



Technische Universität München

TUM School of Life Sciences

Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung

**Zum ökonomischen Wert von Waldökosystemleistungen – Integration
der Ergebnisse eines Choice Experimentes in ein Szenario-Modell zur
Waldbewertung**

Alexandra Müller

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Life Sciences zur Erlangung des
akademischen Grades eines
Doktors der Forstwissenschaft (Dr. rer. silv.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzende/-r: Prof. Dr. Peter Annighöfer

Prüfende/-r der Dissertation:

1. Prof. Dr. Thomas Knoke
2. Prof. Dr. Roland Olschewski

Die Dissertation wurde am.....26.04.2021.....bei der Technischen Universität München ein-
gereicht und durch die TUM School of Life Sciences am.....28.06.2021.....angenommen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Promotion unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht an meinen Doktorvater Prof. Dr. Thomas Knoke für die Betreuung dieser Arbeit – er war stets für mich da und hat mich in allen Belangen unterstützt. Unsere Gespräche werden mir stets als bereichernder und konstruktiver Austausch in Erinnerung bleiben. Das habe ich nie als selbstverständlich angesehen – tausend Dank!

Einen herzlichen Dank möchte ich auch an meinen Zweitgutachter Prof. Dr. Roland Olschewski richten, der stets ein offenes Ohr für mich hatte und durch seine wertvolle Expertise maßgeblich zum Gelingen dieses Projektes beigetragen hat.

Vielen Dank an Dr. Christian Unterberger, Dr. Gaspard Dumollard und Mélanie Thomas für die Unterstützung in verschiedenen Phasen dieser Dissertation – ohne ihre Mitwirkung wäre dieses Projekt niemals Wirklichkeit geworden.

Des Weiteren möchte ich mich bei Prof. Dr. Bernhard Pauli bedanken, der die Durchführung dieser Promotion erst ermöglichte und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Außerdem danke ich dem Schweizer Bundesamt für Umwelt BAFU für die finanzielle Unterstützung, ohne die dieses Projekt nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt aber von ganzem Herzen möchte ich mich bei meiner Familie und insbesondere bei Martin Müller für ihre Unterstützung und dafür bedanken, dass sie stets ein offenes Ohr für mich hatten und mich auch in den schwierigen Phasen motiviert haben, weiterzumachen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Anmerkungen	9
Zusammenfassung	10
Abstract	12
1. Einleitung	14
2. Publikationen	16
2.1 Erster Artikel	16
2.2 Zweiter Artikel	17
3. Material & Methoden	18
3.1 Waldflächen, Eigentumsverhältnisse und Vorrangfunktionen in der Schweiz	18
3.2 Bestehende Bewertungsergebnisse als Input für das Bewertungsmodell	20
3.3 Umfragen zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften	20
3.3.1 Aufbau des Choice Experiments	21
3.3.2 Ermittlung von Zahlungsbereitschaften	25
3.3.3 Validierung des Fragebogens (Pre-Tests)	26
3.3.4 Durchführung der Umfrage	26
3.4 Ziele, Aufbau und Funktionsweise des Modells	27
3.4.1 Ziele und Aufbau des Modells	27
3.4.2 Umsetzung: Funktionsweise des Modells	29
3.5 Fallstudien: Betriebsinformationen, Dateninput und Berechnungsszenarien	32
3.5.1 Informationen zu den beiden Beispiel-Forstbetrieben	32
3.5.2 Dateninput und Berechnungsszenarien	33
4. Ergebnisse	39
4.1 Auswertung bestehender Bewertungsstudien	39
4.2 Präferenzen und Zahlungsbereitschaften für Erholungsleistungen und Habitataufwertung	41
4.2.1 Präferenzen gemäß Forstzonen	42
4.2.2 Präferenzen gemäß Wohnregionen	42
4.2.3 Zahlungsbereitschaften im Kontext anderer Studien	42
4.2.4 Zahlungsbereitschaften als Input für das Bewertungsmodell	43
4.3 Ergebnisse und Interpretation der Modellberechnungen (Fallstudien)	43

5. Diskussion und Fazit	47
5.1 Diskussion der Fragestellungen	47
5.1.1 Benefit Transfer als Modellinput	47
5.1.2 Choice Experiment als Informationsbasis für Habitataufwertung und Erholungsleistungen	47
5.1.3 Einfluss von Ökosystemleistungen auf das ökonomische Ergebnis schweizer Forstbetriebe	49
5.2 Modellkritik - Entwicklungspotenzial	50
5.3 Fazit	50
6. Literaturverzeichnis	52
7. Anhang	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Waldflächen nach Forstzonen (Quelle: BFS 2020c, verändert).....	18
Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Waldfläche der verschiedenen Forstzonen am gesamten schweizer Wald (Datenquelle: BFS 2020a, eigene Darstellung).....	19
Abbildung 3: Waldflächen in den Forstzonen und Eigentumsverhältnisse (Quelle BFS 2020b, eigene Darstellung).....	19
Abbildung 4: Bewertete Bestandteile von Waldleistungen.	20
Abbildung 5: Beispiel für eine Entscheidungssituation des Forstbetriebs, bei dem die linke Option ausgewählt wurde.....	24
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Bewertungsmodells	29
Abbildung 7: Eingabemaske für das Bewertungsmodell (farbige Zellen sind veränderbar).....	31
Abbildung 8: Flächenverteilung der Vorrangfunktionen in den Bewertungsszenarien S01 – S10..	38
Abbildung 9: Streuung der Ergebnisse der Bewertungsstudien	39
Abbildung 10: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwert in CHF/ha).....	44
Abbildung 11: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwert in CHF/ha) bei 100% der jeweiligen Vorrangfunktion	46
Abbildung 12: Auswirkungen der verschiedenen Vorrangfunktionen (jeweils auf der gesamte Betriebsfläche) auf den Kapitalwert im Vergleich zu einem reinen Holzproduktionsbetrieb	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gliederung der Fragebögen	21
Tabelle 2: Im Choice-Experiment verwendete Attribute und Level	23
Tabelle 3: Rücklauf bei den Umfragen in den verschiedenen Zielgruppen	26
Tabelle 4: Phasen und Schritte des Bewertungsmodells	30
Tabelle 5: Dateninput Bewertungsmodell	33
Tabelle 6: Definition Waldbaustrategie: Umtriebszeiten und Bestockungsziele der beiden Forstbetriebe	36
Tabelle 7: Flächenanteile der Vorrangfunktionen in den Bewertungsszenarien.....	37
Tabelle 8: Streuung der Bewertungsergebnisse von Erholungsleistungen.....	40
Tabelle 9 : Zahlungsbereitschaft der schweizer Bevölkerung für Veränderungen in der Waldbewirtschaftung, gemäß Forstzonen und Wohnregionen (CHF pro Haushalt und Jahr)	41
Tabelle 10: Gegenüberstellung von positiven und negativen WTP und WTA	42
Tabelle 11: Grundlagen zur Umrechnung der WTP.....	43
Tabelle 12: Für die Modellberechnung verwendete Szenarien S01 - S18 in %.....	44
Tabelle 13: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwerte (KW))	45

Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser	Baumdurchmesser in 1.30m Höhe
BT	Benefit Transfer	Methode zur Bewertung von Ökosystemleistungen
CE	Choice-Experiment	Methode zur Bewertung von Ökosystemleistungen
LCA	Latent class analysis	Statistische Methode
LFI	Landesforstinventar	
LbH	Laubholz	
KW	Kapitalwert engl.: net present value	
MNL	Multinomiale logistische Regression	Statistische Methode
NdH	Nadelholz	
TBN	Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz	Beobachtungsstichprobe von 260 schweizer Forstbetrieben
WEP	Waldentwicklungsplan	Planungsinstrument der kantonalen Forstdienste
WTA	Akzeptanzbereitschaft engl.: willingness to accept	Geldbetrag, der notwendig ist, um eine Veränderung zu akzeptieren
WTP	Zahlungsbereitschaft engl.: willingness to pay	Geldbetrag, den jemand bereit ist zu zahlen, um eine Veränderung zu erreichen
WÖS	Wald-Ökosystemleistung	

Anmerkungen

Da die Studie in der Schweiz durchgeführt wurde, sind alle Geldbeträge in Schweizer Franken (CHF) angegeben. Der relevante Wechselkurs CHF-EUR schwankte zwischen 1.15 (2018) und 1.11 (2019). In den Publikationen wurden sämtliche Geldbeträge zum jeweiligen Jahresdurchschnittskurs in USD umgerechnet.

Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Es wird das generische Maskulinum verwendet, wobei alle Geschlechter gleichermaßen gemeint sind.

Zusammenfassung

Der Wald erbringt zahlreiche für die Bevölkerung bedeutende Leistungen (z.B. Schutz gegen Naturgefahren, Bereitstellung von Erholungsmöglichkeiten, Wasserspeicherung im Waldboden), die zweifelsohne einen ökonomischen Wert besitzen. Zwar wird den Ökosystemleistungen des Waldes immer mehr Beachtung geschenkt, allerdings wird ihr ökonomischer Wert bei Entscheidungen über den Umgang mit der Ressource Wald nur selten berücksichtigt. Um dieses Defizit zu reduzieren, kann die ökonomische Bewertung von Waldleistungen wichtige Informationen für die Entscheidungsfindung in der Forstwirtschaft sowie Forstpolitik liefern.

Die vorliegende Dissertation wurde in der Schweiz durchgeführt. Die Auswertung des Testbetriebsnetzes TBN zeigt Jahr für Jahr, dass die wirtschaftliche Situation der Forstbetriebe äußerst angespannt ist. Obwohl es für die Waldbewirtschaftung (insbesondere im Schutzwald und bei der Jungwaldpflege) im Vergleich zu Deutschland und Österreich hohe finanzielle Unterstützungen gibt, schreiben mehr als die Hälfte der Betriebe Verluste. Die Situation wird durch die Tatsache verschärft, dass die Nachfrage nach verschiedenen Waldleistungen - neben der Holzproduktion - steigt. Viele dieser Leistungen werden als öffentliche Güter angesehen und ihre kostenlose Bereitstellung gefordert, obwohl für die Forstbetriebe teils beachtliche Mehraufwände entstehen. Selbst wenn die Bereitschaft seitens der Betriebe, der Waldbesitzer oder der Bevölkerung besteht, diese Mehraufwände zu tragen, fehlt vielerorts die Grundlage, diese Leistungen zu bewerten.

Aufbauend auf dieser Problematik ergeben sich folgende Fragestellungen, die im Rahmen dieser Dissertation untersucht und beantwortet werden:

- Lassen sich existierende Bewertungen zur Unterstützung von forstlichen Management-Entscheidungen nutzen?
- Wie lässt sich die Informationsbasis für Habitataufwertung und Erholungsleistungen verbessern?
- Wie verändert die Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bestimmte Bewirtschaftungsszenarien und das ökonomische Ergebnis schweizerischer Forstbetriebe?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde zunächst analysiert, ob auf der Grundlage bereits veröffentlichter Daten ein ökonomisches Bewertungsmodell für Waldleistungen entwickelt werden kann, welche dann mittels Benefit Transfers in Waldbewertungen und Bewirtschaftungsentscheidungen zu integrieren sind. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Bewertungsergebnisse auch innerhalb der verschiedenen Waldleistungskategorien eine große Streuung ohne erkennbares Muster, etwa in Abhängigkeit von der gewählten Bewertungsmethode, aufweisen. Deshalb ist eine solche Datenbank allein nicht geeignet, um als Instrument der Entscheidungs- und Managementunterstützung zu dienen. Da es insbesondere bezüglich der Erholungsleistungen und Habitataufwertung sehr große Streuungen gab, wurde für diese Leistungen ein Choice Experiment durchgeführt, um die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für bestimmte Waldbewirtschaftungsalternativen und die jeweilige Akzeptanzbereitschaft der Försterseite zu ermitteln. Für die bessere Berücksichtigung der räumlichen und gesellschaftlichen Heterogenität wurden verschiedene geographische Regionen (Forstzonen) und Siedlungsgebiete in der Schweiz verglichen. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurde ein Bewertungsmodell entwickelt, welches eine waldbauliche Simulation mit einer Kapitalwertberechnung kombiniert. So können die ökonomischen Konsequenzen verschiedener Strategien dargestellt werden, welche durch die Flächenanteile der auf unterschiedliche Waldleistungen abgestimmten Bewirtschaftungsszenarien definiert wurden. Die Bewirtschaftungsszenarien werden zum einen durch betriebliche Entscheidungen (z.B. Zielbestockung, Umtriebszeiten), zum anderen durch die Anteile ausgewählter Vorrangfunktionen im Betrieb bestimmt. Da die schweizer Forstbetriebe teilweise sehr unterschiedliche Kostenstrukturen haben, wurde als Grundstruktur ein kosten- und erlösbasierter Ansatz gewählt. Dieser ermöglicht es, flexibel auf Effizienzsteigerungen zu reagieren, wie z.B. eine Senkung der Holzerntekosten oder auch auf Erlösveränderungen. Die Ermittlung von Zahlungs- und Akzeptanzbereitschaften bietet eine solide Basis, um Anreiz- bzw. Zahlungsmechanismen für Waldleistungen zu erarbeiten. Dabei können die verschiedenen heterogenen Ansprüche der Bevölkerung ebenso berücksichtigt werden wie auch spezifische waldbauliche Anforderungen. So kann das Ziel einer effizienten und nachhaltigen Waldbewirtschaftung sichergestellt werden.

Der Test des Modells im Rahmen zweier Fallstudien hat gezeigt, dass die Kosten- und Erlösstruktur der Forstbetriebe den größten Einfluss auf das Modellergebnis hat. Die Zahlungsbereitschaften der Bevölkerung für Erholungs- und Habitataufwertung spielen dagegen nur eine geringere Rolle. Der Einfluss der Zahlungsbereitschaften der Bevölkerung hängt zudem sehr von der individuellen betrieblichen Situation ab. Deshalb kann keine allgemeingültige Aussage darüber getroffen werden, wie genau Waldleistungen neben der Holzproduktion das ökonomische Ergebnis beeinflussen. Die Fallstudien ergaben, dass einer Erhöhung des Anteils an Erholungsleistungen und Habitataufwertung (Waldleistungen, bei denen Zahlungsbereitschaften in das Modell einfließen) sich sogar negativ auf das Gesamtergebnis auswirken können. So waren beispielsweise die Szenarien mit Erholungswald bzw. Habitataufwertung auf der gesamten Betriebsfläche bei beiden Forstbetrieben diejenigen mit den größten ökonomischen Nachteilen.

Da im Bewertungsmodell verschiedene Waldleistungen berücksichtigt und deren Einfluss dargestellt werden sollte, wurden unterschiedliche Szenarien entwickelt, statt basierend auf mathematischer Programmierung kontinuierlich zu optimieren. Andere Modelle, die kontinuierlich optimieren, können zwar unter Umständen ökonomische Effekte auf Betriebsebene besser abbilden, jedoch ignorieren die meisten dieser Ansätze bislang verschiedene Waldleistungen und somit auch deren Einfluss auf das ökonomische Ergebnis. Ein weiterer Diskussionspunkt ist, dass im Bewertungsmodell preis- und kostenbasierte Ansätze parallel verwendet wurden. Dies ist bei der Bestimmung absoluter Werte kritisch zu beurteilen, da dadurch eine direkte Vergleichbarkeit methodisch problematisch ist. Allerdings werden die meisten Waldleistungen als öffentliche Güter angesehen und auch von der öffentlichen Hand, z.B. durch Beiträge, finanziert, was wiederum einen kostenbasierten Ansatz rechtfertigen kann.

Ziel des Modells ist nicht die Bestimmung absoluter Werte, sondern die Möglichkeit, verschiedene Bewirtschaftungsszenarien untereinander vergleichen zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei solchen Entscheidungen stets zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen, z.B. sollten auch Liquiditätsaspekte im Zeitablauf beachtet werden. Die Modellergebnisse sollten daher nicht als alleiniges Entscheidungskriterium verwendet werden, sondern in ein umfassendes Entscheidungssystem integriert werden.

Keywords: Waldleistungen, Choice Experiment, Zahlungsbereitschaft, Bewertungsmodell, Kapitalwert

Abstract

Forests provide numerous ecosystem services that are important for the population (e.g. protection against natural hazards, provision of recreational opportunities, or water storage in forest soils), which undoubtedly have an economic value. While increasing attention is being paid to forest ecosystem services, their economic value is rarely considered in decisions about how to manage forest resources. To reduce this deficit, the economic valuation of forest services can provide important information for decision making in forestry as well as in forest policy.

The present dissertation was carried out in Switzerland. Here, the evaluation of the test enterprises network TBN shows year after year that the economic situation of forest enterprises is extremely tight. Although there is a high level of financial support for forest management (especially in protection forests and tending of young forests) more than half of the forest enterprises generate losses.

The situation is aggravated by the fact that the demand for various forest services besides timber production is increasing. Many of these services are regarded as public goods and their provision is demanded free of charge, although in some cases considerable additional expenses are incurred for the forest enterprises. Even if enterprises, forest owners, or the broader population are willing to bear these additional expenses, a basis for valuing these services is often missing.

The present dissertation builds on this problem by examining and answering the following questions:

- Can existing valuation results be applied to support forest management decisions?
- How can the information base for habitat and recreational services be improved?
- How does the consideration of ecosystem services change certain management scenarios and the economic performance of Swiss forest enterprises?

To answer these questions, it was first analyzed whether an economic valuation model for forest services can be developed based on already published data. In this case, Benefit Transfer could have been used to integrate existing data into forest valuations and management decisions. However, the valuation results showed a large dispersion even within the different forest services without recognizable patterns, e.g. depending on the chosen valuation method. Therefore, such a database alone is not suitable to serve as a decision and management support tool.

Since there was very large variation, especially with respect to recreational and habitat services, a choice experiment was conducted for these two services to determine the population's willingness to pay for specific forest management alternatives and the respective foresters' willingness to accept them. To better account for spatial and societal heterogeneity, different geographical regions (forest zones) and settlement areas in Switzerland were compared. Based on the gained knowledge, a valuation model was developed which combines a silvicultural simulation with a net present value calculation. By this means, the economic consequences of different management scenarios can be presented.

The management scenarios are on the one hand determined by operational decisions (e.g. target stocking rate, rotation periods) and on the other hand by the shares of selected forest ecosystem services in the enterprise. Since Swiss forest enterprises tend to have very different cost structures, a cost- and revenue-based approach was chosen as the basic structure. This makes it possible to react flexibly to increases in efficiency, such as a reduction in timber harvesting costs, or to changes in revenues. The determination of the willingness to pay and willingness to accept provides a solid basis for developing incentive or payment mechanisms for forest ecosystem services. The various heterogeneous demands of the population as well as specific silvicultural requirements can be taken into account. As a result, the goal of an efficient and sustainable forest management can be assured.

Testing the model with two case studies has shown that the cost and revenue structure of the forest enterprises has the greatest influence on the model result, while the population's willingness to pay for recreation and habitat services only plays a minor role. Moreover, the actual impact of the population's willingness to pay depends largely on the individual operational situation. Therefore,

no generally valid statements can be made about how exactly forest services beside timber production influence the economic outcome. The case studies showed that increasing the share of recreational services and habitat enhancements (forest ecosystem services included in the model via the willingness to pay) can even have a negative impact on the overall result: the scenarios with recreational forest or habitat enhancements on the total forest enterprise area were the economically most disadvantageous.

Since different forest ecosystem services were to be considered and their impact to be determined in the model, we developed different scenarios instead of optimizing continuously based on mathematical programming. Other models that continuously optimize may be able to better represent economic effects at the enterprise level. But so far, most of these approaches have ignored the different forest ecosystem services, and thus, their influence on the economic outcome.

Another discussion point is that price-based and cost-based approaches have been used in parallel mode in the valuation model. This is critical when determining absolute values, as it makes direct comparisons methodologically problematic. However, most forest services are considered as public goods and are also financed by the public sector, e.g., through contributions, which in turn can justify a cost-based approach.

The aim of the model is not to determine absolute values but to enable the comparison of different management scenarios. It is important to note that such decisions always have to consider numerous factors, e.g. liquidity aspect have to be accounted for. Thus, the model results should not be used as the sole decision criterion but should be integrated in a comprehensive decision-support system.

Keywords: forest ecosystem services, choice experiment, willingness to pay, valuation model, net present value

1. Einleitung

Die Begriffe „Waldfunktionen“ und „Waldleistungen“ werden in der Literatur und im Sprachgebrauch häufig synonym verwendet bzw. nicht klar abgegrenzt. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass im Englischen in der Regel von (*forest*) *ecosystem services* die Rede ist und dieser Ausdruck mit dem Begriff *Waldleistungen* übersetzt wird. Auch in der englischsprachigen Literatur gibt es keine klare Abgrenzung zwischen den verschiedenen Begriffen. Häufig bezeichnen *ecosystem services* (=Ökosystemleistungen) den Nutzen von Ökosystemen für die Menschheit (Millennium Ecosystem Assessment 2005). *Ecosystem function* hingegen bezeichnet die Kapazität oder Fähigkeit des Ökosystems, etwas bereit zu stellen, das für den Menschen potenziell nützlich ist (deGroot 1992; deGroot et al. 2002). Daraus ergibt sich, dass Ökosystemfunktionen im Englischen im Gegensatz zu Ökosystemleistungen unabhängig von einer Nachfrage betrachtet werden.

Waldfunktionen und die damit verbundenen Leistungen der Wälder spielten seit jeher eine große Rolle für die Menschen – auch wenn sich die Bedeutung einzelner Leistungen im Laufe der Zeit gewandelt hat. Als Beispiel kann die sinkende Bedeutung von Nischholzprodukten des Waldes genannt werden – früher essenziell für das Überleben, heute in der Regel vor allem eine Freizeitbeschäftigung. Allerdings wird die Inwertsetzung von Waldleistungen besonders für Waldbesitzer und Forstbetriebe immer wichtiger, da die Nachfrage der Bevölkerung nach verschiedenen Leistungen immer mehr steigt. Bisher werden solche Leistungen jedoch ungenügend in Wert gesetzt (Rigling et al. 2015). Ein Hauptgrund hierfür ist die Tatsache, dass der Wald (aus Sicht vieler Nutzer) den Charakter eines öffentlichen Gutes hat. Viele Leistungen werden von den Nutzern gratis eingefordert. Auch ist ihnen teilweise nicht bewusst, dass die Bereitstellung aus Sicht der Waldbesitzer und Forstbetriebe mit Aufwand verbunden ist. Gerade dieser „öffentliche Gut“-Charakter ist zum einen typisch für Waldleistungen, zum anderen aber auch eines der grundlegenden Probleme bei der Inwertsetzung. Eine ökonomische Bewertung kann jedoch dabei helfen, den Wert der Natur bzw. ihrer Leistungen zu veranschaulichen und so ihre Wertschätzung erhöhen. Außerdem kann die Bewertung von Waldleistungen wichtige Informationen für die Entscheidungsfindung in der Forstwirtschaft sowie in der Forstpolitik liefern. Dies insbesondere dadurch, dass verschiedene Handlungsoptionen miteinander verglichen, Prioritäten für geplante Massnahmen gesetzt sowie finanzielle Anreiz- und Unterstützungssysteme entwickelt werden können. Die ökonomische Bewertung stellt also eine zusätzliche Informationsgrundlage dar, um die Entscheidungsfindung zu verbessern.

