



Biodiversität und Holznutzung – Synergien und Grenzen

Daten und Fakten

Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
im Rahmen des Aktionsplans Holz

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Beauftragte

Hintermann & Weber AG: Darius Weber, Felix Berchten

oikostat GmbH (im Unterauftrag): Fränzi Korner-Nievergelt, Stefanie von Felten
Eidg. Forschungsanstalt WSL (im Unterauftrag): Ulrich Ulmer, Urs-Beat-Brändli
Schweizerische Vogelwarte Sempach (im Unterauftrag): Niklaus Zbinden.

Begleitgruppe

Claire-Lise Suter Thalmann, BAFU, Abteilung Wald
Markus Bolliger, BAFU, Abteilung Artenmanagement
Christian Kuchli, BAFU, Abteilung Wald

Dieses Projekt wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) im Rahmen des Aktionsplans Holz verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

April 2010

Inhalt

Impressum	2
Vorwort	5
Biodiversität und Holznutzung – Synergien und Grenzen: Zusammenfassung	6
1 Auftrag	11
2 Waldnatur und Waldbiodiversität: Definitionen und Systemgrenzen	11
2.1 Wald, Waldfläche, Wirtschaftswald	11
2.2 Biodiversität	13
2.3 Die Aufgabe der Holznutzung zur Förderung der Waldbiodiversität	14
2.4 Wahl der Indikatoren zur Beurteilung der Waldbiodiversität im Wirtschaftswald	14
3 Kurzer Abriss der historischen Entwicklung	16
3.1 Zustand um 1850	16
Waldfläche	16
Holzvorrat und Waldnutzungen	16
Waldbild und Waldstruktur	16
Wald-Biodiversität	17
3.2 Zustand um 1900 n. Chr.	17
Waldfläche, Holzvorrat und Waldnutzungen	17
Waldbild und Waldstruktur	18
Wald-Biodiversität	18
3.3 Zustand um 2010 n. Chr.	18
Waldfläche	18
Holzvorrat und Waldnutzungen	18
Waldbild und Waldstruktur	19
Wald-Biodiversität	19
4 Aktueller Zustand und Trend der Biodiversität im Wirtschaftswald	20
4.1 Fokus auf den Wirtschaftswald	20
4.2 Biodiversität kleinräumig	20
4.2.1 Aktueller Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken	20
4.2.2 Aktueller Trend beim Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken	21
4.2.3 Baum-Artenzahl	22
4.3 Biodiversität grossräumig	23
4.3.1 Unterschiedliche Artengarnituren in verschiedenen Wäldern	23
4.3.2 Brutvogel-Artenvielfalt	24
4.4 Für die Biodiversität wichtige Waldstrukturen	26
4.4.1 Waldfläche	26
4.4.2 Naturnähe des Nadelholzanteils im Laubwald	27
4.4.3 Baum-Artenzahl	28
4.4.4 Verjüngung	29
4.4.5 Waldflächen mit eingeführten (floreneinfremden) Baumarten	30
4.4.6 Totholz	30
4.4.7 Bestandesdichte («Stand Density Index»)	31
4.4.8 Anteil der Buche am Bestand	32
4.4.9 Deckungsgrad der Strauchschicht	32
4.4.10 Lücken	33
4.4.11 Laub- und Nadelholzanteil	34
4.4.12 Bestandesalter	35
4.4.13 Holzvorrat lebend	36
4.5 Schlussfolgerungen	37

5	Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald.....	39
5.1	Biodiversität kleinräumig.....	39
5.1.1	Vielfalt der Gefässpflanzen-, Moos- und Schneckenarten auf 10 m ²	39
5.1.2	Baum-Artenzahl.....	40
5.2	Biodiversität grossräumig	40
5.2.1	Unterschiedliche Artengarnituren der Wirtschaftswälder und Nicht-Wirtschaftswälder	40
5.3	Für die Biodiversität wichtige Waldstrukturen.....	40
5.3.1	Naturnähe des Nadelholzanteils im Laubwald.....	40
5.3.2	Baum-Artenzahl.....	40
5.3.3	Totholz	41
5.3.4	Bestandesdichte («Stand Density Index»).....	41
5.3.5	Lücken	42
5.3.6	Bestandesalter	42
5.3.7	Holzvorrat lebend.....	42
5.4	Unterschiedliche Biodiversität in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Wäldern Europas.....	43
6	Vergleich Schweiz – europäisches Ausland.....	44
	Das MCPFE-Indikatorensystem	44
	Baum-Artenvielfalt	44
	Verjüngungsart	44
	Eingeführte (florexfremde) Baumarten	45
	Totholz.....	45
7	Vergleich des Waldes mit anderen Nutzflächen in der Schweiz.....	46
7.1	Aktueller Trend beim Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken	46
7.2	Brutvogel-Artenvielfalt	46
7.3	Anteil gefährdeter Arten in den verschiedenen Lebensräumen	47
7.4	Anteil von Arten mit deutlicher Bestandesabnahme	49
8	Bewertung der Szenarien für die Waldwirtschaft der Zukunft.....	51
8.1	Definition der Szenarien	51
	Einleitende Bemerkungen.....	51
	S1 «verstärkte Holznutzung».....	51
	S2 «Status quo»	52
8.2	Einfluss der Szenarien auf die Waldbiodiversität – Abschätzung anhand der Variablen	52
8.3	Gesamtbeurteilung der Szenarien	53
9	Literaturverzeichnis	54

Anhänge als Beilage auf CD:

Anhang 1: WSL, 2010: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Spezialauswertung der Erhebungen 1983-85, 1993-95 und 2004.06. 260110UU.

Anhang 2: Einflüsse von Standort, Waldstruktur und Nutzung auf die Artenvielfalt. Analyse der Oikostat GmbH, 5. Dezember 2009.

Anhang 3: Unterscheiden sich Wirtschafts- und Nichtwirtschaftswald in der Artenzusammensetzung? Analyse der Oikostat GmbH, 9. Dezember 2009.

Anhang 4: Listen von Arten mit unterschiedlicher Waldbindung.

Vorwort

Holznutzung und Biodiversität stehen in einer engen Wechselbeziehung. Ziel des vom BAFU erteilten Auftrags war es, zu dieser Thematik kohärente Daten und Fakten zusammenzustellen und diese in die Arbeiten des BAFU für eine Biodiversitätsstrategie, die Ressourcenpolitik Holz sowie die Überarbeitung des Waldprogramms Schweiz einfließen zu lassen.

Dank des grossen Einsatzes der Beauftragten sowie den Mitgliedern der Begleitgruppe konnte das angestrebte Ziel erreicht werden. Hierfür sei allen Beteiligten bestens gedankt.

