., Berger S., 2011. Auswirkungen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf die Naturgefahren. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 154 S.

## Anhang

A1: Fragebogen: Stand Walderschliessung 2013 und Bedarfsschätzung im Kanton Bern

<b>I. Angaben zum Kanton</b>
Kanton: Bern
Ansprechpartner (Name, Telefon, Email): Fachbereichsleiter Förderung Walter Beer Mitarbeiter Fb Förderung Johann Kurtz (Erschliessungen)

<b>II. Angaben zur Walderschliessung: Bedarfsschätzung der nächsten 10 Jahre</b>					
<b>Resultate der Umfrage 2013</b>					
im Schutzwald			im Nicht-Schutzwald		
Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung	Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung
80'000 m	30'000 m	100'000 m	10'000 m	1'000 m	1'500 m
8 Mio. Fr.	4 Mio. Fr.	11 Mio. Fr.	0.7 Mio. Fr.	100.000 Fr.	50'000 Fr.
<b>1. Machen Sie bitte so genau wie möglich Angaben zur entsprechenden Waldbodenfläche in Ihrem Kanton.</b>					
a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?			a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
2'500 ha	900 ha	25'000 ha	300 ha	30 ha	10 ha
b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten?			b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
1.1 Mio. m <sup>3</sup>	400'000 m <sup>3</sup>	10.4 Mio. m <sup>3</sup>	120'000 m <sup>3</sup>	12'000 m <sup>3</sup>	4'200 m <sup>3</sup>
c. Wie hoch ist der geplante (jährliche) Einschlag für diese Flächen?			c. Wie hoch ist der geplante (jährliche) Einschlag für diese Flächen?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung

18'500 m <sup>3</sup>	6'800 m <sup>3</sup>	150'000 m <sup>3</sup>	3'500 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	80 m <sup>3</sup>
d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten?			d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung
25'000 m <sup>3</sup>	8'000 m <sup>3</sup>	240'000 m <sup>3</sup>	3'200 m <sup>3</sup>	390 m <sup>3</sup>	120 m <sup>3</sup>

**2. Nutzen Sie präzise Datenquellen oder schätzen Sie die Fläche?**

Datenquelle  Schätzung

**3. Besteht die Möglichkeit, eine Teilregion aufgrund von detaillierten und GIS-basierten Angaben genauer zu untersuchen?**

Ja  Nein

Wenn ja, welche? .....

**Resultate der Umfrage 2009**

**Bestand an Strassen, aufgeteilt auf Traglastklassen**

< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t
1'500 km	4'000 km	2'500 km

**4.1 Wie lassen sich oben aufgeteilte Strassen auf Schutz- und Nicht-Schutzwald aufteilen?**

im Schutzwald			im Nicht-Schutzwald		
< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t	< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t

**4.2 Veränderung der maximalen Strassentraglasten durch Ausbau-Massnahmen**

a. Wie viele Strassenkilometer sollen in den nächsten 10 Jahren auf die nächsthöhere oder auf die 40 t-Traglast-Klasse ausgebaut werden?

im Schutzwald		im Nicht-Schutzwald	
Ausbau von <18 t auf	Ausbau von 19-28t auf	Ausbau von <18t auf	Ausbau von 19-28t auf

19-28 t:	29-40 t:	19-28 t:	29-40 t:
29-40 t:		29-40 t:	

**III. Während Abschnitt II sich mit dem zukünftigen Bedarf befasst, so soll in diesem Abschnitt III das Förderwesen der vergangenen 5 Jahre näher erfasst werden.**

**Das Fragenschema entspricht jenem unter II.**

Durchgeführte, erfasste Baumassnahmen					
im Schutzwald			im Nicht-Schutzwald		
Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung	Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung
37'400 m	15'100 m	49'700 m	4'570 m	360 m	660 m
Fr. 4'000'000.-	Fr. 1'854'000.-	Fr. 5'450'000.-	Fr. 331'000.-	Fr. 34'000.-	Fr. 15'000.-
70% Kt.-B. mit Bundesbeteiligung			50% Kt.-B. (seit 2013: 70 )	50% Kt.-B. (seit 2013: 70 )	70% Kt.-B.