Seit einigen Jahrzehnten versucht man vor diesem Hintergrund, Leistungen der Natur zu monetarisieren (z.B. Costanza et al. 1997; Gómez-Baggethun et al. 2010). Diese Perspektive soll helfen, sparsam mit den natürlichen Ressourcen umzugehen und Umweltschäden zu vermeiden, so dass die Funktionalität der natürlichen Lebensgrundlagen nachhaltig sichergestellt werden kann (Paul et al. 2020). Auch in Entscheidungssituationen bezüglich des Waldes stellt sich häufig die Frage nach Bewertungsmöglichkeiten für bestimmte Waldleistungen. Laut Haaren et al. (2016, 19) ist der Hauptgrund für die unzureichende Berücksichtigung in der Tatsache zu suchen, dass auch knappe Leistungen der Natur meist kostenlos genutzt werden können. Diese sind durch zwei Merkmale charakterisiert: Zum einen sind sie nicht rivalisierend, d.h. es können mehrere Personen das Gut/die Leistung gleichzeitig nutzen, ohne dass andere Personen in ihrer Nutzung beeinträchtigt werden. Zum anderen sind sie nicht ausschließbar, d.h. einmal bereitgestellt, kann niemand von der Nutzung des Gutes/der Leistung abgehalten werden (Merlo und Croitoru 2005).

Neben marktbasierter Waldbewertungsmethoden bzw. den Methoden der allgemeinen Investitionsrechnung existieren eine ganze Reihe alternativer Möglichkeiten, waldbezogene Entscheidungen auf eine breitere ökonomische Informationsbasis zu stellen (z.B. Reisekostenmethode, Ersatzwertmethode, Kontingente Bewertungsmethode; vgl. tenBrink 2011; White et al. 2011; Pascual et al. 2012; Bergen et al. 2013; UN 2014). Eine in diesem Zusammenhang häufig angewendete Methode ist der Benefit Transfer (BT). Dabei werden Bewertungsergebnisse aus bestehenden Studien (Primärstudien) auf neue, vergleichbare Situationen (Sekundärstudien) übertragen. Hier müssen unter anderem sowohl die Rahmenbedingungen (z.B. Klimazone) als auch der Bewertungsgegenstand (z.B. Schutzwirkung des Waldes bei Erosion) von Primär- und Sekundärstudie übereinstimmen (Schröter-Schlaack et al. 2016).

Der instrumentelle ökonomische Wert (McShane 2007) eines Produktes oder einer Leistung entsteht aus dem Nutzen, der bei den Nutzerinnen und Nutzern gestiftet wird. Da der individuelle Nutzen selbst nur schwierig mess- und vergleichbar ist, wird in der Regel auf die Zahlungsbereitschaft zurückgegriffen. Die Bewertung befasst sich daher mit der Frage, welchen Betrag die Individuen bereit sind, für eine entsprechende Nutzung zu zahlen bzw. aufzugeben (willingness to pay, WTP), wobei die Produktionskosten für den Wert eines Gutes oder einer Leistung erst einmal nicht von Bedeutung sind (Barbier et al. 1997, 24). Über die Bewertung werden somit die Präferenzen der Menschen erfasst. Unter dem Ausdruck „Wert“ wird eine Vielzahl verschiedener Unterbegriffe zusammengefasst. Diese können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- Nutzungswerte (use values): Werte, die durch eine tatsächliche Nutzung (z.B. des Waldes) generiert werden. In der Regel können sie über die Zahlungsbereitschaft der Nutzer bestimmt werden (Champ et al. 2017).
- Nutzungsunabhängige Werte (non-use values): Werte, die nicht an die unmittelbare Nutzung (z.B. des Waldes oder anderer Ökosysteme) gebunden sind (Pascual et al. 2012).

Zwar wird den Ökosystemleistungen des Waldes in der letzten Zeit immer mehr Beachtung geschenkt, ihr ökonomischer Wert bei Entscheidungen über den Umgang mit der Ressource Wald aber nur selten berücksichtigt (Costanza et al. 2014a; Costanza et al. 2014b). Eine Konsequenz daraus ist, dass Wälder häufig unterbewertet werden (deGroot 1992; FAO Committee on Forestry 2014) und nur eine strenge Gesetzgebung verhindert, dass Wälder anderen Landnutzungsformen zugeführt werden. Im Rahmen dieser Dissertation wurden daher die folgenden Fragestellungen untersucht:

1. Lassen sich existierende Bewertungen zur Unterstützung von forstlichen Management Entscheidungen nutzen?
2. Wie lässt sich die Informationsbasis für Habitataufwertung und Erholungsleistungen verbessern?
3. Wie verändert die Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bestimmte Bewirtschaftungsszenarien und den das ökonomische Ergebnis schweizer Forstbetriebe?

Dabei geht diese, in der Schweiz durchgeführte Studie hinsichtlich der nachfolgenden Aspekte über existierende Arbeiten hinaus (z.B. Elsasser und Meyerhoff 2007; Markandya et al. 2008; Anielski und Wilson 2009; van der Ploeg und deGroot 2010; deGroot et al. 2012; Kumar 2012; Naturkapital Deutschland - TEEB DE 2016; Müller et al. 2019):

Der Fokus liegt nicht auf der Bewertung einer einzelnen Leistung, sondern es wurden die Holzproduktion, der Schutz vor Naturgefahren, die Habitataufwertung, Erholungsleistungen sowie die Kohlenstoffspeicherung einbezogen. Dies ermöglicht eine umfassende Bewertung des Waldes auf Forstbetriebsebene. Auch wurde durch die Ermittlung von Zahlungsbereitschaften im Rahmen eines Choice Experiments die Nachfrageseite (Bevölkerung) für die von der Bevölkerung stark in Anspruch genommenen und bei bisherigen Waldbewertungen kaum berücksichtigten Erholungsleistungen und Habitataufwertung integriert. Um dabei regionalen Besonderheiten Rechnung tragen zu können, wurden die Stichprobe nach Forstzonen (Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen) und nach Wohnregionen (Stadt, Agglomeration, Land) unterteilt. Darüber hinaus wurden bei dem Choice Experiment verschiedene Perspektiven berücksichtigt, indem sowohl die Angebotsseite (Forstbetriebsleiter) als auch die Nachfrageseite (Bevölkerung) befragt wurde. Die Ergebnisse und Erkenntnisse konnten dann gegenübergestellt werden, um so Rückschlüsse auf die Ansprüche an eine zukünftige Waldbewirtschaftung ziehen zu können. Die Studienergebnisse und die ermittelten WTP-Unterschiede zwischen Forstzonen und Wohnregionen zeigen, dass es zielführend und durchführbar ist, die Nachfrageseite, in diesem Fall die lokale Bevölkerung, bei forstwirtschaftlichen Entscheidungen zu berücksichtigen. Dies vor allem im Kontext von aufkommenden Bottom-up-Initiativen, wie sie zum Beispiel von Olschewski et al. (2018) beschrieben wurden.

Ein weiterer Bestandteil des entwickelten Bewertungsmodells ist eine waldbauliche Simulation, die es ermöglicht, bei der Modellberechnung die Entwicklung des Waldes zu berücksichtigen. Dabei können bestimmte waldbauliche Zielsetzungen einfließen. Das Bewertungsmodell ist geeignet, bis zu zehn verschiedene Szenarien parallel zu berechnen und zu vergleichen, wobei die Szenarien durch die flächenmäßige Verteilung der berücksichtigten Waldleistungen definiert werden.

2. Publikationen

Diese Arbeit umfasst zwei Artikel, die in peer-reviewten Fachzeitschriften veröffentlicht wurden. Zu jedem Artikel werden unten der ursprüngliche Abstract und die Beiträge der einzelnen Autoren angegeben. Die publizierten Artikel sind in voller Länge über die jeweiligen DOI abrufbar. Zusätzlich zu den beiden Artikeln wurde noch ein Blogbeitrag verfasst.

2.1 Erster Artikel

Zeitschrift: Forests, Impact factor 2.221

Originaltitel: Can Existing Estimates for Ecosystem Service Values Inform Forest Management?

Autoren: Alexandra Müller, Thomas Knoke und Roland Olschewski

Zusammenfassung

Ziel dieses Artikels ist es zu analysieren, ob (i) bestehende Ergebnisse bezüglich des wirtschaftlichen Wertes von Waldökosystemleistungen (WÖS) übertragen und zu Bewertungszwecken anderswo genutzt werden könnten und (ii) diese Daten für die Anwendung in der Waldbewirtschaftung geeignet sind. Viele WÖS sind öffentlich Güter und haben folglich keinen Marktpreis. Öffentliche Güter sind durch zwei Merkmale charakterisiert. Zum einen sind sie nicht-rivalisierend, d.h., es können mehrere Personen das Gut/die Leistung gleichzeitig nutzen, ohne dass die jeweils anderen Personen in ihrer Nutzung beeinträchtigt werden. Zum anderen sind sie nicht ausschließbar, was bedeutet, dass niemand kann von der Nutzung des Gutes/der Leistung ausgeschlossen werden kann. Die Bewertung dieser Leistungen kann jedoch wichtige Informationen für die Entscheidungsfindung in der Waldbewirtschaftung liefern und sowohl Planungs- als auch politische Prozesse unterstützen. Insbesondere die Möglichkeit eines Vergleichs verschiedener Alternativen kann helfen, Maßnahmen zu priorisieren und die Entwicklung von finanziellen Anreizen oder Förderungsmodellen zu unterstützen.

In dem vorliegenden Artikel wird analysiert, ob ein ökonomisches Bewertungsmodell für WÖS auf der Grundlage bereits veröffentlichter Daten entwickelt werden kann. Dazu wurde geprüft, in wie weit ein Nutzentransfer (Benefit Transfer, BT) sinnvoll ist und welche Herausforderungen zu bewältigen sind. Basierend auf einer Literaturanalyse wurde eine umfangreiche Datenbank mit WÖS-Werten zusammengestellt. Insgesamt wurden 196 Studien zu den Waldleistungen Biodiversität, Erholung, Klimaschutz und Kohlenstoffspeicherung, Schutz vor Naturgefahren und Trinkwasser untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die Bewertungsergebnisse, auch innerhalb der verschiedenen WÖS, eine große Streuung aufweisen, ohne ein erkennbares Muster, z.B. abhängig von der gewählten Bewertungsmethode, zu zeigen. Daher erscheint eine solche Datenbank allein nicht als Instrument zur Entscheidungs- und Managementunterstützung geeignet. Darüber hinaus konzentrieren sich die verfügbaren Informationen hauptsächlich auf Wälder als Ganzes und beinhalten meist keine weiteren Informationen, wie z.B. die gewünschte Baumartenzusammensetzung oder Bewirtschaftungsstrategie.

Wenn Sekundärdaten für forstwirtschaftliche Entscheidungen verwendet werden sollen, müssen sowohl die Hintergrundbedingungen der Primärstudien als auch die zur Bewertung verwendeten Indikatoren im Detail spezifiziert werden. Dies ist oft nicht gegeben. Dennoch lassen sich einige wichtige Vorteile einer Sekundäranalyse identifizieren. Erstens kann der ermittelte Wertebereich als Rahmen oder Orientierungslinie dienen. Zweitens kann er als Ausgangspunkt für die Primärforschung dienen, indem er z.B. Lücken bezüglich der Methoden oder Parameter aufzeigt. Drittens ist sie eine relativ kostengünstige Methode, um grundlegendes Hintergrundwissen zu generieren. Der zweckmäßigste Ansatz scheint in diesem Zusammenhang ein Transfer der Bewertungsfunktion auf der Grundlage eines umfangreichen Indikatorenansatzes zu sein, der die Möglichkeit bietet, die Bewertungsfunktion an sich ändernde Hintergrundbedingungen anzupassen.

Keywords: Economic valuation; forest ecosystem services; benefit transfer; forest management

Referenz:

Müller, Alexandra; Knoke, Thomas; Olschewski, Roland (2019): Can Existing Estimates for Ecosystem Service Values Inform Forest Management? In *Forests* 10 (2), p. 132. DOI: 10.3390/f10020132.

Individueller Beitrag

Meine Hauptaufgabe bei diesem Artikel bestand in der Datensammlung und -auswertung. Die Konzeption des Artikels erfolgte gemeinsam mit allen Autoren, das Schreiben und Bearbeiten der Reviews erfolgte in erster Instanz durch mich, meine Mitautoren wirkten ergänzend.

2.2 Zweiter Artikel

Zeitschrift: Journal of Environmental Management (Impact factor 5.647)

Originaltitel: The Valuation of Forest Ecosystem Services as a Tool for Management Planning – A Choice Experiment

Autoren: Alexandra Müller, Roland Olschewski, Christian Unterberger und Thomas Knoke

Zusammenfassung

Waldbesitzer und -bewirtschafter müssen sich mit einer steigenden Nachfrage nach Waldökosystemleistungen (WÖS) auseinandersetzen. Die Bereitstellung dieser Dienstleistungen ist oft mit erheblichen Kosten verbunden. Parallel dazu ist ein Wandel von einem überwiegend staatlichen Top-down-Ansatz zu diversen Bottom-up-Initiativen festzustellen, zu denen auch Bemühungen der lokalen Bevölkerung gehören, bei Entscheidungen über die Waldbewirtschaftung mitzubestimmen. Die Präferenzen der Nachfrager verschiedener Waldleistungen können sehr heterogen sein. Infolgedessen kann es zu Unsicherheiten kommen, wenn entschieden wird, welche Dienstleistungsbündel in welchem Umfang angeboten werden sollen. Die Abstimmung von Angebot und Nachfrage wird als eine Grundvoraussetzung für die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen im Allgemeinen und der Waldökosysteme im Besonderen angesehen. Vor diesem Hintergrund befassen wir uns mit den folgenden Forschungsfragen: (i) Wie können die Präferenzen auf der Angebots- und Nachfrageseite von Waldleistungen konsistent bestimmt werden? (ii) Inwieweit variieren diese Präferenzen aufgrund regionaler und gesellschaftlicher Unterschiede? (iii) Wie können Angebot und Nachfrage von WÖS durch Alternativen der Waldbewirtschaftung ausgeglichen werden?

Am Beispiel der Schweiz haben wir eine Umfrage bei Förstern und der breiten Bevölkerung durchgeführt, um die Einstellungen und Präferenzen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite der Waldökosystemleistungen zu vergleichen. Den Kern der Studie bildet ein Choice Experiment (CE), um die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung (WTP) für bestimmte Waldbewirtschaftungsalternativen und die jeweilige Akzeptanzbereitschaft (WTA) der Försterseite zu ermitteln. Um der räumlichen und gesellschaftlichen Heterogenität Rechnung zu tragen, haben wir verschiedene geographische Regionen (Forstzonen) und Siedlungsgebiete in der Schweiz verglichen.

Wir fanden recht ähnliche Präferenzen der Befragten aus verschiedenen Regionen. Im Allgemeinen bevorzugen die Menschen Dauerwälder mit einer Mischung aus Laub- und Nadelbäumen. Zudem sollten Holzschläge nur vereinzelt oder gar nicht sichtbar sein. Es konnten keine signifikanten Präferenzen für eine Ausdehnung der Flächen mit spezifischen Massnahmen zur Förderung von Habitaten und Erholungsleistungen festgestellt werden.

Ein Vergleich dieser Präferenzen mit denjenigen der Förster hat gezeigt, dass es möglich ist, sie durch verschiedene Managementstrategien oder (Förder-)Programme in Einklang zu bringen. Die Ermittlung von Zahlungs- und Akzeptanzbereitschaften bietet eine solide Basis, um Anreiz- bzw. Zahlungsmechanismen für Waldleistungen zu erarbeiten. Dabei können die verschiedenen heterogenen Ansprüche der Bevölkerung ebenso berücksichtigt werden wie spezifische waldbauliche Anforderungen. So kann eine effiziente und nachhaltige Waldbewirtschaftung sichergestellt werden.

Keywords: forest ecosystem services; willingness to pay; willingness to accept; recreational services; habitat services

Referenz

Müller, Alexandra; Olschewski, Roland; Unterberger, Christian; Knoke, Thomas (2020): The Valuation of Forest Ecosystem Services as a Tool for Management Planning – A Choice Experiment. In Journal of Environmental Management, Volume 271, 1 October 2020, 111008, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111008>

Individueller Beitrag

Bei diesem Artikel führte ich die Umfragen durch und wertete diese aus. Die Erarbeitung des Fragebogens geschah mit Unterstützung durch mit Roland Olschewski, die Berechnung der Zahlungsbereitschaften zusätzlich durch Christian Unterberger. Bei der Konzeption waren neben mir Roland Olschewski und Thomas Knoke beteiligt. Geschrieben wurde der Artikel vorrangig von mir; alle Mit-Autoren wirkten ergänzend. Die Überarbeitung und Bearbeitung der Reviews erfolgten gemeinsam mit Roland Olschewski und Christian Unterberger.

3. Material & Methoden

3.1 Waldflächen, Eigentumsverhältnisse und Vorrangfunktionen in der Schweiz

In der Schweiz gibt es rund 1,3 Mio. ha Wald. Dies entspricht etwa 30% der Landesfläche (BAFU 2014). Aufgrund der geographischen Gegebenheiten wird diese Fläche in fünf Forstzonen unterteilt: Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen und Alpensüdseite (Abbildung 1), wobei sich der größte Waldanteil in submontanen und montanen Regionen befindet (Abbildung 2).

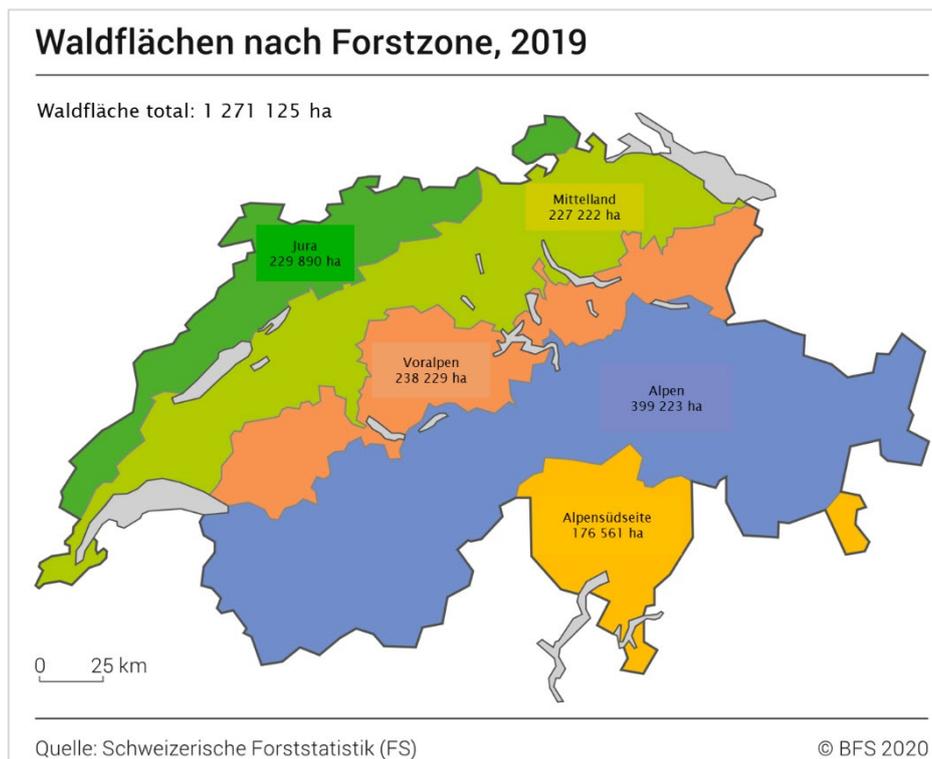


Abbildung 1: Waldflächen nach Forstzonen (Quelle: BFS 2020c, verändert)

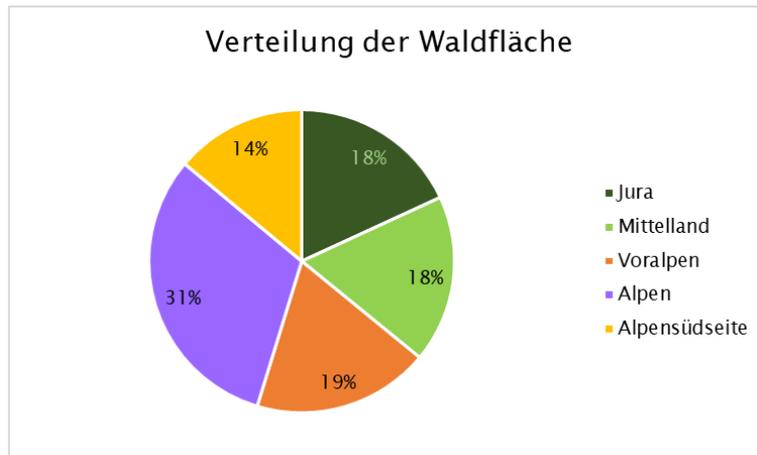


Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Waldfläche der verschiedenen Forstzonen am gesamten schweizer Wald (Datenquelle: BFS 2020a, eigene Darstellung)

In der Schweiz befinden sich 71% der Waldfläche in öffentlichem und 29% in privatem Eigentum, wobei es zwischen den Forstzonen teils deutliche Unterschiede gibt (Abbildung 3). Bei den öffentlichen Waldeigentümern muss dabei zwischen Eigentümern mit Steuerhoheit (Bund, Kantone und Gemeinden) und solchen ohne Steuerhoheit (Korporationen, Burgergemeinden, etc.) unterschieden werden. Vorwiegend haben die Waldeigentümer kleine, oft auch verstreute Waldflächen von durchschnittlich 1.5 ha (privat) und 267 ha (öffentlich) produktiver Waldfläche pro Eigentümer (ebd.).