Die Studie stellt einen wertvollen Beitrag bei der Suche nach ausgewogenen Lösungen dar. Mittels Veröffentlichung im Internet soll sie deshalb einem weiten Benutzerkreis zugänglich gemacht werden.

Andreas Götz
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt

Biodiversität und Holznutzung – Synergien und Grenzen: Zusammenfassung

Der Wald ist der grösste, am weitesten verbreitete und artenreichste Lebensraum der Schweiz. Rund 70 % der schweizerischen Waldfläche werden genutzt. Die nicht genutzten Wälder befinden sich hauptsächlich im Gebirge und auf der Alpensüdseite. Die Art der Nutzung beeinflusst somit wesentliche Merkmale der Biodiversität im Schweizer Wald, besonders in Jura, Mittelland und Voralpen.

Es stellt sich die Frage, wie sich die heutige Holznutzung auf die Biodiversität im Schweizer Wald auswirkt und wie sich diese Wirkungen in Zukunft verändern werden. Antworten auf diese Fragen werden auf der Basis der vorhandenen Daten zur Waldbiodiversität im schweizerischen Wirtschaftswald und der biodiversitätsrelevanten Waldstrukturen gegeben.

Gesamtschweizerisch repräsentative Daten dazu liefern derzeit nur das Landesforstinventar (LFI) und das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Zusätzlich besitzt die Schweizerische Vogelwarte Sempach gute Daten zur Entwicklung der Brutvogelbestände, doch lassen sich diese Daten nicht nach Wirtschaftswald und nicht bewirtschaftetem Wald aufschlüsseln.

Der vorliegende Bericht muss sich deshalb hauptsächlich auf Daten des LFI und des BDM stützen. Damit wird die Waldbiodiversität nur unvollständig abgebildet. Weil das BDM **nur Datenreihen zu Gefässpflanzen, Moosen und Schnecken** besitzt, können keine Aussagen über so artenreiche und für den Wald wichtige taxonomische Gruppen wie etwa Waldinsekten und Pilze gemacht werden.

Aufgrund verschiedener wissenschaftlicher Untersuchungen können **Wald-Strukturmerkmale** mit positiver Wirkung für die Biodiversität identifiziert werden. Zusätzlich wurde für diesen Bericht eine umfangreiche gemeinsame Analyse von LFI- und BDM-Daten über die Wirkung von diversen Merkmalen, die der Beschreibung der Waldstruktur dienen, auf die Biodiversität durchgeführt. Dies ermöglicht, anstatt die Biodiversität selbst einige für die Biodiversität wichtige Waldstrukturen zu betrachten, deren Zustand und Veränderung im schweizerischen Wirtschaftswald durch das LFI hervorragend abgebildet wird.

Bei der Bewertung der Biodiversität im Wirtschaftswald werden in der vorliegenden Arbeit **stark, schwach und gar nicht an den Wald gebundene Arten** unterschieden. Bei der Beurteilung der Artenvielfalt im Wald wurde der ersten Gruppe eine grosse, der zweiten eine mittlere und der dritten eine untergeordnete Bedeutung zugewiesen. Es wird hier davon ausgegangen, dass die Artenvielfalt des Offenlandes ausserhalb des schweizerischen Wirtschaftswaldes erhalten werden kann und muss. Bei den nachfolgenden Ausführungen wird die Gruppe der nicht an den Wald gebundenen Arten daher nicht weiter betrachtet.

Derzeit bestehen **in den verschiedenen Höhenstufen deutliche Unterschiede der kleinräumigen¹ Artenvielfalt** im Wirtschaftswald: die Vielfalt der Gefässpflanzen, und Moose nimmt mit zunehmender Höhe zu, während jene der Schnecken in der subalpinen Stufe deutlich geringer ausfällt als in den tieferen

¹ kleinräumig bezeichnet in dieser Arbeit eine Fläche von 10m²

Lagen. Wenn nur die stark an den Wald gebundenen Arten betrachtet werden, sind keine Unterschiede vorhanden. In der kollinen Stufe zeigen die bewirtschafteten Wälder der Schweiz vielfältigere Artengarnituren als in den höheren Lagen. Bei den stark waldgebundenen Arten ist dieser Unterschied am ausgeprägtesten. Es zeichnet sich ein schwacher Trend zur Vereinheitlichung ab, besonders in der subalpinen Stufe. Dass die Waldgesellschaften im Tiefland verschiedenartiger sind als im Gebirge, entspricht auch dem natürlichen Potenzial; es gibt mit zunehmender Höhe weniger verschiedene natürliche Waldgesellschaften und somit weniger Potenzial für verschiedenartige kleinräumige Artengarnituren.

Bei den **Schnecken** fällt auf, dass die Vielfalt der stark an den Wald gebundenen Arten mit 6% des durchschnittlichen Gesamt-Artenreichtums viel kleiner ist als bei den Gefässpflanzen (59%) und Moosen (30%). Möglicherweise kommt hier zum Ausdruck, dass sich die Schnecken noch kaum von den Zeiten der übernutzten Wirtschaftswälder erholt haben, in denen die Bedingungen für anspruchsvolle Waldarten während langer Zeit sehr schlecht waren.

Der **kleinräumige Artenreichtum** der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken nimmt im schweizerischen Wirtschaftswald derzeit gesamthaft zu. Die Zunahme ist besonders bei den Moosen und generell in der montanen Stufe deutlich. In der kollinen und submontanen Stufe ist die Zunahme aller Taxa nur schwach. Ebenso ist die Zunahme bei Schnecken in allen Höhenstufen nur schwach.