**5. Machen Sie bitte so genau wie möglich Angaben zur entsprechenden Waldbodenfläche.**

a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?	a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?				
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
1'260 h	420 ha	12'800 ha	150 ha	10 ha	5 ha
b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten?			b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
540'000 m <sup>3</sup>	170'800 m <sup>3</sup>	5'188'900 m <sup>3</sup>	59'500 m <sup>3</sup>	3'960 m <sup>3</sup>	2'190 m <sup>3</sup>
c. Wie hoch ist der geplante (jährliche) Einschlag für diese Flächen?			c. Wie hoch ist der geplante (jährliche) Einschlag für diese Flächen?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
9'200 m <sup>3</sup>	3'150 m <sup>3</sup>	77'180 m <sup>3</sup>	1'770 m <sup>3</sup>	180 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>

d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten?			d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung
12'250 m <sup>3</sup>	3'920 m <sup>3</sup>	119'300 m <sup>3</sup>	1'600 m <sup>3</sup>	130 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>

A2: Fragebogen: Stand Walderschliessung 2013 und Bedarfsschätzung im Kanton Graubünden

<b>I. Angaben zum Kanton</b>
Kanton: Graubünden
Ansprechpartner (Name, Telefon, Email):
Andreas Meier, 081 257 38 59, andreas.meier@awn.gr.ch

<b>II. Angaben zur Walderschliessung: Bedarfsschätzung der nächsten 10 Jahre</b>					
<b>Resultate der Umfrage 2013</b>					
im Schutzwald (122'710 ha)			im Nicht-Schutzwald (60'180 ha)		
Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung	Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung
100 km	25 km	500 km	10 km	5 km	30 km
52 Mio. Fr.	20 Mio. Fr.	120 Mio. Fr.	6 Mio. Fr.	4 Mio. Fr.	8 Mio. Fr.
<b>1. Machen Sie bitte so genau wie möglich Angaben zur entsprechenden Waldbodenfläche in Ihrem Kanton.</b>					
a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?			a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
12'000	2'600	86'000	1'200	520	5'200
b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten? → 287 m <sup>3</sup> /ha			b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten? → 284 m <sup>3</sup> /ha		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
3'444'000	746'200	24'682'000	340'800	147'680	1'476'800
c. Wie hoch ist der geplante Einschlag für diese Flächen? → 2.25 m <sup>3</sup> /ha*a			c. Wie hoch ist der geplante Einschlag für diese Flächen? → 2.25 m <sup>3</sup> /ha*a		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
27'000	5'850	193'500	2'700	1'170	11'700
d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten? → 5.46 m <sup>3</sup> /ha*a			d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten? → 5.39 m <sup>3</sup> /ha*a		

Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung
65'520	14'196	469'560	6'468	2'803	28'028

**2. Nutzen Sie präzise Datenquellen oder schätzen Sie die Fläche?**

Datenquelle  X Schätzung

**3. Besteht die Möglichkeit, eine Teilregion aufgrund von detaillierten und GIS-basierten Angaben genauer zu untersuchen?**

Ja  Nein

Wenn ja, welche? .....

**Resultate der Umfrage 2013**

Bestand an Strassen, aufgeteilt auf Traglastklassen (*bis ans übergeordnete Strassennetz, d.h. auch Teilstrecken ausserhalb des Waldes*)

< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t
1'030 km	1'856 km	1'505 km

**4.1 Wie lassen sich oben aufgeteilte Strassen auf Schutz- und Nicht-Schutzwald aufteilen? (Hinweis: die Strassen, die für den Schutzwald notwendig sind aber teilweise durch Nicht-Schutzwald führen, werden vollständig dem Schutzwald zugeordnet!)**

im Schutzwald (95%)			im Nicht-Schutzwald (5%)		
< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t	< 18 t	19 – 28 t	29 – 40 t
980'000	1'760'000	1'430'000	50'000	96'000	75'000

**4.2 Veränderung der maximalen Strassentraglasten durch Ausbau-Massnahmen**

a. Wie viele Strassenkilometer sollen in den nächsten 10 Jahren auf die nächsthöhere oder auf die 40 t-Traglast-Klasse ausgebaut werden?

im Schutzwald		im Nicht-Schutzwald	
Ausbau von <18 t auf	Ausbau von 19-28t auf	Ausbau von <18t auf	Ausbau von 19-28t auf

19-28 t: 35	29-40 t: 70	19-28 t: 0	29-40 t: 5
29-40 t: 245		29-40 t: 20	

Bemerkung: Traglasterhöhungen bei 100% der Ausbauten und bei 50% der Wiederinstandstellungen

**III. Während Abschnitt II sich mit dem zukünftigen Bedarf befasst, so soll in diesem Abschnitt III das Förderwesen der vergangenen 5 Jahre näher erfasst werden. → 2008 - 2012**

**Das Fragenschema entspricht jenem unter II.**

Durchgeführte, erfasste Baumassnahmen					
im Schutzwald			im Nicht-Schutzwald		
Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung	Ausbau	Neubau	Wieder-instandstellung
39'055 m	12'052 m	300'124 m	243 m	0 m	15'862 m
20'429'50 0 Fr.	9'119'00 0 Fr.	71'855'000 Fr.	72'500 Fr.	0 Fr.	3'520'000 Fr.
24/44%	24/44%	Förderquote in % getrennt Bund Kanton 24/44 %	- /45%	- /45%	- /45%