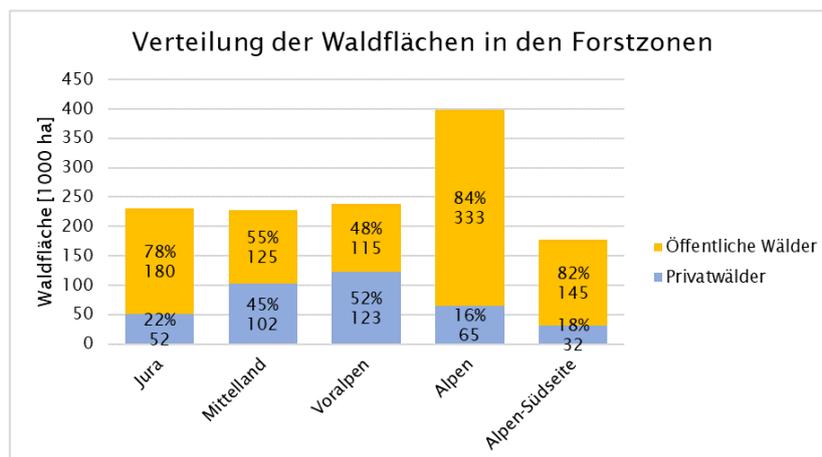


Abbildung 3: Waldflächen in den Forstzonen und Eigentumsverhältnisse (Quelle BFS 2020b, eigene Darstellung)

Im Rahmen der Landesforstinventur (LFI) werden über ein landesweites Stichprobennetz regelmäßig die wichtigsten Daten über die schweizer Wälder erhoben. An jedem Stichprobenpunkt wird, wenn möglich, dem Wald auch eine Vorrangfunktion zugewiesen. Die Kriterien für die Festlegung der jeweiligen Vorrangfunktion werden in der Regel von den jeweiligen Forstbetrieben bestimmt (ggf. in Absprache mit dem zuständigen Kreisförster). Die so ermittelten Vorrangfunktionen werden dann durch den regionalen Waldentwicklungsplan (WEP) behördenverbindlich gemacht (wenn vorhanden). Geographisch betrachtet fällt auf, dass in bestimmten Regionen einzelne Waldfunktionen verstärkt auftreten. So dominiert in den Voralpen und in den Alpen (bis zur Baumgrenze) klar die Schutzfunktion. In den leichter erschließbaren Wäldern des Mittellands und Juras spielt vor allem die Holzproduktion eine große Rolle, obwohl es dort zum Teil auch Bereiche mit dominierender Schutzfunktion gibt. Liegt Wald im Einzugsbereich von größeren Städten, wie z.B. Zürich oder Basel, oder in touristisch stark frequentierten Gebieten (z.B. Davos), so wird der Erholung gegenüber den anderen Waldfunktionen eine größere Bedeutung zugesprochen. Der Natur- und Landschaftsschutz hat schweizweit in vergleichsweise kleinen Gebieten Vorrangfunktion. Andere Waldfunktionen, wie beispielsweise der Trinkwasserschutz, sind auf relativ kleinen Flächen bzw. regional sehr begrenzt von Bedeutung.

3.2 Bestehende Bewertungsergebnisse als Input für das Bewertungsmodell

Beim Benefit Transfer (BT) werden Erkenntnisse aus bestehenden Studien (Primärstudien) auf neue, vergleichbare Situationen übertragen (Sekundärstudien) – vorausgesetzt, der zu bewertende Sachverhalt ist vergleichbar mit der Primärstudie (Schröter-Schlaack et al. 2016). Am leichtesten durchzuführen ist dabei die Einheitsübertragung („unit transfer“), da hierbei Bewertungsergebnisse 1:1 von einer Studie auf eine andere Bewertungssituation übertragen werden (Navrud 2001). Eine andere, häufig angewendete Methode ist die Übertragung der Bewertungsfunktion („function transfer“). Diese ist der Übertragung der Ergebnisse vorzuziehen, da letztendlich mehr Informationen übertragen und genutzt werden können (ebd.).

Als möglichen Input für das Bewertungsmodell wurden Bewertungsergebnisse von Primärstudien in einer Datenbank zusammengefasst. Dabei wurden die Biodiversität (Habitaufwertung), die Kohlenstoffspeicherung, die Erholung, der Schutz vor Naturgefahren sowie die Wasserfilterung analysiert (Abbildung 4). Für die Nicht-Holz-Waldprodukte und die Holzproduktion war dies nicht nötig, da es sich um marktfähige Güter handelt, deren Wert über deren Marktpreis ermittelt werden kann.

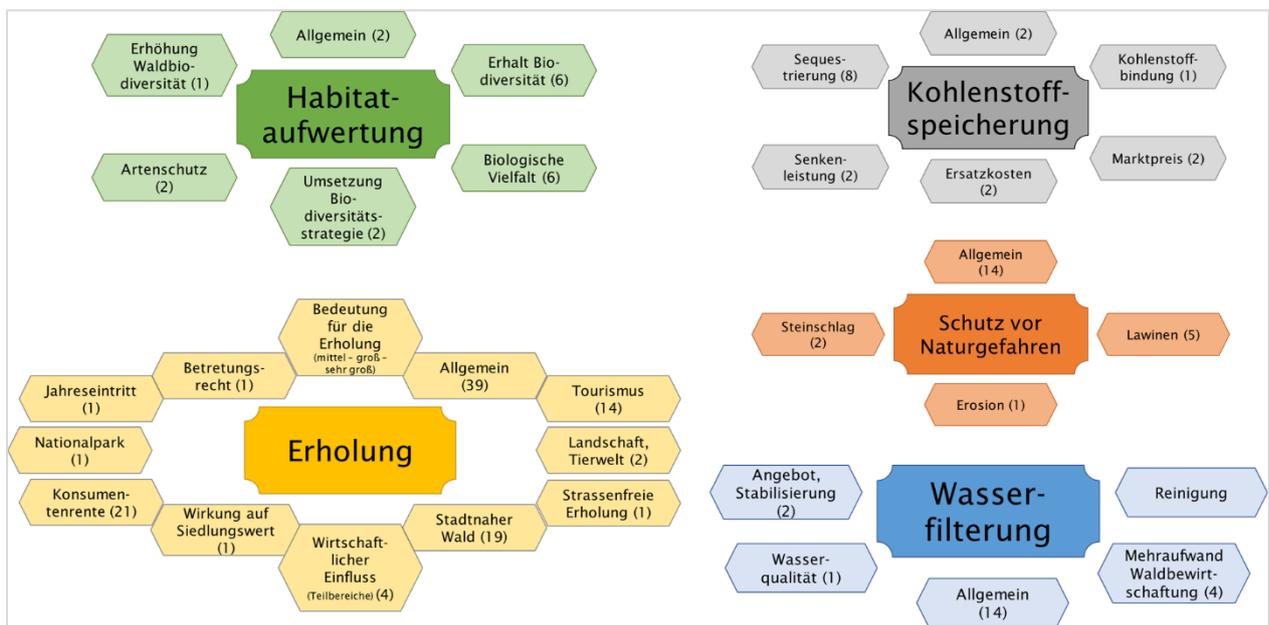


Abbildung 4: Bewertete Bestandteile von Waldleistungen.

(In Klammern angegeben ist die Anzahl der in der Literatur gefundenen Werte)

3.3 Umfragen zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften

Der Wert von Habitaufwertung und Erholungsleistungen fließt mittels Zahlungsbereitschaften in das Bewertungsmodell ein. Um diese berechnen zu können, wurde eine Umfrage bei der schweizer Bevölkerung durchgeführt. Parallel dazu sollte auch die Angebotsseite, d.h. Forstbetriebsleiter und Waldeigentümer, befragt werden, um prüfen zu können, ob die Perspektiven der verschiedenen Stakeholder voneinander abweichen und welche Herausforderungen sich daraus zukünftig für das forstliche Management ergeben.

Die Umfrage richtete sich an vier Zielgruppen: Waldeigentümer, Vertreter von Waldeigentümern (z.B. Waldverantwortliche in den Gemeinden), Betriebsleitende und die Bevölkerung. Für jede Zielgruppe wurde ein separater Fragebogen erstellt.

Der Fragebogen wurde in vier Abschnitte gegliedert, die an die entsprechenden Zielgruppen angepasst wurden (Tabelle 1). Um später die Ergebnisse der Umfragen vergleichen zu können, wurde darauf geachtet, möglichst viele Fragen in allen Zielgruppen gleich zu stellen und nur die Formulierung so anzupassen, dass die Fragen verstanden werden. Wesentliche Unterschiede gab es ledig-

lich im ersten Teil des Fragebogens. Betriebsleiter wurden hier zu ihrem Forstbetrieb, Waldeigentümer und ihre Vertreter zum Waldbesitz und die Bevölkerung zu ihrem Bezug zum Wald sowie ihrem Besuchsverhalten befragt. Kernelement der Umfragen war ein Choice Experiment, welches im nachfolgenden Kapitel 3.3.1 beschrieben wird.

Tabelle 1: Gliederung der Fragebögen

Abschnitt	Betriebsleiter	Waldeigentümer	Waldeigentümergevertreter	Bevölkerung
1	Fragen zum Forstbetrieb	Fragen zum Waldeigentum		Bezug zum Wald und Besuchsverhalten
2	Choice-Experiment zur Ermittlung von Zahlungs- bzw. Akzeptanzbereitschaften			
3	Ansichten rund um den Wald und die Waldwirtschaft in der Schweiz			
4	Soziodemographische Fragen			

3.3.1 Aufbau des Choice Experiments

Choice Experimente (CE) bieten die Möglichkeit, ökonomische Werte für Merkmale (oder Attribute) eines Umweltgutes oder einer Umweltleistung zu bestimmen (Bateman 2017). Die Methode basiert auf der Annahme, dass ein "Gut per se keinen Nutzen für den Verbraucher bringt; es besitzt Eigenschaften, und diese Eigenschaften führen zu einem Nutzen" (nach Lancaster 1966, S. 134). Dies bedeutet, dass der Wert einer Ware oder Dienstleistung durch ihre Eigenschaften bestimmt wird. Ein Gut oder eine Leistung wird folglich nicht als Ganzes sondern als Bündel von Merkmalen betrachtet. Somit können nicht nur die Produkte oder Leistungen selbst, sondern auch ihre Eigenschaften bewertet werden. Wie Abbildung 5 (S. 24) zeigt, wird dazu den Teilnehmern eine festgelegte, hypothetische Auswahl angeboten und sie müssen die bevorzugte Alternative auswählen (Norman et al. 2018; Unterberger und Olschewski 2021). Jedes Set besteht aus bestimmten Merkmalen, die üblicherweise als Attribute bezeichnet werden (Hensher et al. 2015) und unterschiedliche Level aufweisen (Tabelle 2). Zur besseren Verständlichkeit erhielten in dieser Studie alle Umfrageteilnehmer ein zusätzliches Blatt, auf dem die Attribute und dazugehörigen Level erklärt wurden. Im nachfolgenden Abschnitt werden die verschiedenen Attribute sowie die dazu gehörenden Hypothesen (kursiv dargestellt) beschrieben.

Der Aspekt "**Programmausrichtung**" bezieht sich auf die Bezeichnung der im CE angebotenen Optionen. Die Teilnehmer wurden gebeten, davon auszugehen, dass der Bund ein Förderprogramm auflegen wird, um Forstbetriebsleiter und Waldeigentümer für ihre Bemühungen zur Verbesserung der Erholungsleistungen und Habitataufwertungen ihrer Wälder zu kompensieren. Um für diese finanzielle Unterstützung in Frage zu kommen, müssen die Forstbetriebe klar formulierte Anforderungen in Bezug auf (i) die Baumartenmischung, (ii) die Struktur des Waldes, (iii) die Holznutzung und (iv) die Fläche mit spezifischen Massnahmen zur Habitataufwertung (z.B. Anzahl Biotopbäume und Totholz) und Verbesserung von Erholungsleistungen (z.B. Erholungsplätze und -einrichtungen) erfüllen. Das Szenario sah vor, dass sich die Bevölkerung und die Förster an der Gestaltung der Förderprogramme beteiligen können. Daher konnten sich die befragten Personen zwischen zwei Ausrichtungen entscheiden: einem mehr erholungsorientierten und einem mehr habitatorientierten Programm, oder aber mit der «Nicht-Option» beide ablehnen.

Hypothese

- *Die Ausrichtung oder der Name des Programms hat Einfluss auf die Entscheidungen der befragten Personen (obwohl die aufgeführten Attribute für beide Optionen gleich sind, mit Ausnahme der zusätzlichen Maßnahmen, die zur Verbesserung der Erholungsleistungen bzw. Habitataufwertung ergriffen werden müssen).*

Das Attribut "**Baumarten**" drückt den Anteil von Nadel- und Laubbäumen aus. Die Befragten konnten zwischen der Dominanz von Nadel- oder Laubbäumen sowie einer annähernd gleichen Verteilung wählen. Die Proportionen wurden so gewählt, dass deutlich wurde, welche Baumart dominiert.

Hypothesen

- *Die Wahl der Baumarten hat einen wesentlichen Einfluss auf das Erscheinungsbild des Waldes.*
- *Eine Mischung aus Nadel- und Laubbäumen erhöht die Attraktivität des Waldes für Erholungssuchende und steigert die Biodiversität.*

"**Waldstrukturen**" steht für die Sichtbarkeit verschiedener Entwicklungsstadien des Waldes. Dies umfasst Alter, Höhe und Durchmesser der Bäume. Die Befragten konnten wählen zwischen «kein Muster sichtbar», was einem Dauerwald entspricht, «Muster deutlich sichtbar», was für Schlagwald steht, und «Muster teilweise sichtbar», womit Mischformen aus den ersten beiden Varianten gemeint waren.

Hypothesen

- *Mehrschichtige und dadurch dichte Wälder schränken durch Unterholz und kürzere Sichtdistanzen den Zugang und die Attraktivität für Erholungssuchende ein.*
- *Es gibt sowohl positive Auswirkungen auf einige Menschen (z.B. diejenigen, die "Natürlichkeit" bevorzugen) und negative Auswirkungen auf andere (z.B. diejenigen, die sich gerne frei im Wald bewegen).*
- *Strukturreiche Wälder gelten als biodiversitätsfördernd.*

"**Holznutzung**" betrifft die Sichtbarkeit von Holzernteaktivitäten. Auch dieses Attribut besitzt drei Level. Zur Wahl standen eine «kaum sichtbare Holznutzung», welche einer Einzelbaumnutzung entspricht, eine «teilweise sichtbare Nutzung» durch schwächere, gruppenweise Eingriffe, sowie «deutlich sichtbare, flächige Nutzung». Insbesondere bei letzterer muss berücksichtigt werden, dass die Eingriffe keinem Kahlschlag entsprechen dürfen, da dieser in der Schweiz, ebenso wie in Deutschland, gesetzlich verboten ist (Art. 22, WaG¹)

Hypothese

- *Je sichtbarer die Holznutzungen sind, desto negativer werden sie von der Bevölkerung wahrgenommen.*

"**Fläche mit zusätzlichen Maßnahmen**" beschreibt die zusätzliche Fläche (5%, 10% oder 20%), die für Habitataufwertung oder Erholungsmaßnahmen (Biotopbäume und Totholz, Erholungsplätze und -einrichtungen) verwendet wird.

Hypothesen

- *Zusätzliche Erholungsstätten und -einrichtungen werden von Erholungssuchenden begrüßt, haben aber auch negative Auswirkungen, indem sie viele zusätzliche Besucher anziehen.*
- *Die Schaffung von zusätzlichen Lebensräumen und Kleinstrukturen wirkt sich positiv auf die Biodiversität aus.*
- *Zusätzliche Lebensraumbäume und Totholz bieten interessante Plätze für Erholungssuchende und erhöhen die Attraktivität des Waldes, werden aber auch als negativ angesehen (z.B. als "unordentlicher Wald").*

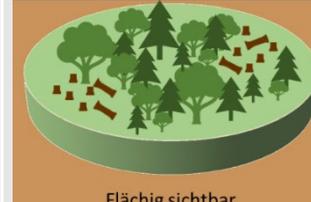
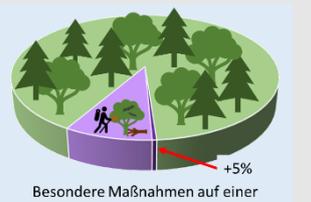
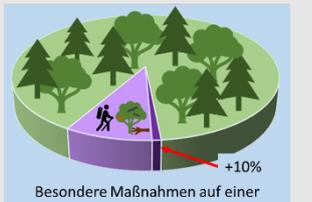
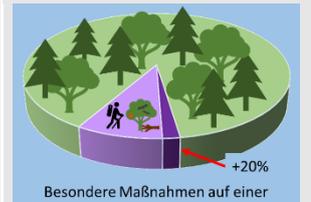
Der "**Geldbeitrag**" ist der Betrag (10 bis 125 CHF), der pro Jahr pro Haushalten zu zahlen ist oder pro Jahr und ha von den Forstbetrieben zu erhalten wäre, um die jeweiligen Anforderungen zu erfüllen.

Hypothesen

- *Die Zahlung wirkt sich negativ auf den Nutzen der Haushalte aus.*
- *Die Zahlung wirkt sich positiv auf die wirtschaftliche Situation der Forstbetriebe aus.*

¹ Das Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz, WaG) vom 4. Oktober 1991 (Stand am 1. Januar 2017) ist online abrufbar unter https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/2521_2521_2521/de.

Tabelle 2: Im Choice-Experiment verwendete Attribute und Level

Name Attribut	Level und Beschreibungen		
Programmausrichtung	Die befragten Personen konnten zwischen der «Programmausrichtung Erholung» und der «Programmausrichtung Lebensraum» wählen		
Baumarten	 <p>Laubbäume dominieren</p> <p>Mindestens 70% Laubholz</p>	 <p>Nadelbäume dominieren</p> <p>Mindestens 70% Nadelholz</p>	 <p>Etwa gleich viele Nadel- und Laubbäume</p> <p>Etwa gleich viel Nadel- und Laubholz</p>
Waldstrukturen	 <p>Kein Muster erkennbar</p> <p>Dauerwaldstrukturen</p>	 <p>Deutliches Muster erkennbar</p> <p>Schlagwald</p>	 <p>Teilweise Muster erkennbar</p> <p>Mischung aus Dauerwaldstrukturen und Schlagwald</p>
Holznutzung	 <p>Nicht sichtbar</p> <p>Kaum sichtbare Einzelbaumnutzung</p>	 <p>Vereinzelt sichtbar</p> <p>Schwächere, gruppenweise Eingriffe</p>	 <p>Flächig sichtbar</p> <p>Stärkere, flächige und sichtbare Eingriffe</p>
<p>Fläche</p> <p><i>Die Vorgabe «Fläche» bezieht sich je nach Programmausrichtung auf die Fläche, auf der besondere Massnahmen zur Habitataufwertung resp. für Erholungssuchende durchgeführt wird</i></p>	 <p>Besondere Massnahmen auf einer zusätzlichen Fläche von 5%</p> <p>Erhöhung der Fläche um 5%</p>	 <p>Besondere Massnahmen auf einer zusätzlichen Fläche von 10%</p> <p>Erhöhung der Fläche um 10%</p>	 <p>Besondere Massnahmen auf einer zusätzlichen Fläche von 20%</p> <p>Erhöhung der Fläche um 20%</p>
Geldbeitrag = monetäres Attribut	Hier standen insgesamt sechs Beträge zur Auswahl. Je nach Zielgruppe entweder in CHF/ha/Jahr oder CHF/Haushalt/Jahr: 10; 25; 50; 75; 100 oder 125 CHF		

	Programmausrichtung Erholung	Programmausrichtung Lebensraum	
Baumarten	 Etwa gleich viele Nadel- und Laubbäume	 Nadelbäume dominieren	
Strukturen	 Deutliches Muster erkennbar	 Teilweise Muster erkennbar	
Holznutzung	 Nicht sichtbar	 Flächig sichtbar	
Fläche mit zusätzl. Massnahmen	 Besondere Massnahmen auf einer zusätzlichen Fläche von 5%	 Besondere Massnahmen auf einer zusätzlichen Fläche von 10%	
Geldbeitrag	 75 CHF/ha/Jahr	 25 CHF/ha/Jahr	
			

Abbildung 5: Beispiel für eine Entscheidungssituation des Forstbetriebs, bei dem die linke Option ausgewählt wurde.

3.3.2 Ermittlung von Zahlungsbereitschaften

Choice Experimente beruhen auf der Annahme, dass die getroffenen Entscheidungen vom Nutzen der verschiedenen Attributlevel abhängen. Je höher der Nutzen einer Attributstufe ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Stufe gewählt wird (Olschewski et al. 2012). Der Gesamtnutzen eines Individuums oder Haushalts kann durch eine Nutzenfunktion ausgedrückt werden, die aus einer beobachtbaren Komponente und einer Zufallskomponente besteht (Louviere 2001; Olschewski et al. 2012; Weller und Elsasser 2018). Für das in diesem Projekt durchgeführte CE wurde folgende Nutzenfunktion unterstellt:

$$U_{\text{Bevölkerung}} = \beta_0 + \beta_1 * BA + \beta_2 * WS + \beta_3 * HN + \beta_4 * F + \beta_5 * G + \varepsilon$$

$$U_{\text{Förster}} = \beta_0 + \beta_1 * BA + \beta_2 * WS + \beta_3 * HN + \beta_4 * F + \beta_5 * G + \varepsilon$$

Der beobachtbare Teil besteht aus den in Tabelle 2 beschriebenen fünf Attributen "Baumarten" (BA), "Waldstrukturen" (WS), "Holznutzung" (HN), "Fläche mit zusätzlichen Maßnahmen" (F) und dem Geldbeitrag (G). β_0 stellt die alternativen-spezifische Konstante (ASC) der "Programmorientierung" dar. ε ist die Zufallskomponente, die den nicht-beobachtbaren Einfluss auf die Entscheidung und damit auf den Nutzen abbildet.