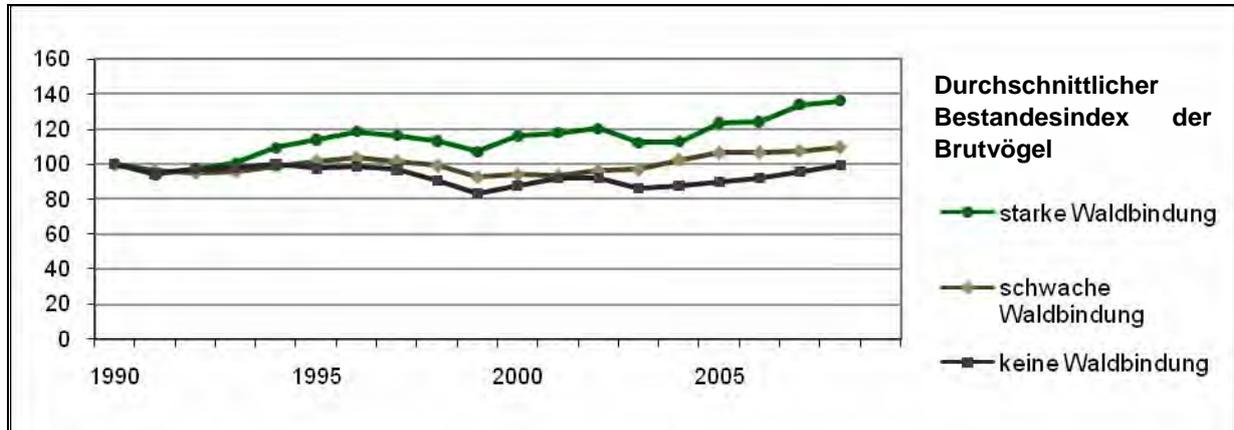
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Veränderung der Mittleren Zahl verschiedener Arten auf 10 m ² 2001-2009*, Daten aus dem BDM	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin
Index**: stark und schwach waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Index: stark waldgebundene Arten	↗	(↗)	↗	(↗)
Gefässpflanzen: stark und schwach waldg. Arten	↗	→	↗	↗
Gefässpflanzen: stark waldgebundene Arten	↗	→	(↗)	(↗)
Moose: stark und schwach waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Moose: stark waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Gehäuseschnecken: stark und schwach waldg. A.	↗	→	↗	→
Gehäuseschnecken: stark waldgebundene Arten	→	→	→	→

↗ = hochsignifikante Zunahme (p < 0.01) (↗) = signifikante Zunahme (p < 0.05) → = keine Veränderung nachweisbar
 ↘ = hochsignifikante Abnahme (p < 0.01) (↘) = signifikante Abnahme (p < 0.05)

*) Für Schnecken gilt der Zeitraum 2004-2008

**) Der Index gewichtet alle drei Gruppen gleich.

In den letzten 20 Jahren haben die Bestände der stark an den Wald gebundenen **Brutvogelarten** im Durchschnitt um fast 40% gegenüber 1990 zugenommen. Auch die schwach an den Wald gebundenen Arten verzeichneten im gleichen Zeitraum eine schwache Zunahme. Die Bestände der übrigen Arten haben sich dagegen im gleichen Zeitraum bestenfalls gehalten.



Die **Struktur des schweizerischen Wirtschaftswaldes war in den beiden letzten Jahrzehnten** einem Wandel unterworfen, der die ökologische und strukturelle Vielfalt des Waldes gebietsweise erhöht hat (siehe Tabelle). Einzig die Zunahme dichter Bestände in den höheren Lagen der Alpen und im Jura sowie das Verschwinden von alten Beständen und von Bestandeslücken in der subalpinen Stufe sind für die Biodiversität ungünstig.

aktuelle Trends bei Strukturmerkmalen des Wirtschaftswaldes, die für die Biodiversität wichtig sind

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Waldfläche	↗↗	→	↗	↗↗	↗	→	↗	↗↗	↗↗
naturnaher Nadelholzanteil ² , kollin/submontan	↗↗	↗↗	-	-	↗↗	↗↗	↗	↗↗	→
Reine Nadelholzbestände	↘↘	↘↘	↘↘	↘	↘	↘↘	↘↘	↘	→
verschiedene Baum-Arten in einem Bestand	→	→	→	→	-	-	-	-	-
Verjüngungsart (Naturverjüngung)	↗↗	↗↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗	→
florenfremde Baumarten	→	→	→	→	→	→	→	→	↗
Totholz	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗
Bestandesdichte	→	↘	↗	↗	↗	↘↘	↘	↗	↗↗
Anteil der Buche am Bestand	→	→	→	→	→	↗	↗	→	→
Deckungsgrad der Strauchschicht	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	→
Lücken in den Beständen	→	↗	↗	↘	↗	↗↗	↗	↘	↘
Bestandesalter	→	→	↗	↘	→	→	↗	↘	→
Holzvorrat (lebend)	→	↘	→	→	→	↘	→	↗	↗↗

↗↗ = starke Zunahme ↗ = Zunahme → = keine relevante Veränderung ↘ = Abnahme ↘↘ = starke Abnahme
Grün: für die Wald-Biodiversität günstige Veränderung **Rot:** für die Wald-Biodiversität ungünstige Veränderung

Besonders günstig für die Waldbiodiversität ist die Entwicklung in den **Voralpen und im Mittelland**. Einzig die leichte Zunahme der Buche ist in diesen Gebieten negativ zu bewerten.

² In der kollinen und submontanen Stufe gelten geringe Nadelholzanteile als naturnah.

Die **Alpensüdseite** ist die einzige Region mit Strukturveränderungen im Wirtschaftswald, die tendenziell zur Abnahme der Waldbiodiversität führen werden.

Im Vergleich mit den nicht bewirtschafteten Wäldern ist die kleinräumige Biodiversität der dokumentierten waldgebundenen Arten in den Wirtschaftswäldern der Laubwaldstufe praktisch gleich, in der Nadelwaldstufe dagegen deutlich höher. Es gibt aber bei allen untersuchten Gruppen spezialisierte Arten des nicht bewirtschafteten Waldes, die in den Wirtschaftswäldern fehlen. In den tiefen Lagen ist aber der Totholzanteil in den nicht bewirtschafteten Wäldern deutlich höher als im Wirtschaftswald, was sich positiv auf die Artenvielfalt auswirken wird.

Soweit Vergleiche überhaupt möglich sind, steht der schweizerische Wirtschaftswald **im Vergleich mit dem europäischen Ausland** bezüglich Biodiversität gut da: Naturverjüngung, kaum florenfremde Baumarten und stellenweise viel Totholz sind hierzu wichtige Stichworte.

Für die **Beurteilung der zukünftigen Wirkung der Waldbewirtschaftung** auf die Biodiversität werden zwei plausible Szenarien des Projekts «Holznutzungspotential» des BAFU verwendet. Beide Szenarien gehen davon aus, dass die im Projektbericht «Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau» festgehaltenen Minimalwerte nicht unterschritten werden.

Im **Szenario «verstärkte Holznutzung»** ist die Holznutzung grösser als der Holzzuwachs, so dass eine leichte Vorratsabnahme resultiert. Die Durchschnittsgrösse der Hiebsflächen in Baumhölzern nimmt zu, ebenso wie der Anteil licht- und wärmebedürftiger Baumarten (Eiche, Edellaubhölzer, Föhre, Lärche). Die Anteile von Schattenbaumarten nehmen ab (Buche, Weisstanne, Fichte).

Beim **Szenario «Status quo»** bleibt der Holzvorrat langfristig konstant auf dem Niveau des Jahres 2006 (360 m³ pro Hektare). Die Holznutzung erfolgt so, dass die Durchforstungsstärken und die jährlichen Verjüngungsflächen im gleichförmigen Hochwald weitgehend konstant bleiben.