**5. Machen Sie bitte so genau wie möglich Angaben zur entsprechenden Waldbodenfläche.**

a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?	a. Wie viel Hektar Waldfläche ist jeweils betroffen?				
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
4'669 ha	1'231 ha	51'383 ha	129 ha	0 ha	2'748 ha
b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten? → 287 m³/ha			b. Wie hoch ist der stehende Vorrat in den entsprechend betroffenen Waldgebieten? → 284 m³/ha		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
1'340'003	353'297	14'746'921	36'636	0	780'432
c. Wie hoch ist der geplante Einschlag für diese Flächen? → 2.25 m³/ha*a			c. Wie hoch ist der geplante Einschlag für diese Flächen? → 2.25 m³/ha*a		
Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstand-stellung
10'505	2'770	115'612	290	0	6'183

d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten? → 5.46 m³/ha*a			d. Wie hoch ist der jährliche Zuwachs in den betroffenen Waldgebieten? → 5.39 m³/ha*a		
Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung	Ausbau	Neubau	Wiederinstandstellung
25'493	6'721	280'551	695	0	14'811

# Glossar

## **Abiotische Ereignisse**

Ereignisse, die den Gesundheitszustand von Wäldern nachhaltig beeinflussen können und nicht von (biologischen) Organismen verursacht werden, wie beispielsweise Frost, Sturm, Schnee, Hagel etc.

## **Biodiversität**

Die Vielfalt des Lebens, welche sich auf unterschiedliche Ebenen unterteilen lässt. Es existiert die Vielfalt der Arten, der Ökosysteme und der Gene. Als zusätzliche Ebene wird die Wechselbeziehung zwischen den anderen drei Ebenen angesehen.

## **Biotische Ereignisse**

Ereignisse, die von biologischen Organismen wie Insekten und Bakterien ausgelöst werden und den Gesundheitszustand von Wäldern nachhaltig beeinflussen können.

## **Einschnittskapazität**

Die Menge an Laub- und Nadelholz, die innerhalb eines Jahres in einem Sägewerk verarbeitet werden kann. Die Angaben hierzu sind in Kubik- bzw. Festmeter [ $m^3$ ; fm].

## **Festmeter**

Anderer Begriff für Kubikmeter. Abkürzung: fm

## **Gütertheorie**

Jedes Gut kann danach bewertet werden, wie reichlich es zur Verfügung steht. Je knapper ein Gut ist, desto höher wird es bewertet. Ein Gut wiederum definiert sich durch die vier Dimensionen (i) Beschaffenheit, (ii) Nutzungsweise, (iii) Sozialform und (iv) Rechtsform.

## **Holzerntekostenfreier Erlös**

Der holzerntekostenfreie Erlös (= Deckungsbeitrag 1) ist die Differenz aus Holzerntekosten minus Erlös aus dem Holzverkauf. Dieser kann sowohl positiv als auch negativ ausfallen.

## **Konventioneller Seilkran (KSK)**

Maschine beim Einsatz der Holzernte, die halbstationär betrieben wird und aus drei verschiedenen, Einheiten aufgebaut ist: Seiltragwerk, Schlittenwinden sowie Laufwagen mit Kran.

### **Marktversagen**

Die Marktkoordination führt im Sinne der Wohlfahrtsökonomie zu einer suboptimalen Allokation der Ressourcen. Das Konzept gilt als notwendige Bedingung für einen staatlichen Eingriff.

### **Mobilseilkran (MSK)**

Maschine für den Einsatz in der Holzbringung, die über einen auf einem mobilen Trägerfahrzeug (LKW, Forwarder, aber auch auf einem Anhänger) montierten Kippmasten verfügt.

### **Schutzwald**

Wald, der ein Schadenpotenzial gegenüber Naturgefahren schützt oder die damit verbundenen Risiken reduziert.

### **Stammholz**

Rundholz, welches (hier: ohne Rinde) Verwendung in den Sägereien (-> Schnittholz) oder Furnierwerken (-> Füner) findet.

### **Störungselastizität**

Mass für die Geschwindigkeit, mit der ein Wald nach einem Störungseignis wieder in den Ausgangszustand zurückkehrt. Eine hohe Störungselastizität weisen Wälder auf, welche nach einer erfolgten Störung die Schutzwirkung möglichst rasch wieder gewährleisten können.

### **Störungsresistenz**

Fähigkeit eines Waldes, Belastungen durch Störungseignisse (z.B. Windwurf, Insektenschäden, Waldbrand) standzuhalten. Störungsresistent sind Wälder, welche auf Störungen wenig bis gar nicht anfällig sind.