Die Integration eines monetären Attributes (entspricht dem Attribut «Geldbeitrag») in ein CE ermöglicht die Ermittlung von Zahlungsbereitschaften. Das CE kann z.B. mit einem Multinomialen Logit-Modelle (MNL) ausgewertet werden. MNL ist das wohl am weitesten verbreitete Modell, um Daten aus Choice Experimenten zu analysieren (Street and Burgess 2012; Matejka and McKay 2015). Ein Nachteil ist jedoch, dass die geschätzten Koeffizienten die individuelle Heterogenität der Teilnehmenden nicht berücksichtigen. Aus diesem Grund wurden zusätzlich Latent Class Analysen (LCA) durchgeführt. Diese ermöglichen es, abhängig vom Antwortverhalten verschiedene Gruppen und deren Zahlungsbereitschaften zu identifizieren (Vermunt et al. 2004). Die LCA hat gezeigt, dass die Unterschiede zwischen individuellen Nutzenfunktionen innerhalb der Stichprobe nicht signifikant sind, weshalb im späteren Verlauf die Gesamtstichprobe nicht in verschiedene latente Untergruppen aufgeteilt wurde, sondern ein Vergleich zwischen den verschiedenen Forstzonen und Wohnregionen zielführender war. Die Berechnung der Zahlungsbereitschaften basiert auf einem bestimmten Referenzszenario. Prinzipiell kann dieses beliebig aus den Vorgaben gewählt werden. Je nach gewähltem Szenario ändern sich dann die Zahlungsbereitschaften, da diese immer im Vergleich zum jeweiligen Referenzszenario berechnet werden.

Zur Berechnung der Zahlungsbereitschaften wurde die Delta-Methode verwendet, wie sie im Apollo-Paket der Software „R“ implementiert ist. Die Delta-Methode approximiert den Erwartungswert einer nicht-linearen Funktion, in dem die Funktion in eine Taylorreihe² bis zu einer (niedrigen) Potenz entwickelt, und anschließend von dieser die Erwartung genommen wird (Hauser 2003). Die Delta-Methode ermöglicht es, gleichzeitig auch Standardfehler zu erhalten und somit statistische Signifikanz prüfen zu können (Daly et al. 2012; Hess und Palma 2019a, 2019b)

² Taylorreihe: Wird durch eine unendlich differenzierbare Funktion gebildet.

3.3.3 Validierung des Fragebogens (Pre-Tests)

In einem Pre-Test mit Teilnehmenden aus den verschiedenen Zielgruppen wurden die Umfragen auf Vollständigkeit und Verständlichkeit geprüft. Insgesamt nahmen an diesem Pre-Test vier Betriebsleiter, neun Personen aus der Bevölkerung, zwei Waldbesitzer und zwei Waldverantwortliche aus Gemeinden sowie 23 Personen aus dem Bereich der Forschung teil. Die Pre-Tests wurden sowohl schriftlich als auch mündlich in Interviews durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass Informationen von Waldbesitzern und deren Vertretern (z.B. Waldverantwortliche der Gemeinden) schwer erhältlich waren. Sie verwiesen bei Fragen häufig auf den zuständigen Förster. Aufbauend auf den Ergebnissen der Pre-Tests wurden die finalen Fassungen der Umfragen in der Software Sawtooth (Light-house Studio) erstellt.

3.3.4 Durchführung der Umfrage

Alle Umfragen wurden auf Deutsch und Französisch über eine eigene Internetseite online verfügbar gemacht. Die Durchführung erfolgte in den verschiedenen Zielgruppen auf unterschiedliche Art. Aus Kapazitätsgründen wurde die Bevölkerungsumfrage von dem Meinungsforschungsinstitut Bilendi durchgeführt. Die anderen Zielgruppen (Forstbetriebsleitenden, Waldeigentümer und Waldeigentümerversorger) wurden über folgende Kanäle ebenfalls auf Deutsch und Französisch zur Teilnahme gebeten:

- Zeitschrifteninserat
- E-Mail mit Bitte um Verbreitung an den Verband bernischer Bürgergemeinden und Bürgerlicher Kooperationen VBBG
- E-Mail mit Bitte um Verbreitung an den Verband Bernischer Gemeinden VBG (konnte nicht weiterhelfen, da kaum Waldeigentümer Mitglied sind)
- Das Amt für Wald des Kantons Bern (KAWA Bern) hat über die Waldabteilungen die einzelnen Eigentümerversorger angeschrieben
- E-Mail mit Bitte um Verbreitung an alle Kantonsförster der Schweiz
- E-Mail an alle Einwohnergemeinden des Kantons Bern
- Verbreitung über WaldSchweiz³ an rund 300 Adressen (davon 90% Betriebsleitende) und die Kantonalverbände (Präsidenten und Geschäftsführende, insgesamt 44)

Der Rücklauf war in den verschiedenen Gruppen sehr unterschiedlich (Tabelle 3). Wie schon beim Pre-Test war die Umfrage bei den Waldeigentümern und deren Vertretern wenig erfolgreich. Aufgrund des geringen Rücklaufs mussten diese beiden Gruppen von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Tabelle 3: Rücklauf bei den Umfragen in den verschiedenen Zielgruppen

Zielgruppe	Vollständig ausgefüllte Umfragen			Abgebrochene Umfragen		
	Deutsch	Französisch	Summe	Deutsch	Französisch	Summe
Betriebsleitende	51	6	57	37	9	46
Waldeigentümer	7	3	10	16	2	18
Waldeigentümerversorger	10	0	10	19	3	22
Bevölkerung	1640	947	2587*	303	230	533
<i>*Bei nicht allen dieser Umfragen war das CE auswertbar</i>						

³ WaldSchweiz ist der Dachverband der schweizer Waldeigentümerversorger.

3.4 Ziele, Aufbau und Funktionsweise des Modells

In den nachfolgenden beiden Kapiteln werden zunächst die Ziele und der Aufbau des Modells vorgestellt (3.4.1) und anschließend seine Funktionsweise (3.4.2) erklärt.

3.4.1 Ziele und Aufbau des Modells

Ziel des Bewertungsmodells ist ein Vergleich verschiedener Bewirtschaftungsszenarien (maximal 10). Dies ermöglicht eine diskrete Optimierung, indem das beste Szenario ausgewählt wird. Da in dem Bewertungsmodell verschiedene Waldökosystemleistungen berücksichtigt und deren Einfluss dargestellt werden sollten, wurden verschiedene Szenarien entwickelt, statt eine kontinuierliche Optimierung vorzunehmen. Letzteres kann beispielsweise mittels mathematischer Programmierung erfolgen, wie beispielsweise beim Modell YAFO (Härtl et al. 2013). Dort erfolgt allerdings keine Berücksichtigung von Waldleistungen (außer Holzproduktion) aus Nachfragesicht.

Ein weiterer Anspruch an das Modell ist die Darstellung der ökonomischen Konsequenzen verschiedener, durch die Flächenanteile der unterschiedlichen Vorrangfunktionen definierten Strategien. So kann beispielsweise gezeigt werden, welche Auswirkungen die Forderung einer Gemeinde (öffentlicher Waldeigentümer), den Erholungswaldanteil deutlich zu erhöhen, auf den Kapitalwert hat. Somit wird deutlich, wo z.B. Finanzierungslücken entstehen oder mit welchen Verlusten im Gemeindebudget gerechnet werden muss. Die Bewirtschaftungsszenarien werden zum einen durch betriebliche Entscheidungen (z.B. Zielbestockung, Umtriebszeiten), zum anderen durch die Anteile von ausgewählten Vorrangfunktionen im Betrieb bestimmt. Da die schweizer Forstbetriebe generell eine sehr unterschiedliche Kostenstruktur haben (vgl. Kapitel 3.5.2) und das Modell auch als Entscheidungshilfe für Betriebsleiter dient, wurde als Grundstruktur ein kosten- und erlösbasierter Ansatz gewählt. Dieser ermöglichte es, flexibel auf Effizienzsteigerungen zu reagieren, wie z.B. eine Senkung der Holzerntekosten, oder auch auf Erlösveränderungen, etwa wenn vom Eigentümer geforderte Leistungen künftig auch abgegolten werden (z.B. bei von öffentlichen Eigentümern erbrachten Leistungen für die Bevölkerung).

In dem Modell sollen sowohl marktfähige Güter (z.B. Holz) als auch nicht-marktfähige Güter (z.B. Habitataufwertung, Erholung) in die Bewertung einfließen, was eine Kombination verschiedener Bewertungsmethoden erforderlich machte. Die Bewertung von Erholungsleistungen und Habitataufwertung wurde durch die im Choice Experiment ermittelten Zahlungsbereitschaften berücksichtigt werden, welche als hypothetische Erlöse in das Modell einfließen. Vorab wurde die Möglichkeit geprüft, alle gewünschten Vorrangfunktionen in einem Choice Experiment zu berücksichtigen. Dies hätte jedoch eine deutlich höhere Anzahl an Attributen und deren Level erfordert. Dadurch wäre die Komplexität enorm gestiegen und es ist fraglich, ob das Choice Experiment insbesondere für forstliche Laien (z.B. die breite Bevölkerung) dann noch verständlich gewesen wäre.

Das Bewertungsmodell fokussiert sich auf ausgewählte Waldleistungen, welche auf unterschiedliche Art in die Bewertung einfließen:

- Erholungsleistungen und Habitataufwertung: Zahlungsbereitschaften (mit einem CE ermittelt)
- Holzproduktion, Schutz vor Naturgefahren, Habitataufwertung (unterteilt Totalwaldreservate, Sonderwaldreservate und Aufwertungen) und Kohlenstoffspeicherung: kosten- und erlösbasiert

Kernelement des Modells ist eine Kapitalwertberechnung für betriebliche Geldflüsse auf Basis folgender Formel:

$$K_0 = \left[\sum_t \frac{E_e - K_e}{(1+i)^t} \right] + \left[\frac{E_j - K_j}{i} \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n} + \frac{A_v}{(1+i)^n} \right]$$

wobei

E_E : Erlöse aus Eingriffen (nicht jährlich): Holzerlöse*¹, Pflanzungen (z.B. Beiträge), Jungwaldpflege, Zahlungsbereitschaften aus dem CE*²

K_E : Kosten für Eingriffe (nicht jährlich): Holzerntekosten*¹, Kosten für aufgearbeitetes, aber liegengelassenes Holz, Pflanzungs- und Jungwaldpflegekosten

E_j : Jährliche Erlöse: Erlöse, die jährlich entstehen

K_j : Jährlich entstehende Kosten: Verwaltungskosten, Kosten für Massnahmen*³, Kosten für Straßenunterhalt, sonstige Kosten, die nicht durch K_E abgedeckt sind

A_v : Abtriebswert am Ende der Betrachtungsperiode

i : Kalkulationsdiskontsatz: 1,5%*⁴

*¹ für Durchforstungen und Endnutzung

*² nur bei Erholungsleistungen und Habitataufwertung, einmalig bei Eintritt der Veränderung, der Zeitpunkt kann individuell festgelegt werden, z.B. Erreichen der Veränderung nach 10-20-50 Jahren

*³ Erholung: Kosten Erholungseinrichtungen;

Sonderwaldreservat: Zusatzkosten für spezielle Massnahmen;

Schutzwald: sonstige Kosten (z.B. Pflanzung)

*⁴ Benítez et al. (2007) berechnen mittels Regression Diskontsätze auf Basis des Länderrisikoindexes (ICRG): $d = 2,15584 - 0,4837 \cdot \ln(\text{ICRG})$. Wendet man diese Formel für die Schweiz mit einem ICRG von 86,5 an, so erhält man einen Diskontsatz von -0,15%. Betrachtet man die Nachbarländer Österreich (ICRG 85,5, $d=0,4\%$) und Deutschland (ICRG 82,5, $d=2,1\%$), so scheint die Verwendung eines niedrigen Diskontsatzes durchaus gerechtfertigt, beispielsweise zwischen 0,4% (ähnlich wie Österreich) und 1,5% (nahe am realen Wirtschaftswachstum der Schweiz, dieses lag zwischen 2009 und 2019 bei durchschnittlich 1,6%). Dieser Argumentation folgend wurde bei der Modellberechnung ein Diskontsatz von 1.5% verwendet.

Insgesamt besitzt das Bewertungsmodell drei Hauptbestandteile (Abbildung 6): Inputparameter, Betriebsentscheidungen und das eigentliche Modell. Die Inputparameter berücksichtigen die aktuellen Umfeldbedingungen des Forstbetriebs. Die Simulation von Betriebsentscheidungen gewährleistet im Modell die Möglichkeit, verschiedene Szenarien zu testen und zu vergleichen. Das eigentliche Modell wurde schließlich mit der Statistiksoftware R programmiert⁴. Bei der Berechnung wurden folgende Restriktionen berücksichtigt:

- Vorrangfunktionen: Die Anteile der Vorrangfunktionen sind in allen Beständen gleich
- Holzerntekosten & Holzerlöse: Durchschnitt über den ganzen Betrieb ohne Schutzwald
- Strukturen, Holznutzungsformen: aktuell 10 Jahre, Übergangsphasen nicht berücksichtigt
- Anzahl der Haushalte und Holzpreise bleiben stabil
- Vorrangfunktionen sind auf unendlich definiert, gerechnet wird für 100 Jahre
- Entrinden: Bei einer Unterscheidung LbH, NdH (nicht nach Baumarten) wird das gesamt NdH entrindet
- Sonderwaldreservate: Zuschläge, Verwaltungskosten etc. pro Jahr

Des Weiteren wurde die Waldbaustrategie definiert und dazu das Bestockungsziel sowie die Umtriebszeiten nach Baumarten und Vorrangfunktionen erfasst.

⁴ Verantwortlich für die Programmierung: Mélanie Thomas, BFH-HAFL.

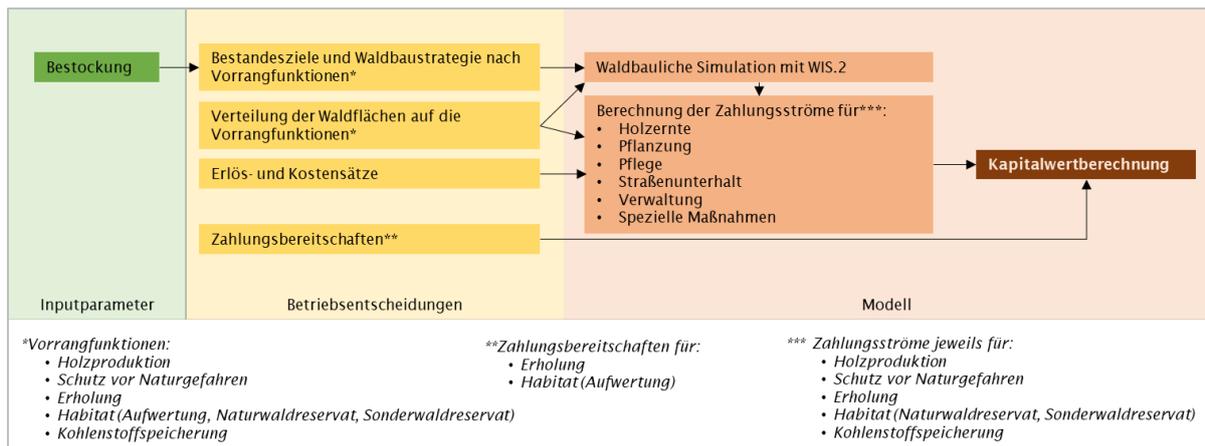


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Bewertungsmodells

Für die waldbauliche Simulation⁵ wurde WIS 2 verwendet (Rosset et al. 2014), welches auf MS Access und ArcGIS basiert und sich auf folgende Inputparameter stützt:

- Oberhöhe (hdom), Oberdurchmesser (ddom) oder Alter (nur eins davon) für jeden Bestand
- Baumartenzusammensetzung für jeden Bestand
- Waldstandort
- Fläche pro Bestand

Kernelement von WIS.2 ist eine Kombination der langfristigen demographische Entwicklung der betrachteten Waldbestände sowie der Dringlichkeiten und der Hiebsätze für die nächste Dekade.

3.4.2 Umsetzung: Funktionsweise des Modells

Aus den zuvor definierten Anforderungen ergaben sich sechs aufeinander aufbauende Schritte, welche vier Phasen zugeordnet werden können. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 4 aufgelistet.

In der ersten Phase werden für jeden Bestand die im vorherigen Kapitel beschriebenen Inputparameter für die waldbauliche Simulation erfasst (Schritt 1) und - getrennt nach Baumarten und Vorrangfunktionen - Umtriebszeiten und Zielbestockung festgelegt (Schritt 2). Diese Daten werden von dem Forstbetrieb geliefert, für welchen die Berechnung durchgeführt wird. Die Simulation (Phase 2) bildet die forstbetrieblichen (Waldbau-)Strategien ab und zeigt deren Konsequenzen über mehrere Jahrzehnte hinweg. Im Modell ist diese Simulation notwendig, um Zahlungsströme berechnen zu können. Dazu gehören beispielsweise Holzzernte- und Verjüngungskosten, die anfallen bis die definierte Zielbestockung erreicht ist. Werden die der waldbaulichen Simulation zu Grunde liegenden Daten verändert, muss sie erneut durchgeführt werden.

In der dritten Phase werden die zahlreichen Inputparameter auf Betriebsebene getrennt nach Vorrangfunktionen erfasst (Schritt 4, für Details vgl. Tabelle 5, S. 33). Gleichzeitig werden die Flächenanteile der verschiedenen Vorrangfunktionen definiert, welche wiederum die Berechnungsszenarien darstellen (Schritt 5). Diese Phase kann vor Ort im Forstbetrieb durchgeführt werden und es ist möglich, für jeden Modelldurchlauf neue Daten zu erfassen, ohne dass - im Gegensatz zur waldbaulichen Simulation - ein erhöhter Mehraufwand entsteht.

Die vierte und letzte Phase stellt die Kapitalwertberechnung dar (Schritt 6). Dabei werden alle Zahlungsströme (Kosten und Erlöse) für die verschiedenen Vorrangfunktionen berücksichtigt und fließen auf unterschiedliche Art in das Modell ein (vgl. Beschreibung zur Formel im Kapitel 3.4.1). Die Modellberechnung in R basiert dabei auf verschiedenen Excel-Datenblättern, welche aus den erfassten Daten generiert werden:

⁵ Durchführung: Dr. Gaspard Dumollard, BFH-HAFL.

- Output der waldbaulichen Simulation
- Flächenanteile der Vorrangfunktionen
- Allgemeine Inputparameter (z.B. Forstzone, Diskontsatz, Simulationsdauer, Förderungen, Kosten, Erlöse, Zeiträume bis Veränderungen (z.B. Strukturveränderungen) erreicht sein sollen, etc.)
- Zusätzliche Kosten und Erlöse nach Vorrangfunktionen (z.B. Anteil liegengelassenen Holzes, Zuschläge Holzernte-, Straßenunterhalts-, Verwaltungskosten, sonstige Zusatzkosten, sonstige Erlöse, Entrindungskosten)

Diese Datenblätter werden automatisch aus einer Eingabemaske (Abbildung 7) in Excel generiert, sodass bei der Erfassung nicht zwischen verschiedenen Tabellenblättern hin und her gewechselt werden muss.