Das Szenario «verstärkte Holznutzung» wird sich positiver auf die Wald-Biodiversität auswirken als das Szenario «Status quo» (Siehe Tabelle). Es besteht allerdings das Risiko, dass es in diesem Szenario zu einem Abbau des wertvollen Totholzvorrates kommt.

Standortsvariablen mit hohem Erklärungswert für die Biodiversität

	Einfluss Szenario «Status quo» auf die Variable	Einfluss Szenario «verst. Holznutzung» auf die Variable	Arten mit starker Waldbindung	Arten mit starker oder schwacher Waldbindung	seltene Arten mit Waldbindung	alle Arten
Landolt-Zeigerwert für Helligkeit	→	↗	±	±	±	±
Landolt-Zeigerwert für Nährstoffe	↗	→	+		±	+
Deckung der Buche in der Oberschicht	↘	↘	-	-		-
Deckungsgrad der Strauchschicht	→	↗	+			
Reine Nadelholzbestände	↘	↘		±		±
Lücken	→	↗		+		
Stand Density Index (Bestandesdichte)	→	↘		-		-
Holzvorrat lebend	→	↘			-	
Bestandesalter	↗	→			+	
Deckungsgrad der Verjüngung	↗	↗				(+)
Verjüngungsart (Naturverjüngung vs. Pflanzung)	→	→				
Totholz	→	↘				

↗ Das betrachtete Szenario bewirkt einen Anstieg des Werts der Variable.

→ Beim betrachteten Szenario ist kein messbarer Einfluss auf die betrachtete Variable zu erwarten.

↘ Das betrachtete Szenario bewirkt einen Rückgang / eine Verminderung des Werts der Variable.

Grün = Veränderung für Biodiversität positiv, Rot = für Biodiversität negativ zu bewerten.

Wirkung der Variablen auf die kleinräumige Artenvielfalt der Gefäßpflanzen, Moose und Gehäuseschnecken.

+ Die Variable wirkt positiv auf die Artenvielfalt ($p < 0.01$)

- Die Variable wirkt negativ auf die Artenvielfalt ($p < 0.01$)

± Mittelwerte wirken anders als Extremwerte ($p < 0.01$)

(+) Positive Wirkung nur auf die Schneckenvielfalt ($p < 0.01$)

1 Auftrag

Das BAFU geht davon aus, dass eine nachhaltige Holznutzung und die Erhaltung und Erhöhung der Biodiversität grundsätzlich keinen Gegensatz darstellen. Dieser Standpunkt soll im Hinblick auf die Kohärenz der verschiedenen BAFU-Strategien (Überarbeitung des Waldprogramms Schweiz, Ressourcenpolitik Holz, Biodiversitätsstrategie) in einem Argumentarium mit wissenschaftlichen Daten abgesichert und verständlich gemacht werden.

Es sollen aber auch die Grenzen der Synergien zwischen Waldnutzung und Biodiversität ausgelotet und Erkenntnisse für die Leistungsvereinbarungen mit den Kantonen und die Biodiversitätsstrategie gewonnen werden.

Der vorliegende Bericht bildet das Ergebnis des entsprechenden Auftrages des BAFU.³

2 Waldnatur und Waldbiodiversität: Definitionen und Systemgrenzen

2.1 Wald, Waldfläche, Wirtschaftswald

Wald

Wald ist eine Pflanzenformation, die «im Wesentlichen aus Bäumen aufgebaut ist und eine so große Fläche bedeckt, dass sich darauf ein charakteristisches Wald-Klima entwickeln kann» (Burschel & Huss, 1999). Wir definieren in diesem Bericht den Wald so, wie dies das Landesforstinventar (LFI2, Brassel & Brändli, 1999) tut. Entscheidungsgrundlage zur Abgrenzung von Wald und Nichtwald sind die Kriterien Mindestbreite, minimaler Deckungsgrad und minimale Oberhöhe von mit Bäumen bestockten Flächen. Je nach Deckungsgrad muss eine Waldfläche nach dieser Definition mindestens 25 bis 50 m breit sein (Brassel & Brändli, 1999).

Aktuelle und potenzielle Waldfläche

Derzeit beträgt die *Waldfläche* in der Schweiz ca. 1'284'000 ha (LFI3; Brändli, 2010), also 31% der Landesfläche. Von Natur aus, d.h. ohne die grossen Rodungen seit der Römerzeit, wäre aber viel mehr Wald vorhanden. Die *waldfähige Fläche* beträgt in der Schweiz 2'996'000 ha (Brassel & Brändli, 1999), also rund 2.33 mal die tatsächlich bewaldete Fläche.

Urwald, Naturwald

Analog dem LFI2 (Brassel & Brändli, 1999) definieren wir:

- *Urwald*: Wald, dessen Standorte, Vegetation, Baumartenmischung und Aufbau seit je ausschliesslich durch natürliche Standorts- und Umweltfaktoren bedingt wurden, der also nie durch mittel- und unmittelbare menschliche Einflüsse (Holznutzung, Streuegewinnung, Beweidung) verändert worden ist.

³ Die Beauftragten danken Urs-Beat Brändli und Ueli Ulmer vom LFI und Niklaus Zbinden von der Schweizerischen Vogelwarte für ihre rasche und unkomplizierte Hilfe beim Zusammenstellen und Auswerten unveröffentlichter Daten sowie Fränzi Korner-Nievergelt von der Firma oikostat GmbH für die umfangreichen statistischen Analysen der BDM- und LFI-Daten.

- *Naturwald*: Wald, der nur so weit beeinflusst ist, dass sich Baumartenmischung und Bestandesstruktur innerhalb einer Baumgeneration – also während ca. 80 – 120 Jahren – in den ursprünglichen Zustand zurückentwickeln können.

In der Schweiz gibt es nach dieser Definition praktisch keine Urwälder mehr; nur noch ein paar urwaldähnliche Restbestände, die aber wahrscheinlich im Mittelalter auch teilweise genutzt oder beweidet worden sind: Bödmerenwald SZ, Scatlé GR und Derborence VS.

Wirtschaftswald – nicht bewirtschafteter Wald

Als *Wirtschaftswald* bezeichnen wir – unabhängig von Eigentumsverhältnissen und Waldplanung – einen Bestand, in dem innerhalb der zurückliegenden 50 Jahre (vom Aufnahmezeitpunkt des LFI3 gerechnet) forstliche Nutzungs- oder Pflegeeingriffe, Pflanzungen oder Aufforstungen vorgenommen wurden. Der so definierte Wirtschaftswald macht nach LFI3 rund 888'000 ha aus, wobei der Gebüschwald nicht betrachtet wurde (WSL, 2010). Als *nicht bewirtschafteten Wald* definieren wir komplementär dazu alle Bestände, in denen die oben genannten forstlichen Eingriffe, falls je erfolgt, schon mehr als 50 Jahre zurückliegen. An einigen Stellen in diesem Bericht wird zudem eine strengere Definition für nicht bewirtschafteten Wald verwendet, indem die Abwesenheit forstlicher Eingriffe seit mindestens 100 Jahren verlangt wird.

Flächenangaben zum Wald in der Schweiz,
Daten aus dem LFI (Brassel & Brändli, 1999;
WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub- montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpen- südseite
waldfähige Fläche (1000 ha)	2'996	–	–	–	458	860	581	873	225
Waldfläche 2004-2007 (1000 ha)	1'284	320	573	391	203	232	228	436	184
Wirtschaftswald, Fläche 2004-2007 (1000 ha)	888	270	443	176	187	223	188	237	53

Waldwildnis

Als faktische *Waldwildnis* bezeichnen wir Waldstandorte, die entweder seit mindestens 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet wurden, im Gebüschwald oder im nicht zugänglichen Wald liegen und die mindestens 500 m Abstand zur nächsten Waldstrasse haben und nicht beweidet werden. Dies entspricht der Definition des Biodiversitätsmonitorings Schweiz BDM für den Indikator E3⁴. Die Waldwildnis ist somit eine Teilmenge des nicht bewirtschafteten Waldes. Sie darf nicht mit dem Naturwald verwechselt werden, der durchaus gut erschlossen sein kann (siehe auch 2.3).

Derzeit können rund 14% des Waldes in der Schweiz als Waldwildnis bezeichnet werden (siehe Tabelle). Dies entspricht knapp 6% der waldfähigen Fläche der Schweiz. Über die Hälfte der Waldwildnis liegt in der subalpinen Stufe. Im Mittelland und im Jura gibt es keine bedeutenden Waldwildnisflächen.

In den letzten Jahren hat die Waldwildnis im Alpenraum massiv zugenommen.

⁴ Definition aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e3.php)

Waldwildnis (nach BDM-Definition), Daten
aus dem LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub- montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpen- südseite
Stand 2004-2007 (1000 ha)	166	11	40	115	<1	<1	11	80	75
Veränderung 1983-1985 → 2004-2007 (%)	31	40	14	38	–	–	29	27	39
Veränderung 1993-1995 → 2004-2007 (%)	25	22	10	31	–	–	24	37	14
Veränderung 1983-1985 → 1993-1995 (%)	5	15	3	5	–	–	5	-7	21

2.2 Biodiversität

Allgemeine Definition Biodiversität

Unter der biologischen Vielfalt oder Biodiversität versteht man zunächst einmal die Anzahl aller Arten in einem bestimmten Gebiet: Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen. Dazu zählt aber auch ihre genetische Variabilität, denn kein einziges Lebewesen ist genau gleich wie ein anderes. Schliesslich gehört zur Biodiversität noch die Vielzahl der Gemeinschaften, in denen sich die Lebewesen zusammengefunden haben⁵. In diesem Bericht behandeln wir fast ausschliesslich die Vielfalt der Arten, weil wir zu den anderen Biodiversitätskomponenten kaum geeignetes Datenmaterial besitzen, und weil die Vielfalt der Arten auch im Zentrum steht, wenn es um die Förderung der Waldbiodiversität in der Schweiz geht⁶.

Biodiversität ist nicht gleich Natürlichkeit

Der Wert naturüberlassener Flächen liegt in den ungestörten Prozessen und nicht unbedingt in einer überdurchschnittlich hohen Artenvielfalt. Sie entwickeln sich nach ihren eigenen Gesetzmässigkeiten und bieten spezialisierten Arten einen Lebensraum. Die ungestörte Entwicklung führt zu naturnahen, nachhaltigen Zuständen. Naturnahe Waldbestände und auch Urwälder sind zwar phasenweise recht arm an Arten, aber es gibt spezialisierte Organismen, die auf naturnahe, während Jahrhunderten ungestörte Waldstandorte mit viel Alt- und Totholz angewiesen sind (siehe dazu auch Kapitel 5 dieses Berichtes).

Biodiversität ist nicht gleich Nachhaltigkeit

Nachhaltig genutzte Wälder sind genauso wenig zwingend artenreich wie Urwälder oder naturnahe Wälder. Umgekehrt haben gerade die nicht nachhaltigen «Austragungen» in den vergangenen Jahrhunderten zu sehr artenreichen Waldbeständen geführt (Schiess & Schiess-Bühler, 1997; Kapitel 3). Wälder, in denen fast alle einheimischen Arten durch invasive Neophyten verdrängt worden sind, können unter Umständen durchaus gleichwertige oder gar bessere Ökosystemdienstleistungen erbringen wie die vorher vorhandenen naturnahen Wälder (Marris, 2009).

Wertvolle Biodiversität im Wald

Zur Beurteilung des Einflusses der Holznutzung auf die Waldbiodiversität können nicht einfach die Arten im Wirtschaftswald gezählt werden. Es gelten vielmehr die folgenden Prioritäten:

- Arten, die auf den Lebensraum Wald zwingend angewiesen (*stark waldbundene Arten*) sind, haben Priorität vor den anderen Arten.

⁵ Definition aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/wissen/definition.php)

⁶ Siehe dazu z.B. die Antwort des Bundesrates vom 19.08.2009 Interpellation E. von Siebenthal, Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau und Biodiversitätsstrategie des Bafu.

- Arten, die hauptsächlich den Lebensraum Wald bewohnen (*stark und schwach waldgebundene Arten*), haben Priorität vor Arten, die den Wald nicht brauchen oder sogar meiden⁷.
- In ihrem (gesamten, weltweiten) Bestand *gefährdete Arten* haben Priorität vor Arten, die nicht gefährdet sind.
- Alteingesessene (*vor 1500 n. Chr. eingewanderte*) Arten haben Priorität vor neu eingewanderten Arten.

2.3 Die Aufgabe der Holznutzung zur Förderung der Waldbiodiversität

Zur Erhaltung und Förderung der Waldbiodiversität gemäss den oben aufgelisteten Prioritäten braucht es folgende Elemente:

- Einen angemessenen Anteil von sich selbst überlassenen Naturwäldern und von Waldwildnis (derzeit⁸ in der Schweiz rechtlich gesichert: rund 380 Reservate mit insgesamt rund 16'000 ha Naturwaldfläche). Wenn Naturwälder genügend gross und gut über die verschiedenen Landschaften der Schweiz verteilt wären, könnten sie das Überleben der meisten stark waldgebundenen Arten sichern und gleichzeitig ein Reservoir zur vorübergehenden Besiedlung von geeigneten Altersstadien im Wirtschaftswald bilden.
- Förderflächen (gezielt für Biodiversitätsziele gemanagte Waldflächen) zur Förderung von Arten, die weder im Naturwald, noch im Wirtschaftswald überleben können.
- Einen Wirtschaftswald, der nach den Grundsätzen des naturnahen Waldbaus bewirtschaftet wird und so einen möglichst hohen Artenreichtum als Koppelprodukt erzeugt. Im Zweifelsfall gelten dabei die unter 2.2 aufgelisteten Prioritäten.
- Zusatzmassnahmen für einzelne wichtige Arten, die trotz der oben genannten Massnahmen in Schwierigkeiten geraten (etwa weil sie sehr grosse Raumansprüche stellen), oder die eine grosse volkswirtschaftliche Bedeutung haben (z.B. Huftiere).