Tabelle 4: Phasen und Schritte des Bewertungsmodells

Phase	Schritt	Erklärung
Waldbaulicher Input	1	Input für die waldbauliche Modellierung (jeweils nach Bestand): <ul style="list-style-type: none"> • Oberhöhe (hdom) • Oberdurchmesser (ddom) oder Alter (nur eins davon) • Baumartenzusammensetzung • Waldstandort • Fläche
	2	Definition der waldbaulichen Strategie: <ul style="list-style-type: none"> • Bestockungsziele • Umtriebszeiten
Waldbauliche Simulation	3	WIS2
Erfassung betrieblicher Inputparameter	4	Erfassung von Kosten- und Erlösen, aufgeschlüsselt nach Vorrangfunktionen
	5	Definition verschiedener Simulationsszenarien: Flächenanteile der verschiedenen Vorrangfunktionen
Kapitalwertberechnung	6	Kapitalwertberechnung mittels des in R programmierten Modells

Verteilung der produktiven Waldfläche auf die Vorrangfunktionen												
Vorrangfunktionen	Simulation	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	
Holzproduktion	ha	Ganze Flä.	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	
Erholung	ha		255	332	255	255	255	332	200	227		
Habitataufwertung (Zahlungsbereitschaft)	ha		77	77	150	150	77	77	100	200	227	
Habitat, Naturwaldreservat	ha		37	37	37	100	37	37	37	100	227	
Habitat, Sonderwaldreservat	ha					100				100	227	
C-Speicher	ha						100				227	
Schutzwald	ha							100			227	
Definition Waldbaustراتيجien												
Vorrangfunktionen mit Holznutzung	Baumart	Fi	Ta	Foe	Lae	Dgl	ueN	Bu	Ei	Es	Ah	ueL
Holzproduktion, Umtriebszeit	Jahre	100	100	100	150	150	0	125	150	0	100	100
Holzproduktion, Bestockungsziel	%	33%	23%	1%	5%	5%	0%	15%	8%	0%	5%	5%
Erholung, Umtriebszeit	Jahre	100	100	100	150	150	0	125	150	0	100	100
Erholung, Bestockungsziel	%	33%	23%	1%	5%	5%	0%	15%	8%	0%	5%	5%
Habitataufwertung (Zahlungsbereitschaft), Umtriebszeit	Jahre	150	200	0	0	0	0	0	150	0	0	150
Habitataufwertung (Zahlungsbereitschaft), Bestockungsziel	%	10%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	0%	10%
Habitat, Sonderwaldreservat, Umtriebszeit	Jahre	100	100	0	0	0	0	0	150	0	0	100
Habitat, Sonderwaldreservat, Bestockungsziel	%	33%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	0%	10%
C-Speicher, Umtriebszeit	Jahre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-Speicher, Bestockungsziel	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Berechnungsparameter												
Parameter	Einheit	Wert	Abkürzungen									
Forstzone	-	Mittelland	drop-down Menü	beh.ha behandelte Fläche in ha								
Wohnregion	-	Agglomeration	drop-down Menü	haVfkt ha der entsprechenden Vorrangfunktion								
Haushalte im Einzugsgebiet	Anzahl	12354										
Zeitraum Kapitalwertberechnung	Jahre	100										
Kalkulationsdiskontzinssatz	%	0.015										
Holzproduktion												
Holzerntekosten (inklusive Vortransport)	CHF/Fm	48										
Holzerlöse	CHF/Fm	80.5										
Pflanzungskosten und Pflegekosten		Standardwerte										
Beiträge Pflanzung	CHF/beh.ha	2889										
Beiträge Pflege	CHF/beh.ha	1829										
Kosten Verwaltung	CHF/haVfkt/J	186										
Kosten Strassenunterhalt	CHF/haVfkt/J	76.9										
Sonstige Erlöse und Beiträge	CHF/haVfkt/J	0										
Erholung												
Aktuelle Strukturen	-	Schlagwald	drop-down Menü									
Neue Strukturen	-	Mischung	drop-down Menü									
Zeitpunkt, ab wann neue Strukturen etabliert sind	Jahr	20										
Aktuelle Holznutzungsform	-	flaechig	drop-down Menü									
Neue Holznutzungsform	-	kleinflaechig	drop-down Menü									
Zeitpunkt, ab wann neue Holznutzungsform etabliert ist	Jahr	10										
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm	10										
Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J	14										
Zuschlag auf Strassenunterhaltskosten	CHF/haVfkt/J	24										
Kosten Erholungseinrichtungen	CHF/haVfkt/J	26										
Habitataufwertung (Zahlungsbereitschaft)												
Aktuelle Strukturen	-	Schlagwald	drop-down Menü									
Neue Strukturen	-	Mischung	drop-down Menü									
Zeitpunkt, ab wann neue Strukturen etabliert sind	Jahr	10										
Aktuelle Holznutzungsform	-	flaechig	drop-down Menü									
Neue Holznutzungsform	-	kleinflaechig	drop-down Menü									
Zeitpunkt, ab wann neue Holznutzungsform etabliert ist	Jahr	30										
Anteil liegen gelassenes Holz	%	15%										
Kosten für Holz fällen und liegen lassen	CHF/Fm	35										
Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm	9										
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm	10										
Habitat, Naturwaldreservat												
Beiträge für Naturwaldreservat	CHF/haVfkt/J	144										
Verwaltungskosten für Naturwaldreservat	CHF/haVfkt/J	3										
Habitat, Sonderwaldreservat												
Anteil Holz liegen gelassen	%	20%										
Holz liegen gelassen: Kosten für Fällen	CHF/Fm	17										
Holz liegen gelassen: Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm	0										
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm	5										
Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J	20										
Zusatzkosten für spezielle Maßnahmen	CHF/haVfkt/J	1										
Beiträge für Sonderwaldreservat	CHF/haVfkt/J	30										
C-Speicher												
Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J	5										
Verkaufserlöse C-Speicher	CHF/haVfkt/J	18										
Schutzwald												
Nutzungsmenge (inkl. liegen gelassenes Holz)	Fm/haVfkt	9.4										
Wiederkehrperiode	Jahre	1										
Anteil liegen gelassenes Holz	%	-										
Liegen gelassenes Holz: Kosten für Fällen, evtl. Entasten	CHF/Fm	25										
Liegen gelassenes Holz: Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm	10										
Holzerntekosten (inklusive Vortransport)	CHF/Fm	99										
Holzerlöse	CHF/Fm	65										
Beiträge (Schutzwaldpflege, Strassenunterhalt, ...)	CHF/haVfkt/J	669										
Kosten Verwaltung	CHF/haVfkt/J	194										
Kosten Strassenunterhalt	CHF/haVfkt/J	139										
Sonstige Kosten (z.B. Pflanzung)	CHF/haVfkt/J	147										
Sonstige Erlöse	CHF/haVfkt/J	47										

Abbildung 7: Eingabemaske für das Bewertungsmodell (farbige Zellen sind veränderbar)

3.5 Fallstudien: Betriebsinformationen, Dateninput und Berechnungsszenarien

3.5.1 Informationen zu den beiden Beispiel-Forstbetrieben

Forstbetrieb A ist ein öffentlicher Betrieb und bewirtschaftet rund 3'600ha eigene Waldfläche, die sich auf 12 Waldgebiete aufteilt. Zusätzlich werden 350ha Wald anderer Waldbesitzer betreut. Der Fokus liegt auf der Holzproduktion (30'000m³/Jahr), wobei bedingt durch die stadtnahe Lage der Erholungsdruck auf die meisten Wälder des Betriebs sehr groß ist. Im Einzugsgebiet befinden sich etwa 150'000 Haushalte. Deshalb wurden einige Wälder als Erholungswald ausgeschieden und insgesamt 235km Wanderwege unterhalten. Um später die Unterschiede zwischen Stadt und Agglomeration besser darstellen zu können, wurden bei der Modellberechnung von Forstbetrieb A nur die stadtnahen Wälder berücksichtigt, woraus sich eine relevante Gesamtfläche von 2'304ha ergibt.

Auch wenn Vorrangfunktionen festgelegt wurden, muss beachtet werden, dass die Wälder im Sinne der Multifunktionalität bewirtschaftet werden. Bei Habitataufwertung und in Schutzwäldern richtet sich die Bewirtschaftung nach den jeweils herrschenden Ansprüchen und getroffenen Vereinbarungen. Bei Holzproduktions- und Erholungswäldern gelten nachfolgende Grundsätze⁶:

Holzproduktion:

- Auf der gesamten Fläche wird standortgerechter und nachhaltiger Waldbau betrieben.
- Die angestrebte Baumartenverteilung entfällt je hälftig auf Nadel- und Laubholz (wobei dies nicht in jedem Waldbestand einzeln erfüllt sein muss, sondern in der Summe über den gesamten Betrieb gesehen gilt).
- Die Mehrheit der Bestände wird bei einem Zieldurchmesser von 50-60 cm BHD geerntet und verjüngt.
- Qualitätsholzbestände werden auch über den Zieldurchmesser von 50cm BHD hinaus belassen.
- Wo möglich, wird mit Naturverjüngung gearbeitet.
- Es wird konsequent von fest angelegten Rückegassen aus gearbeitet, um flächiges Befahren der Böden zu vermeiden.
- Es werden klimataugliche Baumarten eingesetzt.

Erholung:

- Die Sicherheit der Waldbesucher hat oberste Priorität.
- Die Wälder werden auf Stabilität hin bewirtschaftet.
- Wo möglich, wird mit Naturverjüngung gearbeitet.
- Es wird konsequent von fest angelegten Rückegassen aus gearbeitet, um flächiges Befahren der Böden zu vermeiden.
- Es werden klimataugliche Baumarten eingesetzt.

Forstbetrieb B ist ebenfalls ein öffentlicher Forstbetrieb, der rund 1'600ha Wald bewirtschaftet, welche in sieben Gemeinden und zwei Kantonen⁷ liegen. Offiziell gibt es drei Eigentümer. Bei der Betriebsführung werden Eigentumsgrenzen jedoch nicht berücksichtigt. Der Vorrat beträgt durchschnittlich 320m³/ha und der Zuwachs 13m³/ha/Jahr bei etwa 77% Nadelholz. Der Hiebsatz liegt bei 17'000m³ pro Jahr. Die Wälder werden von den Einwohnern der umliegenden Gemeinden intensiv zur Erholung genutzt. Im Einzugsgebiet befinden sich 12'354 Haushalte. Die Wälder werden wie auch bei Forstbetrieb A im Sinne der Multifunktionalität bewirtschaftet. Der Forstbetrieb hat ein Naturschutzkonzept mit Naturvorrangflächen von 187ha, wobei es auf 43ha einen vollständigen Nutzungsverzicht gibt.

⁶ Quelle: Homepage des Forstbetriebs, dem Betrieb wurde Anonymität zugesagt, deshalb erfolgt hier keine genauere Quellenangabe.

⁷ Aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit wurden nur die Waldflächen in einem Kanton berücksichtigt, insgesamt 1'587ha.

3.5.2 Dateninput und Berechnungsszenarien

Das Bewertungsmodell wurde in den zwei Forstbetrieben (A und B) getestet. Grundlage bilden verschiedene betriebspezifische Parameter (Tabelle 5). Zur Berücksichtigung der waldbaulichen Strategien werden für alle berücksichtigten Vorrangfunktionen Bestockungsziele und Umtriebszeiten für die Baumarten Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Douglasie, übriges Nadelholz, Buche, Eiche, Esche, Ahorn, sowie übriges Nadel- bzw. Laubholz erfasst (Tabelle 6). Für beide Betriebe wurden die gleichen Szenarien berechnet (Tabelle 7, Abbildung 8).

Tabelle 5: Dateninput Bewertungsmodell

Berechnungsparameter				
Parameter	Einheit	Erklärung	Betrieb A	Betrieb B
Forstzone	-	drop down-Auswahl zwischen den Forstzonen Jura, Mittelland, Voralpen und Alpen	Mittelland	Mittelland
Zeitraum Kapitalwertberechnung	Jahre		100	100
Diskontsatz	%		1.5	1.5
Holzproduktion				
Holzerntekosten (inklusive Vortransport)	CHF/Fm		32	48
Holzerlöse	CHF/Fm		70	80.5
Pflanzungskosten und Pflegekosten				
Beiträge Pflanzung	CHF/beh.ha	Abkürzungen: beh. ha: behandelte Fläche in ha haVfkt: Fläche der entsprechenden Vorrangfunktion in ha	1200	2889
Beiträge Pflege	CHF/beh. ha		1000	1829
Kosten Verwaltung	CHF/haVfkt/J		122	186
Kosten Straßenunterhalt	CHF/haVfkt/J		37	76.9
Sonstige Erlöse und Beiträge	CHF/haVfkt/J		12	0
Erholung				
Aktuelle Strukturen	-	drop down-Auswahl zwischen Schlagwald, Dauerwald und einer Mischung aus beidem (entspricht den Leveln des Attributs «Waldstruktur»)	Schlagwald	Schlagwald
Neue Strukturen	-		Mischung	Mischung
Aktuelle Holznutzungsform	-	drop down-Auswahl zwischen flächig, kleinflächig und unsichtbar (entspricht Leveln des Attributs «Holznutzung»)	flächig	flächig
Neue Holznutzungsform	-		kleinflächig	kleinflächig
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm		18	10

Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J		28	14
Zuschlag auf Straßenunterhaltskosten	CHF/haVfkt/J		13	24
Kosten Erholungseinrichtungen	CHF/haVfkt/J		40	26
Habitataufwertung (Zahlungsbereitschaft)				
Aktuelle Strukturen	-	drop down-Auswahl zwischen Schlagwald, Dauerwald und einer Mischung aus beidem (entspricht den Leveln des Attributs «Waldstruktur»)	Mischung	Schlagwald
Neue Strukturen	-		Dauerwald	Mischung
Aktuelle Holznutzungsform	-	drop down-Auswahl zwischen flächig, kleinflächig und unsichtbar (entspricht den Leveln des Attributs «Holznutzung»)	kleinflächig	flächig
Neue Holznutzungsform	-		unsichtbar	kleinflächig
Anteil Holz liegen gelassen	%		13	15
Kosten für Holz fällen und liegen lassen	CHF/Fm		17	35
Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm		5	9
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm		2.5	10
Habitat, Naturwaldreservat				
Beiträge für Naturwaldreservat	CHF/haVfkt/J		75	144
Verwaltungskosten für Naturwaldreservat	CHF/haVfkt/J		80	3
Habitat, Sonderwaldreservat				
Anteil Holz liegen gelassen	%		20	20
Kosten für Holz fällen und liegen lassen	CHF/Fm		17	17
Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm		0	0
Zuschlag auf Holzerntekosten	CHF/Fm		5	5
Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J		20	20
Zusatzkosten für spezielle Maßnahmen	CHF/haVfkt/J		1	1
Beiträge für Sonderwaldreservat	CHF/haVfkt/J		30	30
Kohlenstoffspeicherung				
Zuschlag auf Verwaltungskosten	CHF/haVfkt/J		84	5
Verkaufserlöse Kohlenstoffspeicherung	CHF/haVfkt/J		150	18

Schutzwald				
Nutzungsmenge (inkl. liegengelassenes Holz)	Fm/haVfkt		10	9.4
Wiederkehrperiode	Jahre		20	1
Anteil liegen gelassenes Holz	%		0.08	0%
Liegen gelassenes Holz: Kosten für Fällen, evtl. Entasten	CHF/Fm		25	25
Liegen gelassenes Holz: Kosten für Entrinden (nur für Fichte)	CHF/Fm		10	10
Holzerntekosten (inklusive Vor- transport)	CHF/Fm		40	99
Holzerlöse	CHF/Fm		60	65
Beiträge (Schutzwaldpflege, Straßenunterhalt, ...)	CHF/haVfkt/J		669	669
Kosten Verwaltung	CHF/haVfkt/J		122	194
Kosten Straßenunterhalt	CHF/haVfkt/J		45	139
Sonstige Kosten (z.B. Pflanzung)	CHF/haVfkt/J		147	147
Sonstige Erlöse	CHF/haVfkt/J		47	47

Tabelle 6: Definition Waldbaustrategie: Umtriebszeiten und Bestockungsziele der beiden Forstbetriebe

Definition Waldbaustrategien auf Betriebsebene Forstbetrieb A

Vorrangfunktionen mit Holznutzung		Baumart	Fichte	Tanne	Föhre	Lärche	Douglasie	Übriges Nadelholz	Buche	Eiche	Esche	Ahorn	Übriges Laubholz
Keine Unterscheidung nach Vorrangfunktionen	Umtriebszeit	Jahre	80	80	120	120	-	90	100	110	80	80	80
	Bestockungsziel	%	23	5	2	6	-	9	33	9	3	5	5

Definition Waldbaustrategien auf Betriebsebene Forstbetrieb B

Vorrangfunktionen mit Holznutzung		Baumart	Fichte	Tanne	Föhre	Lärche	Douglasie	Übriges Nadelholz	Buche	Eiche	Esche	Ahorn	Übriges Laubholz
Holzproduktion	Umtriebszeit	Jahre	100	100	100	150	150	-	125	150	-	100	100
	Bestockungsziel	%	33	23	1	5	5	-	15	8	-	5	5
Erholung	Umtriebszeit	Jahre	100	100	100	150	150	-	125	150	-	100	100
	Bestockungsziel	%	33	23	1	5	5	-	15	8	-	5	5
Habitataufwertung	Umtriebszeit	Jahre	150	100	-	-	-	-	-	250	-	-	150
	Bestockungsziel	%	10	40	-	-	-	-	-	40	-	-	10
Habitat, Sonderwaldreservat	Umtriebszeit	Jahre	100	100	-	-	-	-	-	150	-	-	100
	Bestockungsziel	%	10	40	-	-	-	-	-	40	-	-	10

Bei der Vorrangfunktion „Habitat, Naturwaldreservat“ erfolgt ein vollständiger Nutzungsverzicht, daher werden dort weder ein Bestockungsziel noch Umtriebszeiten festgelegt. Deshalb ist diese Vorrangfunktion in der Tabelle nicht berücksichtigt.

Zu Forstbetrieb A: Die Douglasie fällt hier unter „Übriges Nadelholz“.

Zu Forstbetrieb B: Der Vorrangfunktion „Kohlenstoffspeicherung“ sind keine separaten Umtriebszeiten und Bestockungsziele zugewiesen, da diese Vorrangfunktion derzeit kein Bewirtschaftungskonzept hat. Es werden vereinzelte Projekte durchgeführt.

Tabelle 7: Flächenanteile der Vorrangfunktionen in den Bewertungsszenarien

Anteile der Vorrangfunktionen an der Gesamtfläche Forstbetrieb A (%)																		
Vorrangfunktionen	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Holzproduktion	100	56	51	52	46	56	55	47	45	14	77	72	72	62	70	70	70	62
Erholung		17	22	17	17	17	17	22	22	14	16	21	16	16	16	16	21	13
Habitataufwertung		2	2	7	7	2	2	7	9	14	5	5	9	9	5	5	6	13
Habitat, Naturwaldreservat		14	14	14	18	14	14	14	9	14	2	2	2	6	2	2	2	6
Habitat, Sonderwaldreservat		4	4	4	6	4	4	4	9	14	-	-	-	6	-	-	-	6
Kohlenstoffspeicherung		2	2	2	2	2	2	2	2	14	-	-	-	-	6	-	-	-
Schutzwald		5	5	5	5	5	7	5	5	14	-	-	-	-	-	6	-	-
Anteile der Vorrangfunktionen an der Gesamtfläche Forstbetrieb B (%)																		
Vorrangfunktionen	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Holzproduktion	100	77	72	72	62	70	70	70	62	14	56	51	52	46	56	55	47	45
Erholung		16	21	16	16	16	16	21	13	14	17	22	17	17	17	17	22	22
Habitataufwertung		5	5	9	9	5	5	6	13	14	2	2	7	7	2	2	7	9
Habitat, Naturwaldreservat		2	2	2	6	2	2	2	6	14	14	14	14	18	14	14	14	9
Habitat, Sonderwaldreservat		-	-	-	6	-	-	-	6	14	4	4	4	6	4	4	4	9
Kohlenstoffspeicherung		-	-	-	-	6	-	-	-	14	2	2	2	2	2	2	2	2
Schutzwald		-	-	-	-	-	6	-	-	14	5	5	5	5	5	7	5	5

Gleiche Farbgebung bedeutet gleiche Flächenverteilung, d.h. die Szenarien S02-S09 von Forstbetrieb A entsprechen den Szenarien S11-S18 von Forstbetrieb B und die Szenarien S02-S09 von Forstbetrieb B entsprechen den Szenarien S11-S18 von Forstbetrieb A.

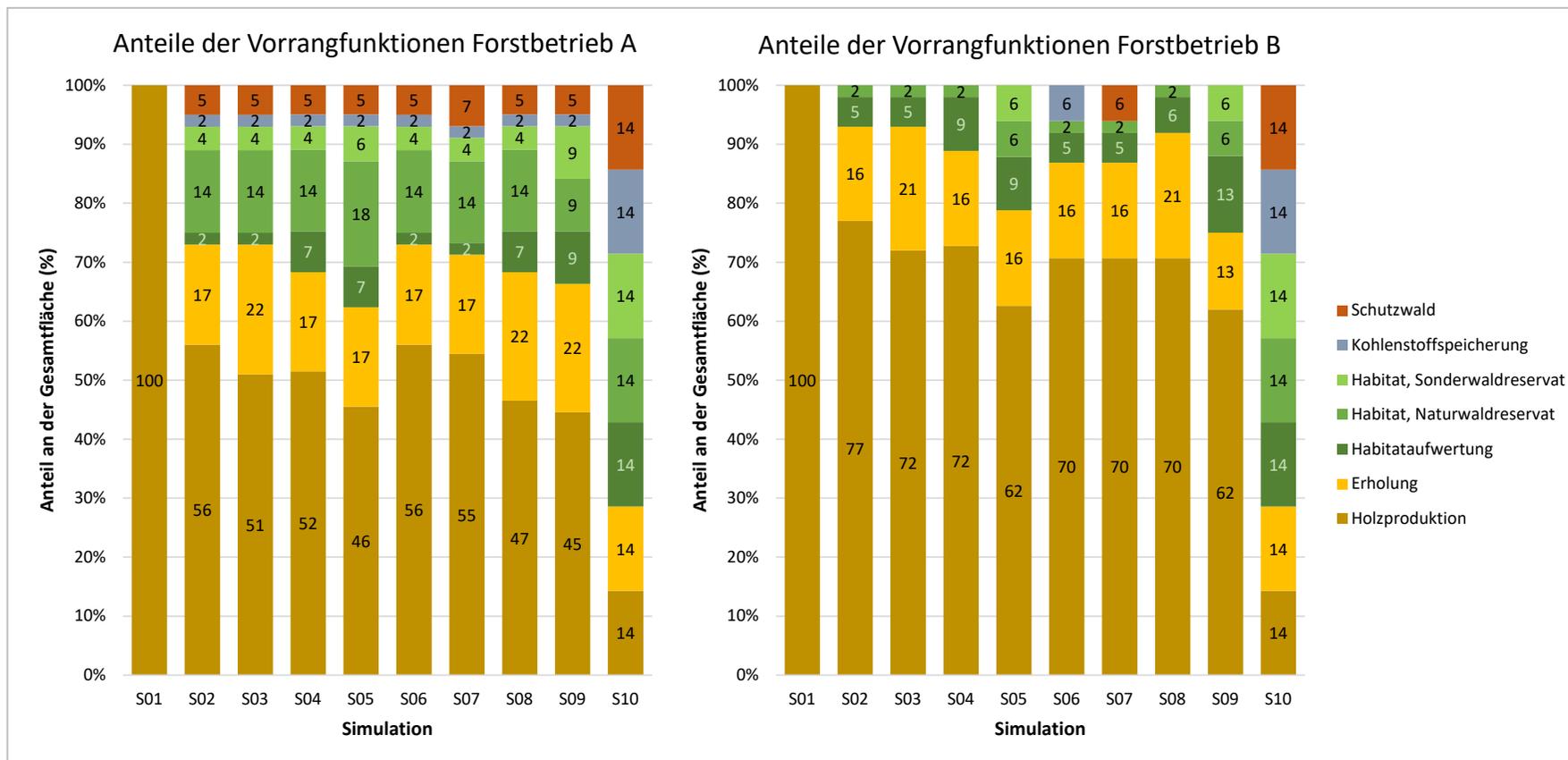


Abbildung 8: Flächenverteilung der Vorrangfunktionen in den Bewertungsszenarien S01 – S10

4. Ergebnisse

4.1 Auswertung bestehender Bewertungsstudien

Die Auswertung der in der Literatur verfügbaren Bewertungsergebnisse (Müller et al. 2019) zeigt eine große Variation des ökonomischen Wertes verschiedener Waldleistungen (Abbildung 9).