Die Wirtschaftswälder müssen also nicht allen Arten des Waldes das Überleben sicherstellen. Je mehr Arten aber innerhalb der Wirtschaftswälder leben und je grösser ihre Bestände hier sind, desto weniger Aufwand ist für Förderflächen und gezielte Artenschutzprogramme nötig. So braucht beispielsweise der Schwarzspecht in der Schweiz (im Gegensatz zu anderen Ländern Europas) keine gezielten Artenschutzmassnahmen, weil er dank der Zunahme von potenziellen Höhlenbäumen im Wirtschaftswald weit verbreitet ist. Andererseits kann das Auerhuhn nach der Überführung einst übernutzter Bergwälder in geschlossenen Wirtschaftswald ohne gezielte Fördermassnahmen kaum überleben.

2.4 Wahl der Indikatoren zur Beurteilung der Waldbiodiversität im Wirtschaftswald

Die Wahl der in diesem Bericht verwendeten Indikatoren ist entscheidend davon geprägt, welche Daten mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung stehen:

- stellvertretend für Biodiversität im Wirtschaftswald;
- repräsentativ für die ganze Schweiz oder ganze Teile der Schweiz;
- aktuelle zeitliche Veränderungen gut dokumentiert;
- Daten publiziert oder Rohdaten einfach verfügbar.

⁷ Der Wirtschaftswald soll nicht das Überleben von nicht ökosystemtypischen Arten sichern müssen. Für den Erhalt der walduntypischen Arten sind andere Nutzungen, (z.B. Landwirtschaft, Wasserbau, Naturschutz) verantwortlich.

⁸ Angabe von Markus Bolliger, BAFU, 25. Februar 2008: die Zahlen gelten für 2007 und sind unvollständig.

Repräsentative Daten über die Biodiversität selbst und ihre aktuelle Veränderung im schweizerischen Wirtschaftswald gibt es fast nur vom Biodiversitätsmonitoring Schweiz (Gefässpflanzen, Moose, Schnecken) und von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Daten über biodiversitätsrelevante Waldstrukturmerkmale gibt es aus dem Landesforstinventar.

Aus diesen vorhandenen Daten lassen sich zwar wichtige Erkenntnisse über die Biodiversität des Wirtschaftswaldes in der Schweiz und seine Entwicklung ablesen, aber es fehlen leider repräsentative Datensätze zu stark waldbundenen Artengruppen wie holzbewohnenden Insekten oder Pilzen. Möglicherweise ergäbe sich bei Berücksichtigung dieser Gruppen eine positivere Bewertung alter und dunkler Waldbestände⁹.

⁹ Die meisten Berteilungen der Waldbiodiversität stützen sich traditionell hauptsächlich auf Gefässpflanzen, die als autochthone Organismen auf Licht angewiesen sind und daher in dunklen Waldbeständen schwierigere Lebensbedingungen vorfinden als andere Taxa, die keine Probleme mit dem Lichtmangel haben, dafür aber von ausgeglichenen Mikroklima und von der akkumulierten Biomasse in alten, dunklen Waldbeständen profitieren könnten.

3 Kurzer Abriss der historischen Entwicklung

3.1 Zustand um 1850

Waldfläche

Verglichen mit den Verhältnissen im Mittelalter hatte die Waldfläche in der Schweiz eine weitere Abnahme erfahren und den tiefsten Stand seit der nach-eiszeitlichen Wiederbewaldung erreicht: rund 722'000 ha¹⁰. 75% der einstigen Waldfläche waren damit verschwunden. Die Gebirgswälder wurden flächig beweidet, vor allem mit Ziegen, welche aufkeimende Waldverjüngung abrassen und so zerstörten. Zudem sei erwähnt, dass in den tiefen Lagen ab 1500 n. Chr. temporäre, meist kleinflächige Rodungen im Innern von Waldkomplexen zwecks vorübergehender landwirtschaftlicher Nutzung weit verbreitet waren.

Holzvorrat und Waldnutzungen

Bedingt durch Bevölkerungswachstum und steigenden Energiebedarf vor allem der Städte für Koch- und Heizzwecke, Erzverhüttung sowie Glasherstellung nahm die Holznutzung bereits im Laufe des 18. Jahrhunderts stark zu. Neu wurden auch abgelegene Wälder in den Voralpen und in den Alpen stark forstlich genutzt. Eine weitere Neuerung stellte die Kahlschlagwirtschaft mit grossflächigen Nutzungen und anschliessenden Saaten oder Pflanzungen von Nadelhölzern dar (v.a. Föhre, Lärche, Fichte). Gepflanzt wurden auch Laubhölzer, insbesondere Buchen.

Die Wälder waren um 1850 grossflächig übernutzt. Die durchschnittlichen Holzvorräte dürften zu dieser Zeit in weiten Teilen der Schweiz unter 100 Kubikmeter pro Hektare betragen haben.

Kahlschläge in steilen Gebirgsgegenden und die Beschädigung der Flussufer¹¹ als Folge des Triftens trugen zu Hochwasserkatastrophen mit Überschwemmungen und Übermurungen bei. Dies wiederum war der Auslöser dafür, dass die Oberaufsicht über die Wasserbau- und Forstpolizei in die Bundesverfassung aufgenommen wurden und 1876 das erste Bundesgesetz über die Forstpolizei im Hochgebirge Rechtskraft erlangte. Zudem wurde an der ETH in Zürich das Forststudium angeboten und zahlreiche Kantone begannen, staatliche Forstdienste zu etablieren, um für eine nachhaltige Waldnutzung zu sorgen. Aufforstungen sollten gefördert, schädliche Waldnutzungen abgelöst und die Fließgewässer verbaut werden.