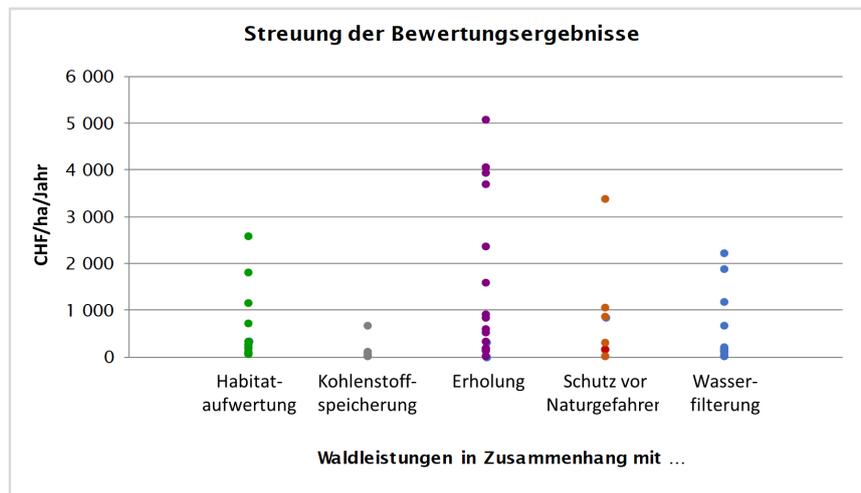


Abbildung 9: Streuung der Ergebnisse der Bewertungsstudien⁸

Diese hohe Streuung schränkt die Aussagekraft der Berechnung von Durchschnittswerten ein. Selbst wenn überdurchschnittlich hohe oder niedrige Werte ignoriert werden, sind Mittelwerte, die auf den verbleibenden Daten basieren, immer noch schwer zu interpretieren. Das bedeutet nicht, dass bestehende Bewertungen unbrauchbar sind. Es weist nur darauf hin, dass die Bewertung sehr kontextspezifisch ist, so dass es schwierig ist, die Ergebnisse bestehender Studien auf andere Bewertungsfälle zu übertragen.

Habitataufwertung (Biodiversitätsförderung und -erhaltung)

Bei den in der Datenbank enthaltenen Studien lag der Schwerpunkt auf der Bewertung der Erhaltung der Biodiversität und der Förderung von Lebensräumen. Die meisten Werte der in der Datenbank berücksichtigten Studien bewegten sich zwischen 100-800 CHF/ha/Jahr. Es gab mehrere Werte oberhalb dieser Spanne, insbesondere in Hinblick auf die Erhaltung der Biodiversität. Zwei davon lagen bei etwa 9.000 CHF/ha/Jahr. Sie bezogen sich auf sehr spezifische Fälle: selten besuchte abgelegene Wälder im Vereinigten Königreich (UK) und ein Schutzprogramm in den Vereinigten Staaten.

Kohlenstoffspeicherung

Der Schwerpunkt der in der Datenbank enthaltenen Studien liegt auf gemäßigten Mischwäldern und wurde zum Vergleich auf boreale Wälder ausgedehnt. Die meisten Werte wurden durch Schätzungen auf der Grundlage von Marktpreisen abgeleitet. Insbesondere bei der Speicherung zeigt die Verteilung der Werte eine große Bandbreite zwischen 16 CHF/ha/Jahr (Kanada) und 658 CHF/ha/Jahr (Frankreich). Darüber hinaus enthält die Datenbank einen Ausreißer von etwa 9.500 CHF/ha/Jahr, der in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt wurde. Dieser Wert wird für das Jahr 2050 prognostiziert und ist der Mittelwert einer geschätzten Unter- und Obergrenze. Die niedrigen Werte pro Hektar im Vergleich zu anderen WÖS zeigen, dass diese Dienstleistung derzeit entweder wirtschaftlich weniger attraktiv ist als oft angenommen oder möglicherweise nicht umfassend bewertet wurde.

⁸ Werte über 6000CHF/ha/Jahr werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Bei Erholungsleistungen wurden Studien mit Ergebnissen pro Haushalt oder pro Besuch in der Abbildung nicht berücksichtigt.

Erholung

Die Studien zur Bewertung von Erholungsleistungen liefern, im Vergleich zu anderen Waldleistungen, eine deutlich größere Streuung der Bewertungsergebnisse. Aufgrund des Mangels an notwendigen Sekundärinformationen war es nicht möglich, alle gefundenen Werte in eine gemeinsame Dimension umzurechnen. Daher werden die Werte in Tabelle 8 getrennt nach den folgenden Kategorien ausgewiesen: CHF/Person/Jahr, CHF/ha/Jahr und CHF/Besuch.

Tabelle 8: Streuung der Bewertungsergebnisse von Erholungsleistungen

Einheit	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient
CHF/Person/Jahr	6	1786	243	404	1.7
CHF/ha/Jahr	2	5073	1307	1611	1.2
CHF/Besuch	1	3584	301	1953	3.2

Schutz vor Naturgefahren

Gemäß der Datenbank weisen die Werte für den Schutz vor Naturgefahren die größte Streuung auf (21-37'000 CHF/ha/Jahr). Dies liegt daran, dass der Schutz vor Naturgefahren, ähnlich wie bei den Dienstleistungen im Freizeitbereich, in der Regel auf lokaler Ebene wirkt und von der spezifischen Situation (z.B. dem Schadenspotential) abhängt. Bei der Bewertung solcher Dienstleistungen sind mehrere Aspekte zu beachten.

Erstens ist es für die Zuverlässigkeit der Umfrageergebnisse wichtig, dass der Hintergrund des Experiments und die zu bewertende Leistung gut verstanden werden. In den schweizer Berggebieten ist die Bevölkerung oft gut über den Schutzwald vor Ort informiert und bezüglich dessen Schutzleistung sensibilisiert (Hunziker et al. 2012; Olschewski et al. 2012).

Zweitens ist zu beachten, dass die in einem CE regelmäßig angebotene Option, keine der präsentierten Alternativen zu wählen („Opt-out“), beim Schutzwald oft nicht realistisch ist. Falls der Schutzwald seine Leistung nicht mehr erbringen kann (z.B. als Folge eines Windwurfs), wären die Behörden per Gesetz verpflichtet, den Schutz durch andere Maßnahmen zu gewährleisten. Eine Opt-out-Antwort wäre folglich nicht sinnvoll.

Drittens kann bei der Bewertung auch die zukünftige Entwicklung eine Rolle spielen. Treten Naturgefahren aufgrund des Klimawandels häufiger auf, kann sich der Wert der Schutzleistungen erhöhen. Zudem sind bei längerfristig unbewaldeten Flächen auch Auswirkungen auf andere biophysikalische Funktionen zu beachten, wie z.B. eine Verschlechterung der Bodenverhältnisse durch Erosion.

Wasserfilterung

Wälder können einen positiven Einfluss auf die Grundwasserqualität haben (Calder et al. 2007). In der Schweiz werden mehr als 80% des Trinkwassers direkt aus dem Grundwasser gewonnen (Meylan 2003; BAFU 2008). Die Bewertungsergebnisse zeigten eine große Bandbreite von 25-2'227 CHF/ha/Jahr, wobei die meisten Werte zwischen 25 CHF/ha/Jahr und 211 CHF/ha/Jahr liegen. Alle analysierten Studien sind preisbasiert. Die Werte in der Datenbank stammen aus einer kleinen Anzahl von Bewertungsstudien und beschreiben Bündel von Maßnahmen zur Verbesserung oder Sicherung der Grundwasserqualität. Darüber hinaus resultieren die meisten Werte aus vertraglichen Vereinbarungen, die Kompensationen für verschiedene Aktionen definieren, z.B. die Begrenzung des Pestizideinsatzes. Das Hauptproblem bei diesen Datenbankeinträgen ist ihre oft starke Korrelation, da einige Maßnahmenbündel beschrieben werden, die zwar miteinander verknüpft sind, aber einzeln bewertet werden. Die im Allgemeinen eher niedrigen Werte für die Bereitstellung sauberen Trinkwassers können auch durch die meist hohe verfügbare Menge an sauberem Wasser bedingt sein, was zu einer geringen Zahlungsbereitschaft führt. Davon abweichende, vergleichsweise hohe Werte könnten durch ihren erhofft positiven Einfluss auf das öffentliche Image eines Unternehmens oder einer Organisation motiviert sein.

4.2 Präferenzen und Zahlungsbereitschaften für Erholungsleistungen und Habitataufwertung

Die Auswertung des Choice Experiments (Müller et al. 2020, Tabelle 9) zeigt, dass es markante Unterschiede bezüglich der verwendeten Attribute gibt. Die Größe der Bevölkerungsstichprobe wurde so gewählt, dass auch die separate statistische Auswertung der verschiedenen Teilstichproben (Forstzonen und Wohnregionen) sowie deren Vergleich möglich war. Bezüglich der Zahlungsbereitschaften in den Wohnregionen ergaben sich keine großen Differenzen. Etwas deutlicher waren die Unterschiede zwischen den Forstzonen. Zusätzlich wurden die Präferenzen der Förster ermittelt, damit die Ergebnisse auf der Angebots- und Nachfrageseite miteinander verglichen werden können. Zu beachten ist, dass bei den Anbietern (Förster) keine Zahlungs- sondern Akzeptanzbereitschaften (WTA) bestimmt wurden. Diese zeigen, welcher Betrag aus Sicht der Förster notwendig wäre, um eine gewünschte Veränderung zu ermöglichen bzw. diese zu akzeptieren.

Betrachtet man die Attributlevel mit den höchsten WTP, wird deutlich, dass die Bevölkerung tendenziell Wälder mit einer ausgewogenen Mischung aus Nadel- und Laubbäumen bevorzugt. Darüber hinaus gibt es eine deutliche Präferenz für Dauerwälder gegenüber der Bewirtschaftung in Altersklassen. Außerdem sollten größere Holzschläge vermieden werden, auch wenn sie Teil einer natürlichen Waldentwicklung wären.

Tabelle 9 : Zahlungsbereitschaft der schweizer Bevölkerung für Veränderungen in der Waldbewirtschaftung, gemäß Forstzonen und Wohnregionen (CHF pro Haushalt und Jahr)

Attribut	von Ausgangssituation		zu Veränderung		Gesamt	Jura	Mittel-land	Vor-alpen	Alpen	Stadt	Agglo-meration	Land
Programmausrichtung	P0	kein Programm	P1	Erholung	40.17	23.85	41.8	61.75	46.44	33.25	53.33	37.5
			P2	Habitat	40.64	24.51	41.84	53.98	49.87	38.76	51.38	33.61
Baumarten	B1	Nadelholz (> 70%)	B2	Laubholz (> 70%)	10.74	4.94	13.38	12.59	1.33	13.74	8.39	10.14
			B3	ausgeglichen	31.86	34.51	33.36	30.35	16.35	29.15	31.09	34.31
		B2	Laubholz (> 70%)	B1	Nadelholz (> 70%)	-10.74	-4.94	-13.38	-12.59	-1.33	-13.74	-8.39
	B3			ausgeglichen	21.12	29.57	19.98	17.76	15.02	15.41	22.7	24.17
	B3	ausgeglichen	B1	Nadelholz (> 70%)	-31.86	-34.51	-33.36	-30.35	-16.35	-29.15	-31.09	-34.31
			B2	Laubholz (> 70%)	-21.12	-29.57	-19.98	-17.76	-15.02	-15.41	-22.7	-24.17
Waldstrukturen	S1	Dauerwald	S2	Mischung	-22.53	-16.45	-21.89	-26.6	-29.05	-18.53	-23.51	-24.57
			S3	Schlagwald	-55.82	-37.54	-56.99	-64.5	-70.24	-47.53	-58.45	-60.1
		S2	Mischung	S1	Dauerwald	22.53	16.45	21.89	26.6	29.05	18.53	23.51
	S3			Schlagwald	-33.29	-21.09	-35.1	-37.9	-41.19	-29	-34.94	-35.53
	S3	Schlagwald	S1	Dauerwald	55.82	37.54	56.99	64.5	70.24	47.53	58.45	60.1
			S2	Mischung	33.29	21.09	35.1	37.9	41.19	29	34.94	35.53
Holznutzung	H1	unsichtbar	H2	kleinflächig	-5.25	-5.2	-6.74	-4.72	2.57	-6.37	-3.2	-5.87
			H3	flächig	-51.13	-47.02	-54.24	-45.51	-39.16	-50.03	-52.09	-50.65
		H2	kleinflächig	H1	unsichtbar	5.25	5.2	6.74	4.72	-2.57	6.37	3.2
	H3			flächig	-45.88	-41.82	-47.5	-40.79	-41.73	-43.66	-48.89	-44.78
	H3	flächig	H1	unsichtbar	51.13	47.02	54.24	45.51	39.16	50.03	52.09	50.65
			H2	kleinflächig	45.88	41.82	47.5	40.79	41.73	43.66	48.89	44.78
Fläche mit zusätzlichen Maßnahmen	F1	Fläche +5%	F2	Fläche +10%	4.03	5.88	6.2	0.89	3.84	10.55	1.88	-0.54
			F3	Fläche +20%	-3.74	-9.44	-0.07	-13.55	2.13	4.78	1.94	7.11
			F1	Fläche +5%	-4.03	-5.88	-6.2	-0.89	-3.84	-10.55	-1.88	0.54
	F2	Fläche +10%	F3	Fläche +20%	-7.77	-15.32	-6.27	-14.44	-1.71	-5.77	0.06	7.65
			F1	Fläche +5%	3.74	9.44	0.07	13.55	-2.13	-4.78	-1.94	-7.11
	F3	Fläche +20%	F2	Fläche +10%	7.77	15.32	6.27	14.44	1.71	5.77	-0.06	-7.65

Negative WTP-Werte bedeuten, dass die Haushalte nicht bereit wären, für eine solche Änderung zu zahlen, sondern für die Akzeptanz dieser Änderung entschädigt werden müssten. Andererseits weisen negative WTA-Werte von Förstern darauf hin, dass sie diese Veränderung auch ohne zusätzliche Zahlungen realisieren würden, z.B. weil sie ihren Präferenzen bzw. Betriebszielen entsprechen würde. Tabelle 10 zeigt eine Übersicht dieser Kombinationen.

Tabelle 10: Gegenüberstellung von positiven und negativen WTP und WTA

Haushalte WTP	Förster WTA	Beschreibung
+	+	Die Haushalte sind bereit, für eine Veränderung zu zahlen und die Förster bräuchten eine Entschädigung.
-	+	Haushalte und Förster bräuchten eine Entschädigung.
+	-	Die Haushalte sind bereit für eine Veränderung zu zahlen, aber die Förster bräuchten keine Entschädigung.
-	-	Die Haushalte bräuchten eine Entschädigung, die Förster nicht.

4.2.1 Präferenzen gemäß Forstzonen

Vorab wurde erwartet, dass es zwischen den Forstzonen deutliche Unterschiede bei den Ansprüchen der Bevölkerung an die Waldbewirtschaftung gibt. Die Auswertung des CE hat jedoch gezeigt, dass die Präferenzen sehr ähnlich sind. In allen Forstzonen werden Mischwälder bevorzugt. Einzige Ausnahme bilden die Alpen – dort ist diese Präferenz nicht signifikant, was durch die naturgegebene Dominanz der Nadelwälder erklärt werden kann. Des Weiteren bevorzugt die Bevölkerung Dauerwälder mit nicht sichtbarer Holznutzung. In Bezug auf die Fläche mit besonderen Maßnahmen für Erholung oder Habitataufwertung gibt es keine signifikanten Präferenzen außer einer Zunahme um 10% im Mittelland.

4.2.2 Präferenzen gemäß Wohnregionen

Die Annahmen, dass die Wohnregionen einen signifikanten Einfluss auf verschiedene Präferenzen in Bezug auf die Waldbewirtschaftung haben, konnte durch das CE nur teilweise bestätigt werden. Wie schon bei den Forstzonen werden auch in allen Wohnregionen Mischwälder mit wenig bzw. nicht sichtbaren Eingriffen bevorzugt. Der einzige signifikante Unterschied besteht darin, dass die Stadtbevölkerung eine Vergrößerung der Fläche mit besonderen Massnahmen für Erholung oder Habitataufwertung um 10% präferiert, während in Ballungsräumen und ländlichen Gebieten keine signifikanten Präferenzen in Bezug auf dieses Attribut festgestellt werden konnte.

Die Waldbewirtschaftung in Stadtnähe kann einen anderen Schwerpunkt haben als in ländlichen Gebieten, da mehr Menschen den Wald besuchen und der Druck auf die Waldbesitzer, eine "besucherfreundliche" Waldbewirtschaftung durchzuführen, entsprechend hoch ist. Weiterhin liegt die Vermutung nahe, dass Menschen, die in Städten leben, manchmal weniger über Waldfragen informiert und daher auch nicht so vertraut mit verwandten Themen sind. Folglich könnten sie aufgrund eines geringeren Bewusstseinsgrades andere Präferenzen haben, die nicht durch das CE abgedeckt wurden. Nach der Selbsteinschätzung der Befragten scheint es jedoch keinen großen Unterschied im Informationsempfinden zwischen den verschiedenen Siedlungsgebieten zu geben.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Befragung und des CE recht homogene Präferenzen über Forstzonen und Wohnregionen hinweg. Dies steht im Gegensatz zu der Erwartung, dass sich die Präferenzen der Menschen in Abhängigkeit von den räumlichen und gesellschaftlichen Besonderheiten unterscheiden würden. Interessanterweise unterschieden sich auch die Präferenzen für die Programmausrichtung nicht wesentlich: Die Befragten in allen Siedlungsgebieten und Forstzonen bevorzugten beide vorgeschlagenen Programme (ohne signifikanten Einfluss der Programmausrichtung) im Vergleich zur Nicht-Option. Dies steht jedoch im Gegensatz zu den Forstbetriebsleitern, die eine signifikante Präferenz für den Status quo zeigten.

4.2.3 Zahlungsbereitschaften im Kontext anderer Studien

Der Vergleich der CE-Ergebnisse mit anderen Studien zeigt, dass die Schätzungen der Zahlungsbereitschaften in einem ähnlichen Bereich liegen, wenn auch am unteren Ende der weitgehend stark streuenden Werte für Erholungsleistungen und Habitataufwertung (Elsasser und Meyerhoff 2007; Elsasser et al. 2016; Müller et al. 2019). In der hier zusammengestellten Datenbasis mit mehr als 20 Studien zum Biodiversitätsschutz liegen die meisten WTP-Schätzungen zwischen 100 und 800

USD pro Jahr (Müller et al. 2019). Obwohl viele dieser Studien ähnliche «Stated Preference»-Techniken, wie Contingent Valuation oder Choice Experimente anwenden, variieren die Ergebnisse von 6 USD/Person/Jahr (Elsasser und Meyerhoff 2007) bis zu über 1700 USD/Besucher/Jahr (Ott und Baur 2005). Diese Streuung zeigt, dass die Ergebnisse von WTP-Studien stark kontext- und methodenabhängig sind, was den Vergleich mit und die Übertragung auf andere Studienkontexte erschwert (vgl. dazu auch Kapitel 3.2).

4.2.4 Zahlungsbereitschaften als Input für das Bewertungsmodell

Für den Input in das Bewertungsmodell wurden die Zahlungsbereitschaften pro Haushalt (Tabelle 9) in Zahlungsbereitschaften pro ha umgerechnet. Dazu wurden die Waldflächen und die Anzahl der Haushalte pro Forstzone verwendet (Tabelle 11). Auch wenn es zwischen den Forstzonen kaum signifikante Unterschiede bei den Zahlungsbereitschaften gibt, wird diese Trennung im Modell aus forstpolitischen Gründen vorgenommen. Auf eine weitere Unterscheidung nach Wohnregionen wird hingegen verzichtet. Dies teilweise auch technisch bedingt, da eine Umrechnung der Zahlungsbereitschaften pro Haushalt auf Pro-Hektar-Werte problematisch wäre, da nicht bekannt ist, auf welche Wälder sich die Antworten der Bevölkerung beziehen.

Tabelle 11: Grundlagen zur Umrechnung der WTP

	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Gesamt (ohne Al- pensüdseite)
Bevölkerung	1'680'000	4'360'000	1'240'000	690'000	7'970'000
Haushalte*	750'000	1'895'652	539'130	300'000	3'484'783
Waldfläche	231'000	228'000	238'000	398'000	1'095'000
<i>*Annahme: CH -> 8,5 Mio. Einwohner und 3,8 Mio. Haushalte -> 2,24 Personen pro Haushalt</i>					

4.3 Ergebnisse und Interpretation der Modellberechnungen (Fallstudien)

Abbildung 10 zeigt die Berechnungsergebnisse, wobei die einheitliche Farbgebung bedeutet, dass die gleichen Flächenanteile der einzelnen Vorrangfunktionen vorliegen (vgl. Abbildung 8). Es wird deutlich, dass Forstbetrieb A positive Kapitalwerte erzielt, Forstbetrieb B hingegen ausnahmslos negative Werte. Die Ursachen hierfür liegen in der Kosten- und Erlösstruktur. Forstbetrieb B hat deutlich höhere Kosten, vor allem bei den nachfolgenden drei Vorrangfunktionen:

- Holzproduktion
 - Verwaltungskosten: 186CHF/ha (52% höher als bei Forstbetrieb A)
 - Straßenunterhaltskosten: 77CHF/ha (doppelt so hoch wie bei Forstbetrieb A)
- Erholungswald: Der Verwaltungskostenzuschlag ist zwar nur halb so hoch wie bei Forstbetrieb A, dafür ist der Zuschlag beim Straßenunterhalt 85% höher
- Habitataufwertung
 - Kosten für Fällen und Liegenlassen: 35CHF/Fm (doppelt so hoch wie bei Forstbetrieb A)
 - Entrindungskosten: 9 CHF/Fm (80% höher als bei Forstbetrieb A)
 - Zuschlag Holzerntekosten: 10CHF/Fm (viermal so hoch wie bei Forstbetrieb A)

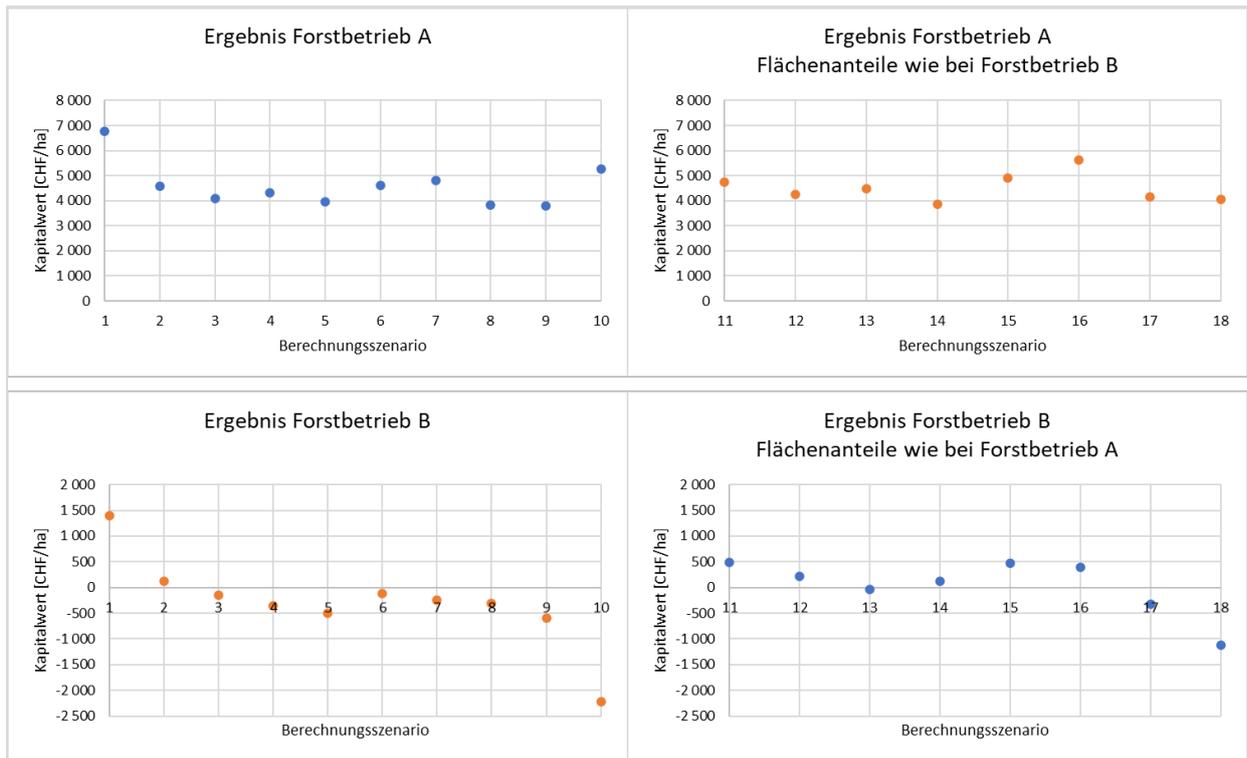


Abbildung 10: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwert in CHF/ha)

Tabelle 12: Für die Modellberechnung verwendete Szenarien S01 - S18 in %

	Forstbetrieb A	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	
	Forstbetrieb B	S01	S18	S17	S16	S15	S14	S13	S12	S11	S10	
Vorrangfunktionen	Holzproduktion	100	56	51	52	46	56	55	47	45	14	
	Erholung		17	22	17	17	17	17	22	22	14	
	Habitataufwertung		2	2	7	7	2	2	7	9	14	
	Habitat, Naturwaldreservat		14	14	14	18	14	14	14	9	14	
	Habitat, Sonderwaldreservat		4	4	4	4	6	4	4	4	9	14
	Kohlenstoffspeicherung		2	2	2	2	2	2	2	2	2	14
	Schutzwald		5	5	5	5	5	5	7	5	5	14
Vorrangfunktionen	Forstbetrieb A	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18			
	Forstbetrieb B	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09			
	Holzproduktion	77	72	72	62	70	70	70	62			
	Erholung	16	21	16	16	16	16	21	13			
	Habitataufwertung	5	5	9	9	5	5	6	13			
	Habitat, Naturwaldreservat	2	2	2	6	2	2	2	6			
	Habitat, Sonderwaldreservat	-	-	-	6	-	-	-	6			
	Kohlenstoffspeicherung	-	-	-	-	6	-	-	-			
	Schutzwald	-	-	-	-	-	6	-	-			

Tabelle 13: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwerte (KW))

Szenario	Forstbetrieb A		Forstbetrieb B	
	KW [100'000 CHF]	KW [CHF/ha]	KW [100'000 CHF]	KW [CHF/ha]
1	156	6 768	22	1 402
2	106	4 587	2	121
3	94	4 092	-2	-143
4	100	4 320	-6	-356
5	91	3 952	-8	-504
6	106	4 602	-2	-113
7	111	4 815	-4	-240
8	88	3 815	-5	-305
9	88	3 808	-9	-587
10	121	5 251	-35	-2 212
11	109	4 729	8	488
12	98	4 247	4	224
13	104	4 496	-1	-44
14	89	3 846	2	122
15	113	4 904	7	469
16	130	5 640	6	398
17	96	4 166	-5	-324
18	94	4 069	-18	-1 122

**Anmerkung zu Tabelle 13*

Szenarien 1 und 10: Die Anteile der Vorrangfunktionen sind bei beiden Forstbetrieben gleich. Die Szenarien 2-9 von Forstbetrieb A haben die gleichen Anteile der Vorrangfunktionen wie die Szenarien 11-18 von Forstbetrieb B. Die Szenarien 11-18 von Forstbetrieb A haben die gleichen Anteile der Vorrangfunktionen wie die Szenarien 2-9 von Forstbetrieb B

Auffällig ist, dass die verschiedenen Vorrangfunktionen bei den beiden Betrieben einen unterschiedlichen Einfluss haben. Um dies zu veranschaulichen, wurden Szenarien gerechnet, bei welchen die jeweiligen Vorrangfunktionen jeweils 100% der Betriebsfläche einnehmen (Abbildung 11). Bei der Interpretation muss berücksichtigt werden, dass es sich bei diesen extremen Szenarien um rein hypothetische Fälle handelt, die in der Praxis nicht durchführbar wären bzw. keinen Bezug zu den Umfeldbedingungen der Forstbetriebe haben. So ist es beispielsweise unrealistisch, dass Betriebe im schweizer Mittelland einen hohen Schutzwaldanteil haben.

Wie Abbildung 12 zeigt, verringern die Vorrangfunktionen Erholung, Habitataufwertung und Sonderwaldreservate den Kapitalwert im Vergleich zur reinen Holzproduktion bei beiden Betrieben deutlich. Bei Betrieb A wirken sich Naturwaldreservate ebenfalls negativ aus, bei Betrieb B ist hingegen eine deutliche Verbesserung des Kapitalwertes zu beobachten. Die Betrachtung der Kohlenstoffspeicherung und vor allem von Schutzwald als Vorrangfunktionen führen bei Betrieb A zu einer Erhöhung des Kapitalwertes. Bei Betrieb B hingegen haben ausschliesslich Naturwaldreservate einen positiven Einfluss auf den Kapitalwert. Dies kann mit der bereits beschriebenen Kosten- und Erlösstruktur erklärt werden. Somit wird deutlich, dass die Kosten- und Erlösstruktur der Forstbetriebe den größten Einfluss auf das Modellergebnis hat. Es zeigt sich, dass keine allgemeingültigen

Aussagen darüber getroffen werden können, wie genau Waldleistungen neben der Holzproduktion das ökonomische Ergebnis beeinflussen.

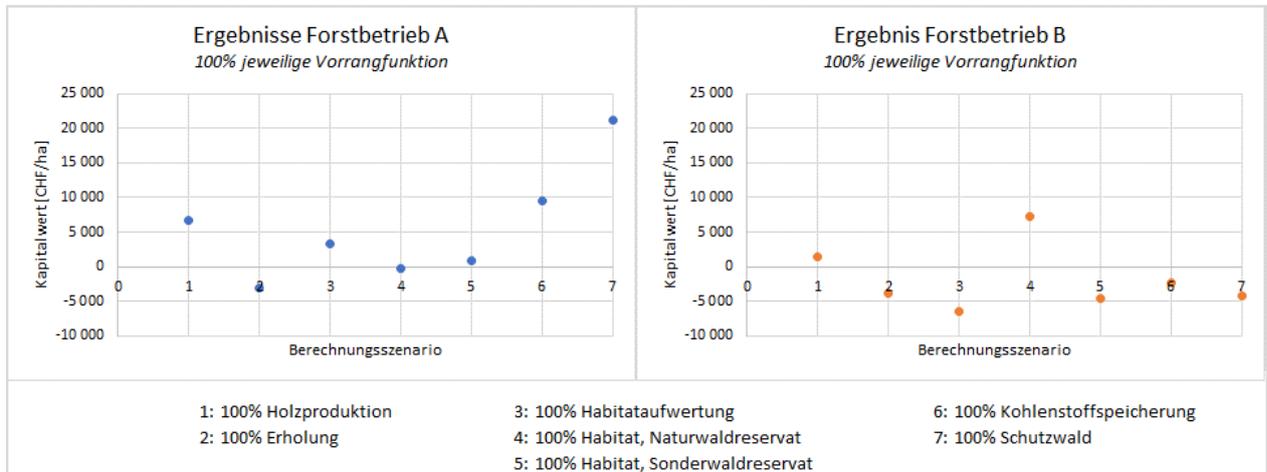


Abbildung 11: Modellergebnisse für die beiden Fallstudienbetriebe (Kapitalwert in CHF/ha) bei 100% der jeweiligen Vorrangfunktion

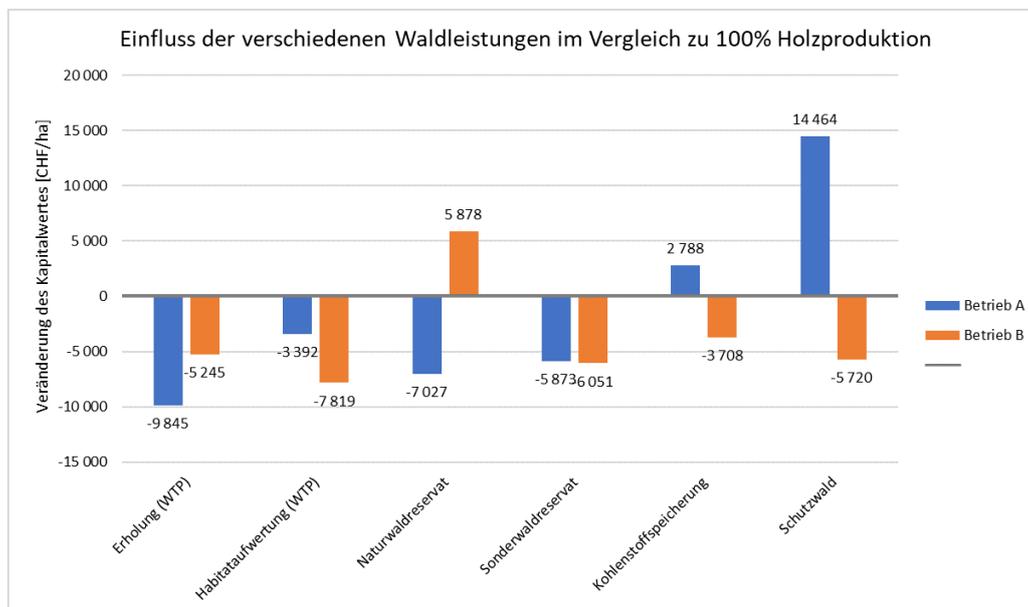


Abbildung 12: Auswirkungen der verschiedenen Vorrangfunktionen (jeweils auf der gesamte Betriebsfläche) auf den Kapitalwert im Vergleich zu einem reinen Holzproduktionsbetrieb

5. Diskussion und Fazit

In dieser Studie wurden Szenarien genutzt, um den Einfluss verschiedener Waldleistungen auf das ökonomische Ergebnis von schweizer Forstbetrieben darzustellen. Das zu diesem Zweck entwickelte Modell ermöglicht eine diskrete Optimierung, indem das beste Szenario ausgewählt wird. Als Alternative wäre eine kontinuierliche Optimierung mittels mathematischer Programmierung, wie beispielsweise im Modell YAFO (Härtl et al. 2013) infrage gekommen. Jedoch ist es dabei bisher nicht gelungen, verschiedene Waldleistungen aus Nachfragesicht zu berücksichtigen.

Das Modell erlaubt es, unterschiedliche Präferenzen, beispielsweise der Bevölkerung in Abhängigkeit von der geographischen Region, zu berücksichtigen. Diese zeigen, dass die Anforderungen an den Wald regional unterschiedlich sind. So ist z.B. in Berggebieten der Schutz vor Naturgefahren von großer Bedeutung, während in flacheren Regionen die Holzproduktion wichtiger ist. Vor dem Hintergrund vielfältiger natürlicher Gegebenheiten und heterogener Präferenzen der Bevölkerung wurde analysiert, inwieweit Angebot und Nachfrage nach Ökosystemdienstleistungen aufeinander abgestimmt werden können. Weiterhin ermöglichen die zahlreichen Inputdaten eine differenzierte Untersuchung der vorhandene Betriebsstrukturen. So können zum einen die Auswirkungen strategischer Entscheidungen analysiert werden, z.B. welchen Waldleistungen wie viel Raum gegeben werden soll. Zum anderen können die Auswirkungen betriebswirtschaftlicher Anpassungen dargestellt werden, z.B. eine Kostensenkung durch gesteigerte Effizienz. Darüber hinaus lassen sich regionale Besonderheiten berücksichtigen, was bei bisherigen Modellen häufig nicht der Fall ist (Elsasser et al. 2020).

5.1 Diskussion der Fragestellungen

5.1.1 Benefit Transfer als Modellinput

Fragestellung 1: Lassen sich existierende Bewertungen zur Unterstützung von forstlichen Managemententscheidungen nutzen?

Wie in den vorigen Abschnitten beschrieben, zeigen die Bewertungsergebnisse eine große Streuung innerhalb und zwischen allen Waldleistungskategorien. Daher wurde versucht, Muster zu identifizieren, die diese Streuung erklären, um so eine Grundlage für eine Clusterbildung zu erhalten. Zunächst wurden die Bewertungsergebnisse nach der angewandten Bewertungsmethode gruppiert. Mit diesem Ansatz konnte die Streuung der gefundenen WÖS-Werte nicht wirksam reduziert werden. Anschließend wurde versucht, die Werte nach den Bewertungshintergründen zu unterscheiden. Dieser Versuch erwies sich als erfolglos, da es kaum Studien mit vollständig vergleichbaren Hintergründen gibt. Infolgedessen erscheint die Integration von Bewertungsergebnissen in Entscheidungs- und Planungsprozesse mittels Benefit Transfer schwierig. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Primärstudien nützliche Informationen für den Vergleich und die Entscheidungsfindung in einem bestimmten Studiengebiet liefern können. Ihr möglicher Beitrag zu Sekundäranalysen ist jedoch eher begrenzt. Sollte BT zur Bewertung von WÖS genutzt werden, ist ein Transfer der Bewertungsfunktion gegenüber einer direkten Übernahme der ursprünglichen Bewertungsergebnisse vorzuziehen. In jedem Fall sollten strenge Anforderungen in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Leistungen sowie des Bewertungskontextes erfüllt sein.

5.1.2 Choice Experiment als Informationsbasis für Habitataufwertung und Erholungsleistungen

Fragestellung 2: Wie lässt sich die Informationsbasis für Habitataufwertung und Erholungsleistungen verbessern?

Der Vergleich der Ergebnisse des CE mit anderen Studien zeigt, dass die Schätzungen der Zahlungsbereitschaften in einem ähnlichen Bereich liegen, wenn auch am unteren Ende der weitgehend stark streuenden Werte für Erholungs- und Habitataufwertung (Elsasser und Meyerhoff 2007; Elsasser et al. 2016). In der im Rahmen dieser Dissertation erstellten Datenbank (vgl. Müller et al. 2019) lagen beispielsweise die meisten WTP-Schätzungen zur Biodiversität zwischen 100 und 800 USD pro Jahr. Obwohl viele dieser Studien ähnliche Stated Preference-Techniken, wie Contingent Valuation oder Choice Experimente anwenden, variieren die Ergebnisse von 6 USD/Person/Jahr (Elsasser und

Meyerhoff 2007) bis zu über 1700 USD/Besucher/Jahr (Ott und Baur 2005). Diese Streuung zeigt, dass die Ergebnisse von WTP-Studien stark kontext- und methodenabhängig sind, was den Vergleich mit und die Übertragung in andere Studienkontexte erschwert.

Die breite Streuung der Ergebnisse lässt sich dadurch erklären, dass sich die Bewertung von Freizeitdienstleistungen in der Regel auf lokale Beispiele unter ganz spezifischen Bedingungen bezieht. Die folgende Liste enthält einige Beispiele:

- Art der Freizeitgestaltung (z.B. Radfahren, Wandern usw.)
- Infrastruktur und Ersatzleistungen im Gebiet (z.B. bestehende Freizeiteinrichtungen wie Fahrradwege, Feuerstellen usw.)
- Entfernung zu Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte (z.B. Städte, Hotspots für den Tourismus usw.)
- Persönliche Interessen (z.B. Vorhandensein eines für die Erholung wichtigen oder weniger wichtigen Waldes)
- Widersprüchliche Elemente (z.B. Nutzungsintensität und Vielfalt von Art, Anzahl und Größe der Nutzergruppen (Radfahrer, Wanderer, Reiter))

Infolgedessen ist die Integration von Freizeitdienstleistungen in ein allgemeines Bewertungssystem eine Herausforderung. Selbst unter Berücksichtigung ähnlicher Hintergrundbedingungen weisen die Werte noch eine große Streuung auf. Dies ist jedoch nicht überraschend, da davon ausgegangen werden kann, dass nicht nur die Erholungsleistungen, sondern kulturelle Ökosystemleistungen im Allgemeinen grundlegend von einzigartigen lokalen Merkmalen und der Wahrnehmung der Menschen bestimmt werden. Deren Bewertung kann folglich nicht allein auf der Grundlage der Hintergrundbedingungen des Waldgebiets vorgenommen werden. Tatsächlich kann der Erholungswert des Waldes als ein Konglomerat von natürlichen und sozialen Einflüssen auf den Menschen betrachtet werden. Dies gilt grundsätzlich für alle Waldleistungen, ist aber besonders offensichtlich für kulturelle Waldleistungen, da die meisten Menschen einen spezifischen persönlichen Bezug zu diesen Leistungen haben oder direkt von ihnen beeinflusst werden.

Die Größe der Bevölkerungsstichprobe wurde so gewählt, dass auch die separate statistische Auswertung der verschiedenen Teilstichproben (Forstzonen und Wohnregionen) sowie deren Vergleich möglich war. Bezüglich der Zahlungsbereitschaften in den Wohnregionen ergaben sich keine großen Differenzen. Deutlichere Unterschiede waren zwischen den Forstzonen erkennbar. Generell konnte festgestellt werden, dass die Bevölkerung Wälder mit einer ausgewogenen Mischung aus Nadel- und Laubbäumen bevorzugt. Darüber hinaus gibt es eine deutliche Präferenz für Dauerwälder gegenüber der Bewirtschaftung in Altersklassenwäldern. Außerdem sollten größere Holzschläge vermieden werden, auch wenn sie Teil einer natürlichen Waldentwicklung wären.

Gegenüberstellung von Angebot (WTA) und Nachfrage (WTP) bei der Ermittlung des Wertes von Erholungsleistungen und Habitataufwertung

Die Studie machte sich die gleichzeitige Erhebung von Daten aus den verschiedenen Forstzonen und Wohnregionen zunutze, um die jeweiligen Unterschiede innerhalb desselben Versuchsrahmens zu ermitteln. Da sowohl Förster als auch die breitere Bevölkerung daran teilnahmen, konnten WTP und WTA verglichen und so Optionen für die Abstimmung von Angebot und Nachfrage von Bewirtschaftungsalternativen ermittelt werden. Die ermittelten WTP-Unterschiede zwischen Forstzonen und Wohnregionen zeigen, dass es zielführend und durchführbar ist, die Nachfrageseite, in unserem Fall die jeweilige Bevölkerung, bei Entscheidungen über die Waldbewirtschaftung zu berücksichtigen. Dies insbesondere im Zusammenhang mit immer populärer werdenden Bottom-up-Initiativen, wie sie beispielsweise von Olschewski et al. (2018) festgestellt wurden. Bedingt durch den geringen Rücklauf bei den Förster- und Waldeigentümerumfragen ist die ermittelte WTA mit Vorsicht zu interpretieren. Deshalb wurde im Modell ausschließlich die in der Bevölkerungsbefragung ermittelte WTP verwendet.

5.1.3 Einfluss von Ökosystemleistungen auf das ökonomische Ergebnis schweizer Forstbetriebe

Fragestellung 3: Wie verändert die Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bestimmte Bewirtschaftungsszenarien und das ökonomische Ergebnis schweizer Forstbetriebe?

Wie die Anwendung des Modells in den Fallstudien gezeigt hat, beeinflussen die Betriebsstrukturen das Ergebnis stärker als das Einbeziehen der Zahlungsbereitschaften. Verschiedene Studien (Scarpa et al. 2000; Zandersen et al. 2005; Markandya et al. 2008) ermittelten vergleichsweise hohe Zahlungsbereitschaften. Diese würden die ökonomische Lage der Forstbetriebe deutlich verbessern, sobald sie in Wert gesetzt werden. Die Fallstudien haben jedoch gezeigt, dass einer Erhöhung des Anteils an Erholungsleistungen und Habitataufwertung (Waldleistungen, bei denen Zahlungsbereitschaften in das Modell einfließen) sich sogar negativ auf das Gesamtergebnis auswirken können: die Szenarien mit Erholungswald bzw. Habitataufwertung auf der gesamten Betriebsfläche führten bei beiden Forstbetrieben jeweils zu den niedrigsten Kapitalwerten. Wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben, variieren die Studienergebnisse insbesondere bei der Bewertung von Erholungs- und Habitataufwertung deutlich. Sie hängen dabei stark vom Bewertungskontext ab. Des Weiteren werden Zahlungsbereitschaften in der Regel in monetären Einheiten pro Jahr angegeben. In einer früheren Version des Modells wurden sie jährlich über den gesamten Simulationszeitraum berücksichtigt, was zu unrealistisch hohen Ergebnissen (Kapitalwerten) führte. Da bei Choice Experimenten stets die Zahlungsbereitschaften für Veränderungen bewertet werden (Champ et al. 2017; Müller et al. 2019) ist es realitätsnäher, sie im Modell nur ab dem Jahr zu berücksichtigen, in dem die Veränderung tatsächlich eintritt.