Waldbild und Waldstruktur

Um 1850 war die Kahlschlagwirtschaft generell verbreitet. Niederwälder und später auch Mittelwälder wurden sukzessive in Hochwald umgewandelt. Die Kahlschlagwirtschaft sorgte dafür, dass ab 1850 nach und nach gleichaltrige Nadelwaldbestände das Waldbild zu prägen begannen. Der Übergang vom Offenland zum Wald war in der traditionellen Kulturlandschaft fließend. Verbuschtes, mehr oder weniger dicht bestocktes Land war häufig, vor allem im beweideten Allmendwald. Es dominierten junge, lichte und vorratsarme

¹⁰

Quelle: www.waldwissen.net/themen/wald_gesellschaft/forstgeschichte/wsl_eisenbahn_DE; 23.2.2010.

¹¹

Es resultierten Ufererosion und Hangrutsche, so dass die Fließgewässer bei Hochwasser riesige Geschiebemengen mit sich führten.

Bestände. In den Voralpen und Alpen wiesen viele Waldflächen Bodenerosion auf.

Wald-Biodiversität

Im Verlauf des Mittelalters verschwanden die grossen Herbivoren Elch, Wildpferd, Ur und Wisent. Bis 1850 wurden dann mit Reh, Rothirsch und Wildschwein auch die restlichen waldbewohnenden Huftiere weitgehend ausgerottet. Gleichzeitig nahm der Bestand an Haustieren, vor allem Ziegen als «Kuh des armen Mannes», laufend zu. Die Abnahme der wilden Huftierarten und die Zunahme der Haustiere dürften die schweizerischen Waldbilder stark beeinflusst haben.

Waldrodung und Waldnutzung haben seit Beginn des Mittelalters zweifellos zu Umwälzungen der Artenvielfalt geführt. Als Folge der «Austragungen» (Entnahme von Biomasse und Nährstoffen ohne Ausgleich durch Düngung und Energiezufuhr), entstanden im übrig gebliebenen Wald günstige Lebensbedingungen für lichtliebende, magerkeits-, trockenheits- und verbissstolerante und anderweitig an steppenartige Verhältnisse angepasste Arten, die in der Folge stark zunahmen oder neu einwanderten. Insekten und andere Kleintiere dürften von den lichten und halboffenen Waldbeständen sowie vom hohen Struktur-reichtum begünstigt gewesen sein (Schiess & Schiess-Bühler, 1997).

Andererseits verloren spezialisierte Waldarten den angestammten Lebensraum. Die ursprünglichen, eher an schattige, gleichmässig feuchte, ausgeglichene Bedingungen angepassten Arten bekamen Schwierigkeiten, ganz besonders auch verbissempfindliche Pflanzen. Ein bekanntes, typisches Beispiel für solche Arten ist die Eibe. Letzter Lebensraum für Totholzbewohner waren vermutlich abgestorbene Einzeläste grosser Bäume und die alten Strünke der Niederwald-Bäume (z.B. der Hagebuche). Dies lässt sich aus den Informationen zur Waldnutzung und -struktur indirekt schliessen; eine Dokumentation der bis 1850 aus dem schweizerischen Wald verschwundenen Insekten-, Moos- oder Pilzarten gibt es jedoch nicht.

3.2 Zustand um 1900 n. Chr.

Waldfläche, Holzvorrat und Waldnutzungen

Die Waldfläche hatte verglichen mit dem Zustand um 1850 um ca. 10% zugenommen¹², wobei – im Einzugsgebiet von Wildbächen in den Voralpen – Aufforstungen von ehemaligem Weideland der Hauptgrund waren. Viel Waldfläche hat sich natürlich wiederbewaldet, nachdem der vielfältige Nutzungsdruck auf den Wald wegen Eisenbahnbau und Industrialisierung nachgelassen hatte.

Die Wälder waren generell vorratsarm, obschon die Übernutzung gestoppt werden konnte. In den meisten Teilen der Schweiz dürften die durchschnittlichen Holzvorräte zu dieser Zeit zwischen 100 und 150 Kubikmetern pro Hektare betragen haben. Der Trend zur Überführung und Umwandlung von Stockaus-schlagwäldern in Hochwald hielt an. Zudem war die Bewirtschaftung im Niederwaldbetrieb praktisch nicht mehr existent.

In den tiefen und mittleren Lagen der Alpennordseite spielte auch die Waldweide keine grosse Rolle mehr. Dies muss im Zusammenhang mit der Einführung der Sommer-Stallfütterung gesehen werden, welche eine der zentralen Errungen-

¹²

schaften der Agrarmodernisierung im 19. Jahrhundert darstellte¹³. In den Gebirgskantonen Wallis, Tessin und Graubünden war hingegen die Waldweide – v.a. mit Ziegen – noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts verbreitet.

Waldbild und Waldstruktur

Um 1900 dominierten Jungwaldbestände. Darunter fand sich ein namhafter Anteil Nadelholzkulturen. Die Strukturvielfalt und der Anteil lichter Wälder haben im Vergleich zu 1850 bereits merklich abgenommen. Die Auspflanzung von Blössen und Aufforstungen von ehemaligen Weiden trugen zu dieser Entwicklung bei.

Wald-Biodiversität

Mit der Überführung zu Hochwäldern verschwanden zahlreiche lichtbedürftige und trockenheitstolerante Arten, die von den Austragungsnutzungen profitiert hatten (Schiess & Schiess-Bühler, 1997). Die früher zurückgedrängten, anspruchsvolleren Waldarten¹⁴, haben vermutlich bis 1900 nur wenig profitiert, denn günstigere Verhältnisse entstanden erst allmählich und viele dieser Arten waren vermutlich kleinräumig bereits verschwunden und konnten sich daher nicht rasch ausbreiten. Die neu entstandenen gleichaltrigen Nadelholzbestände im Tiefland bilden zudem bezüglich Biodiversität keinen adäquaten Ersatz für alte Laubwälder. Wir nehmen daher an, dass um 1900 ein Tiefstand der Wald-Biodiversität in der Schweiz erreicht war.

3.3 Zustand um 2010 n. Chr.

Waldfläche

Seit 1842/43¹⁵ hat die Waldfläche in der Schweiz um ca. 50% zugenommen. Allein in den 11 Jahren zwischen LFI 2 und LFI 3 betrug die Waldflächenzunahme 4,9%. Diese jüngste Waldflächenzunahme um 4,9% hat grösstenteils in den Regionen Alpen und Alpensüdseite stattgefunden, indem dort die Waldfläche um 9% bzw. um 10% zunahm. Demgegenüber blieb die Waldfläche im Mittelland unverändert und im Jura sowie in den Voralpen dehnte sich der Wald um 0,9 bzw. 2,2% aus. Bei der jüngsten Waldzunahme sind steile und flachgründige Standorte überproportional vertreten.