Die Ergebnisse könnten den Schluss nahelegen, dass sich die Berücksichtigung von Zahlungsbereitschaften für Waldleistungen grundsätzlich negativ auf das Betriebsergebnis auswirkt und damit zu Wohlfahrtsverlust führt. Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, dass die Verringerung des Kapitalwertes vor allem durch die Kosten- und Erlösstruktur der schweizer Forstbetriebe zu erklären ist. Zum einen generieren Waldleistungen abseits der Holzproduktion bei den beiden Fallstudienbetrieben kaum Erlöse, andererseits sind sie aber mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden, z.B. durch Aufschläge auf die bereits relativ hohen Verwaltungskosten. Wie die Auswertungen des schweizer Testbetriebsnetzes zeigen, beeinflussen sie den Erfolg bei allen Produkten und Dienstleistungen negativ. Auffallend hoch sind insbesondere die allgemeinen Verwaltungskosten. Diese werden einerseits durch die teils nicht angepassten dispositiven Personalressourcen sowie andererseits durch ineffiziente Verwaltungsprozesse verursacht (Bürgi et al. 2021). Die Verwaltungskosten sind jedoch nur ein Teil des Problems. Die wirtschaftlich schwierige Situation vieler Forstbetriebe in der Waldbewirtschaftung ist vor dem Hintergrund der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung in der Forstbranche zu interpretieren. Die seit den 1950er Jahren weitgehend rückläufigen Holzerlöse haben zu erheblichen Rückgängen bei der wichtigsten Erlösart der Forstbetriebe geführt (Rigling und Schaffer H.P 2015). Im gleichen Zeitraum sind die Lohnkosten, die wichtigste Kostenart der Forstbetriebe, deutlich angestiegen (ebd.). Dies führte zu einem zunehmenden Preis- und Kostendruck und seit 1991 im Durchschnitt zu negativen Betriebsergebnissen (BAFU 2020; BFS 2020b). Zwar haben technische Innovationen in der Holzernte zu einer markanten Produktivitätssteigerung geführt (Skogforsk 2008), die es einem Teil der Betriebe ermöglichte, die Kosten erheblich zu senken und wirtschaftlich erfolgreich zu bleiben. Bisher haben aber noch nicht alle Forstbetriebe die dafür notwendigen Anpassungsprozesse vorgenommen, um die Erlöseinbußen durch Produktivitätssteigerungen zu kompensieren.

Würde die Holzproduktion als Kerngeschäft der meisten Forstbetriebe effizienter organisiert und nicht ihrerseits bereits zu teils erheblichen Verlusten führen, könnte die Bereitstellung weiterer Waldleistungen zu einem besseren ökonomischen Ergebnis beitragen. Dies jedoch nur, wenn den damit verbundenen Kosten auch entsprechende Erlöse gegenüberstehen. Bezüglich der Kosten ist generell darauf hinzuweisen, dass eine Effizienzsteigerung durch angepassten Ressourceneinsatz (z.B. Personal) unumgänglich ist.

5.2 Modellkritik - Entwicklungspotenzial

Allgemein

Bei der Auswahl der Fallstudienbetriebe stellte sich die für das Modell erforderliche breite Datengrundlage als Hindernis heraus, da überraschenderweise nur wenige Betriebe über ausreichend detaillierte Daten verfügen. Insbesondere gab es Probleme bei den bestandesweisen Daten für die waldbauliche Simulation. Aus diesem Grund war es nicht möglich, das Modell in Gebirgsbetrieben zu testen – keiner der angefragten Betriebe konnte die erforderlichen Daten liefern.

Im Bewertungsmodell wurden mehrere Waldleistungen nicht berücksichtigt wie z.B. die Wasserfiltration oder auch Nichtholzwaldprodukte (NHWP). Dieses Vorgehen ist vertretbar, da sie ökonomisch kaum ins Gewicht fallen (NHWP) bzw. nur sehr lokal relevant sind (Grundwasserschutzzonen). Das Modell ist jedoch so aufgebaut, dass es bei Bedarf erweitert werden kann.

Weiterhin ist es mit dem Modell nicht möglich, den Status quo zu bewerten, da insbesondere bei den Zahlungsbereitschaften stets Veränderungen zu Grunde gelegt werden, z.B. ein Wechsel von einer deutlich sichtbaren Holznutzung hin zu einer kaum bis unsichtbaren Holznutzung. Außerdem fließen die Zahlungsbereitschaften nur einmalig in das Modell ein und zwar zu dem Zeitpunkt, zu dem die gewünschte Veränderung eintritt. Dies spiegelt einen konservativen Bewertungsansatz wider, bei dem der Wert dieser Leistungen tendenziell eher unterschätzt wird.

Parallele Verwendung von preis- und kostenbasierten Ansätzen

Im Bewertungsmodell wurden preis- und kostenbasierte Ansätze parallel verwendet. Dies ist bei der Bestimmung absoluter Werte kritisch zu beurteilen, da dadurch eine direkte Vergleichbarkeit methodisch nicht möglich ist. Allerdings werden die meisten Waldleistungen als öffentliche Güter angesehen und auch von der öffentlichen Hand finanziert, z.B. durch Beiträge. Dies kann die Verwendung eines kostenbasierten Bewertungsansatzes rechtfertigen. Das Modell schafft die Möglichkeit, verschiedene Bewirtschaftungsszenarien untereinander zu vergleichen und kann somit von Forstbetriebsleitern als Planungsinstrument aber auch als Argumentationsgrundlage verwendet werden. Dabei ist es möglich, die verschiedenen Forstzonen (Jura, Mittelland, Voralpen und Alpen), sowie Wohnregionen (Stadt, Agglomeration und Land) zu berücksichtigen, um auf regionale Besonderheiten einzugehen. Dabei steht nicht die Bestimmung absoluter Werte im Vordergrund, sondern der beschriebene Vergleich von Bewirtschaftungsszenarien.

5.3 Fazit

Beim Waldmanagement kann in jüngster Zeit ein Wandel von einem überwiegend staatlichen Top-down-Ansatz zu verschiedenen Bottom-up-Initiativen festgestellt werden, einschließlich dem Bestreben der lokalen Bevölkerung, sich an Entscheidungen über die Waldbewirtschaftung zu beteiligen (Thees und Olschewski 2017). Aufgrund dieser Entwicklung ist eine bessere Abstimmung der Präferenzen der Bevölkerung mit den realisierbaren Optionen der Waldbewirtschaftung notwendig. Die Ergebnisse dieser Studie geben einen Hinweis darauf, in welchem Maß die Bevölkerung bereit ist, bestimmte Bewirtschaftungsalternativen zu finanzieren. Es konnte dargestellt werden, dass verschiedene Kombinationen von WTP und WTA möglich sind (vgl. Tabelle 10), was zu unterschiedlichen Bewirtschaftungsempfehlungen führt. Falls WTP und WTA beide positiv sind, müssen sie verglichen werden, um zu prüfen, ob die WTP hoch genug ist, damit die zusätzlichen Kosten eines Managementwechsels gedeckt werden können. Wenn WTP negativ und WTA positiv ist, ist ein Managementwechsel wirtschaftlich nicht durchführbar. Wenn die WTP positiv und die WTA negativ ist, entspricht ein Managementwechsel den Präferenzen der Bevölkerung und würde auch ohne zusätzliche Finanzierung realisiert werden. Wenn WTP und WTA beide negativ sind, würde ein Managementwechsel den Präferenzen der Bevölkerung zuwiderlaufen, könnte aber auch ohne zusätzliche Finanzierung realisiert werden. Auf jeden Fall können WTP und WTA aufgrund der Tatsache, dass sie in Bezug auf verschiedene Einheiten (CHF/Haushalt bzw. pro Hektar) bestimmt werden, nur in einem spezifischen Kontext verglichen werden, in dem die Anzahl der Haushalte und die relevante Waldfläche bekannt sind. Unter diesen Voraussetzungen bietet unser Ansatz die Möglichkeit, die Durchführbarkeit verschiedener Bewirtschaftungsszenarien auf lokaler und regionaler Ebene zu be-

urteilen. In Fällen, in denen eine zusätzliche Finanzierung erforderlich ist, können flexible Zahlungssysteme entwickelt und angewandt werden (Lienhoop und Brouwer 2015). Sie ermöglichen eine Anpassung auf die Präferenzen der Bevölkerung und die waldbaulichen Bedürfnisse (Villamayor-Tomas et al. 2019). Da die Stichprobe der Förster jedoch vergleichsweise klein und Rückmeldungen vor allem aus dem alpinen Raum kamen, sollten die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden. Praxisrelevante Ratschläge sollten sich auf eine breitere Datenbasis und Erhebungen mit größerem Rücklauf stützen, insbesondere auf der Angebotsseite der Waldleistungen (Forstbetriebe und Waldeigentümer).

Das Modell hat nicht das Ziel absolute Werte zu bestimmen, vielmehr schafft es die Möglichkeit verschiedene Bewirtschaftungsszenarien untereinander zu vergleichen und kann somit Forstbetriebsleitern als Planungsinstrument aber auch als Argumentationsgrundlage dienen. Dabei ist es möglich, die verschiedenen Forstzonen (Jura, Mittelland, Voralpen und Alpen), sowie Wohnregionen (Stadt, Agglomeration und Land) zu berücksichtigen, um auf regionale Besonderheiten einzugehen. Wichtig ist es dabei, zu berücksichtigen, dass bei solchen Entscheidungen stets zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen, z.B. die Beachtung zusätzlich Liquiditätsaspekte im. Dabei besteht wiederum die Gefahr, dass der Nachhaltigkeitsgedanke bei der Ressourcennutzung nicht ausreichend berücksichtigt wird (Knoke et al. 2020). Die Modellergebnisse sollten daher nicht als alleiniges Entscheidungskriterium Verwendung finden, sondern in ein umfassendes Entscheidungssystem integriert werden.

6. Literaturverzeichnis

- Anielski M, Wilson S, 2009. Counting Canada's natural capital: Assessing the real value of can-ada's boreal ecosystems. The Pembina Institute, Ottawa (Canada), 88 S.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2008. Management des Grundwassers in der Schweiz. Leitlinien des Bundesamtes für Umwelt BAFU (FOEN), Bern.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2014. Jahrbuch Wald und Holz 2014. Annuaire La Fôret et le bois 2014.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.), 2020. Jahrbuch Wald und Holz 2020, Bern, 103 S.
- Barbier EB, Acreman M, Knowler D, 1997. Economic Valuation of Wetlands. A Guide for Policy Makers and Planners. Ramsar Convention Bureau, Department of Environmental Economics and Environmental Management, University of York, Institute of Hydrology. IUCN - The World Conservation Union, 138 S.
- Bateman I (Hrsg.), 2017. The Economics of Non-Market Goods and Resources (Second edition). Springer, Dordrecht.
- Benítez PC, McCallum I, Obersteiner M, Yamagata Y, 2007. Global potential for carbon sequestration: Geographical distribution, country risk and policy implications. Ecological Economics, 60 (3), 572–583. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.12.015>
- Bergen V, Löwenstein W, Olschewski R, 2013. Forstökonomie. Volkswirtschaftliche Ansätze für eine vernünftige Umwelt- und Landnutzung (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Franz Vahlen, München, 477 S.
- BFS (Bundesamt für Statistik), 2020a. Schweizerische Forststatistik. Waldflächen der Schweiz in ha nach Jahr, Eigentübertyp und Beobachtungseinheit., https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0703010000_101/-/px-x-0703010000_101.px/table/tableViewLayout2/
- BFS (Bundesamt für Statistik), 2020b. STAT-TAB. Abgerufen am 28.01.2021, https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0703010000_101/-/px-x-0703010000_101.px/table/tableViewLayout2/?rxid=21274081-9bd7-4291-8131-74cd7cd3c47c
- BFS (Bundesamt für Statistik), 2020c. Waldflächen nach Forstzonen. BFS-Nummer KM02b-00169-07-c-suis-2020-d, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/karten.assetdetail.13587180.html>
- Bürgi P, Müller A, Thomas M, Pauli B, 2021. Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz: Ergebnisse der Jahre 2017–2019, 52 S.
- Calder I, Hofer T, Vermont S, Warren P, 2007. Towards a new understanding of forests and wa-ter. Unasylva, 58 (229), 3–10.
- Champ PA, Boyle KJ, Brown TC, 2017. A Primer on Nonmarket Valuation. In: Bateman I (Hrsg.). The Economics of Non-Market Goods and Resources. (Second edition). Springer, Dordrecht.
- Costanza R, d'Arge R, deGroot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253–260.
- Costanza R, Groot R de, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson SJ, Kubiszewski I, Farber S, Turner RK, 2014a. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change, 26, 152–158, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014000685>
- Costanza R, Kubiszewski I, Giovannini E, Lovins H, McGlade J, Pickett KE, Ragnarsdóttir KV, Roberts D, Vogli R de, Wilkinson R, 2014b. Development: Time to leave GDP behind. Nature, 505 (7483), 283–285, <https://www.nature.com/news/development-time-to-leave-gdp-behind-1.14499>

- Daly A, Hess S, Jong G de, 2012. Calculating errors for measures derived from choice modelling estimates. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46 (2), 333–341.
- deGroot R, Fisher B, Christie M, Aronson J, Braat L, Gowdy J, Haines-Young R, Maltby E, Neuvillle A, Polasky S, Portela R, Ring I, 2012. Integrating the Ecological and Economic Dimensions in Biodiversity and Ecosystem Service Valuation. Chapter 1. In: Kumar P (Hrsg.). *The economics of ecosystems and biodiversity. Ecological and economic foundations*. Routledge, New York, S. 9–40.
- deGroot RS, 1992. *Functions of nature. Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- deGroot RS, Wilson MA, Boumans RMJ, 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, 393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7
- Elsasser P, Altenbrunn K, Köthke M, Lorenz M, Meyerhoff J, 2020. Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland. Thünen Report, No. 79. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Elsasser P, Meyerhoff J, 2007. A Bibliography and Data Base on Environmental Benefit Valuation Studies in Austria, Germany and Switzerland - Part I: Forestry Studies. *Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2007 /01*, Hamburg, 16 S.
- Elsasser P, Meyerhoff J, Weller P, 2016. An updated Bibliography and Database on Forest Ecosystem Service Valuation Studies in Austria, Germany and Switzerland. Thünen Working Paper, 65.
- FAO Committee on Forestry (Hrsg.), 2014. *Payment for Ecosystem Services for Forests (PES) and Forest Financing*.
- Gómez-Baggethun E, Groot R de, Lomas PL, Montes C, 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69 (6), 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- Haaren C von, Albert C, Hansjürgens B, Krätzig S, Schröter-Schlaack C, 2016. Einleitung. In: (Naturkapital Deutschland - TEEB DE) (Hrsg.). *Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlagen für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Vorläufige elektronische Entwurffassung. Drucklegung des Berichts im Frühjahr 2016*, S. 16–25.
- Härtl F, Hahn A, Knoke T, 2013. Risk-sensitive planning support for forest enterprises: The YA-FO model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 94, 58–70. DOI: 10.1016/j.compag.2013.03.004
- Hauser M, 2003. *Dynamische Systeme und Zeitreihenanalyse*. Taylorreihen. Kapitel 2, 23 S.
- Hensher DA, Rose JM, Greene WH, 2015. *Applied Choice Analysis. A Primer (Second edition)*. Cambridge University Press, Cambridge, 1188 S.
- Hess S, Palma D, 2019a. Apollo version 0.0.8, user manual. www.ApolloChoiceModelling.com
- Hess S, Palma D, 2019b. Apollo: A flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application. *Journal of Choice Modelling*, 32, 100170. <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2019.100170>
- Hunziker M, Lindern E von, Bauer N, Frick J, 2012. *Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung – Wa-Mos 2*. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 182 S.
- Knoke T, Gosling E, Paul C, 2020. Use and misuse of the net present value in environmental studies. *Ecological Economics*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106664>
- Kumar P (Hrsg.), 2012. *The economics of ecosystems and biodiversity. Ecological and economic foundations*. Routledge, New York.

- Lancaster KJ, 1966. A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74 (2), 132–157. https://doi.org/10.1007/978-3-642-51565-1_34
- Lienhoop N, Brouwer R, 2015. Agri-environmental policy valuation: Farmers' contract design preferences for afforestation schemes. *Land Use Policy*, 42, 568–577. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.017>
- Louviere JJ, 2001. Choice experiments: An overview of concepts and issues. In: Bennett J, Blamey RK (Hrsg.). *The choice modelling approach to environmental valuation*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, Northampton, MA, S. 13–36.
- Markandya A, Chiabai A, Ding H, Nunes P, Traversi C, 2008. Economic Valuation of Forest Eco-system Services: Methodology and Monetary Estimates. Annex II. In: Braat L, tenBrink P (Hrsg.). *The Cost of Policy Inaction. The case of not meeting the 2010 biodiversity target*. Al-terra Report 118, Wageningen, S. 226–254.
- McShane K, 2007. Why Environmental Ethics Shouldn't Give Up on Intrinsic Value. *Environmental Ethics*, 29 (1), 43–61. DOI: 10.5840/enviroethics200729128
- Merlo M, Croitoru L, 2005. *Valuing mediterranean forests. Towards total economic value*. CABI Publishing, Wallingford, 406 S.
- Meylan B, 2003. Der Wald sorgt für sauberes Trinkwasser. *gwa*, 3, 3–11.
- Millennium Ecosystem Assessment (Hrsg.), 2005. *Ecosystems and human well-being. Current State and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group*. Island Press, Washington DC.
- Müller A, Knoke T, Olschewski R, 2019. Can Existing Estimates for Ecosystem Service Values Inform Forest Management? *Forests*, 10 (132). <https://doi.org/10.3390/f10020132>
- Naturkapital Deutschland - TEEB DE (Hrsg.), 2016. *Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlagen für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Vorläufige elektronische Entwurffassung. Drucklegung des Berichts im Frühjahr 2016*, 17 S.
- Norman R, Craig BM, Hansen P, Jonker MF, Rose J, Street DJ, Mulhern B, 2018. Issues in the Design of Discrete Choice Experiments. *The patient*. doi: 10.1007/s40271-018-0346-0
- Olschewski R, Bebi P, Teich M, Wissen Hayek U, Grêt-Regamey A, 2012. Avalanche protection by forests — A choice experiment in the Swiss Alps. *Forest Policy and Economics*, 15, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.10.002>
- Olschewski R, Sandström C, Kasymov U, Johansson J, Fürst C, Ring I, 2018. Policy Forum: Challenges and opportunities in developing new forest governance systems: Insights from the IPBES assessment for Europe and Central Asia. *Forest Policy and Economics*, 97, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.10.007>
- Ott W, Baur M, 2005. *Der monetäre Erholungswert des Waldes*. Umwelt-Materialien Nr. 193. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 68 S.
- Pascual U, Muradian R, Brander L, Gómez-Baggethun E, Martín-Lopez B, Verma M, Armsworth P, Christie M, Cornelissen H, Eppink F, Farley J, Loomis J, Pearson L, Perrings C, Polasky S, 2012. The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity. Chapter 5. In: Kumar P (Hrsg.). *The economics of ecosystems and biodiversity*. Ecological and economic foundations. Routledge, New York, S. 183–256.
- Paul C, Hanley N, Meyer ST, Fürst C, Weisser WW, Knoke T, 2020. On the functional relationship between biodiversity and economic value. *Science Advances*, 6. DOI: 10.1126/sciadv.aax7712
- Rigling A, Landolt D, Manser R, 2015. Wald im Wandel. In: Rigling A, (Schaffer H.P) (Hrsg.). *Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes*.
- Rigling A, Schaffer H.P (Hrsg.), 2015. *Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes*, 146 S.

- Rosset C, Schütz J-P, Günter M, Gollut C, 2014. WIS.2 - A Sustainable Forest Management Decision Support System. *Mathematical and Computational Forestry & Natural Resource Sciences*, 6 (2), 89-100.
- Scarpa R, Chilton SM, Hutchinson WG, Buongiorno J, 2000. Valuing the recreational benefits from the creation of nature reserves in Irish forests. *Ecological Economics*, 33 (2), 237-250. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00143-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00143-3)
- Schröter-Schlaack C, Haaren C von, Lienhoop N, Albert C, Barkmann J, Bastian O, Bieling C, Gal-ler C, Grunewald K, Hansjürgens B, Plieninger T, 2016. Ökosystemleistungen identifizieren, erfassen und in Wert setzen. In: Haaren C von, Albert C (Hrsg.). *Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung*. (erschienen 2016). *Naturkapital Deutschland - TEEB DE*, Hannover, Leipzig, 26-69.
- Skogforsk, 2008. Productivity just continues to rise. *Skogforsk News* (1), 3, Uppsala.
- tenBrink P (Hrsg.), 2011. *The economics of ecosystems and biodiversity in national and international policy making*. Earthscan, London.
- Thees O, Olschewski R, 2017. Physical soil protection in forests - insights from production-, industrial- and institutional economics. *Forest Policy and Economics*, 80, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.024>
- UN (United Nations), 2014. *The value of forests. Payments for ecosystem services in a green economy*. UN (United Nations), Geneva.
- Unterberger C, Olschewski R, 2021. Determining the insurance value of ecosystems: A discrete choice study on natural hazard protection by forests. *Ecological Economics*, 180, 106866. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106866>
- van der Ploeg S, deGroot RS, 2010. *The TEEB Valuation Database - a searchable database of 1310 estimates of monetary values of ecosystem services*. Foundation for Sustainable Development, Wageningen, The Netherlands.
- Villamayor-Tomas S, Sagebiel J, Olschewski R, 2019. Bringing the neighbors in: A choice experiment on the influence of coordination and social norms on farmers' willingness to accept agro-environmental schemes across Europe. *Land Use Policy*, 84, 200-215. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.006>
- Weller P, Elsasser P, 2018. Preferences for forest structural attributes in Germany - Evidence from a choice experiment. *Forest Policy and Economics*, 93, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.04.013>
- White S, tenBrink P, Simmons B, Furuta N, Liekens I, Ninan K, Meire P, Shine C, Tinch R, Wielgus J, 2011. Recognizing the Value of Biodiversity: New Approaches to Policy Assessment. In: tenBrink P (Hrsg.). *The economics of ecosystems and biodiversity in national and international policy making*. Earthscan, London, S. 129-173.
- Zandersen M, Termansen M, Jensen FS, 2005. Benefit Transfer over Time of Ecosystem Values: the Case of Forest Recreation. Working Paper FNU-61. https://www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/Working_Paper_FNU61.pdf

7. Anhang

Nachfolgend die publizierten Fassungen der im Rahmen dieser Dissertation entstandenen Artikel:

Artikel 1

Müller, A; Knoke, T; Olschewski, R (2019): Can Existing Estimates for Ecosystem Service Values Inform Forest Management? In *Forests* 10 (2), p. 132. DOI: 10.3390/f10020132. Review

Artikel 2

Müller A, Olschewski R, Unterberger C, Knoke T (2020). The valuation of forest ecosystem services as a tool for management planning - A choice experiment. *Journal of environmental management*, 271, 111008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111008>