Holzvorrat und Waldnutzungen

Der durchschnittliche Holzvorrat pro Hektare hat sich seit 1900 im Schweizer Wald gut verdreifacht – er liegt gemäss LFI 3 bei 359m³/ha. 69% des Vorrats entfallen auf Nadelhölzer und 31% auf Laubhölzer. Mit einem Anteil von rund 18% am gesamten Vorrat ist die Buche die am stärksten vertretene Laubbaumart. Generell legte das Laubholz bei den Vorratsanteilen zu während beim Nadelholz ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist. Dies lässt sich in erster Linie mit den Schäden des Sturms Lothar und den darauf folgenden Borkenkäferkalamitäten sowie den Mehrnutzungen ab Mitte des letzten Jahrzehnts erklären. In der Periode LFI 2 – LFI 3 übertraf der Holzzuwachs die genutzte und

¹³ Christian Pfister, 1984: Bevölkerung, Klima und Agrarmodernisierung in der Schweiz, Bern.

¹⁴ Arten, die ein ausgeglichenes Mikroklima, alte Bestände oder viel totes Holz brauchen.

¹⁵ Eidgenössisches Departement des Innern, 1855: Statistische Übersicht über den Boden der Schweiz, seine

Bebauungsarten und Haupterzeugnisse, Beiträge zur Statistik der Schweiz, III. Theil, Bern.

abgestorbene Holzmenge um 10%. Weiter fällt bezüglich der Nutzungen auf, dass noch ca. 12% der Waldfläche beweidet wird. Im Vordergrund stehen bestockte Rinderweiden in den Voralpen und in den Alpen. Schliesslich stellt der Ersatz des alten Erschliessungssystems mit Schlittenwegen, Holzschleipen und anderem durch Walderschliessung mittels Waldstrassen eine erhebliche Veränderung gegenüber dem Zustand um 1900 dar.

Waldbild und Waldstruktur

Praktisch der gesamte Schweizer Wald wird heute als Hochwald bewirtschaftet. Es dominieren gleichförmige und einschichtige Bestände. Der Lichteinfall in die Waldbestände und auf den Waldboden hat in den letzten 100 Jahren stark abgenommen. Dies lässt sich einerseits mit dem Vorratzzuwachs erklären und andererseits auch mit dem Vormarsch der Schattenbaumarten (Buche, Fichte, Tanne) zu Lasten von Lichtbaumarten mit lichtdurchlässigen Kronen (Föhre, Lärche, Birke, Pappel und anderen). Ebenfalls festzuhalten ist, dass besonders in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts der Nadelholzanteil zu Lasten des Laubholzanteils zugenommen hat.

Wald-Biodiversität

Daten zur aktuellen Wald-Biodiversität sind im nächsten Kapitel zusammengestellt. Die Veränderungen im Verlauf des 20. Jahrhunderts können so zusammengefasst werden:

- Starker Rückgang von Arten mit schwacher Waldbindung (ursprünglich aus dem Wald-Offenland-Übergangsbereich), z.B. Auerhuhn, Ziegenmelker, Aspiviper, div. Tagfalterarten, gewisse¹⁶ Orchideen.
- Zunahme von Arten mit starker Waldbindung und mit Abhängigkeit von Totholz (z.B. Schwarzspecht, Dreizehenspecht, Raufusskauz, diverse nicht dokumentierte Fälle von Kleintieren, Pflanzen und Pilzen).
- Rückgang von Arten, die sich auf nährstoffarmen Standorten behaupten können (z.B. Maiglöckchen, Schattenblume, Kreuzdorn, Schatten-Segge, Berg-Platterbse) und Zunahme von Arten mit hohen Ansprüchen an die Stickstoffversorgung (z.B. Esche, Knoblauchhederich, Brombeere).
- Starke Zunahme der Huftierbestände (Reh, Rothirsch, Wildschwein, Gämse).
- Rückkehr der Raubtiere (Luchs, Wolf, Wildkatze).
- (Vermutlich): Vergröberung und Vereinheitlichung der räumlichen Arten-Vielfaltmuster in Gebirge.

Die teils geringe Nutzung der Schweizer Wälder ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts führten zu immer dunkleren Wäldern und einen Rückgang der lichtbedürftigen Arten. Dieser Rückgang ist wahrscheinlich infolge der grossen Sturmschäden in den letzten Jahren gemildert worden. Ähnliche Wirkung kann der Übergang von kleineren zu grösseren Hiebsflächen haben.

4 Aktueller Zustand und Trend der Biodiversität im Wirtschaftswald

4.1 Fokus auf den Wirtschaftswald

Die in diesem Kapitel dargestellten Fakten gelten für den Wirtschaftswald, also für Waldbestände, in denen innerhalb der letzten 50 Jahre forstliche Eingriffe stattgefunden haben. Im Vergleich zu publizierten Daten aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz oder dem Landesforstinventar können sich deshalb Abweichungen ergeben. Dies besonders in den Alpen und auf der Alpensüdseite, wo ein erheblicher Teil des Waldes schon seit Jahrzehnten nicht mehr bewirtschaftet wird.

4.2 Biodiversität kleinräumig

4.2.1 Aktueller Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken

Durchschnittlich können im schweizerischen Wirtschaftswald rund 13 verschiedene Gefässpflanzen, gut 4 Moosarten und 0.6 Schneckenarten auf 10 m² gefunden werden, die zwingend auf den Wald als Lebensraum angewiesen sind. Die Unterschiede in den verschiedenen Höhenstufen sind bei diesen Waldspezialisten nur gering.

Bei den weniger stark oder überhaupt nicht an den Wald gebundenen Arten zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Höhenstufen: in der kollinen Stufe kommen bei den Gefässpflanzen etwa 46%, in der subalpinen Stufe dagegen etwa 112% solche Arten hinzu. Die subalpinen Wirtschaftswälder sind daher auf kleinem Raum viel artenreicher als die Wirtschaftswälder der Tieflagen. Bei den Moosen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Gefässpflanzen. Allerdings findet sich unter den Moosen im Wald mit 30% ein geringerer Anteil an stark waldgebundenen Arten als bei den Gefässpflanzen (59%).

Der Anteil an überhaupt nicht an den Wald gebundenen Arten ist im schweizerischen Wirtschaftswald bei den Schnecken viel kleiner als bei den Gefässpflanzen und Moosen. In der subalpinen Stufe werden im Mittel deutlich weniger nur schwach an den Wald gebundene Schneckenarten gefunden als in den tieferen Lagen.

Kommentar:

- **Eventuell ist die Seltenheit der stark waldgebundenen Schneckenarten eine Spätfolge der Intensivnutzungen der letzten Jahrhunderte oder die Spezialisten unter den Schnecken erreichen als schlechte Ausbreiter die naturwaldähnlichen älteren Stadien des Wirtschaftswaldes nicht rechtzeitig.**
- **Bei Gefässpflanzen und Moosen kann die grosse Artenvielfalt im Wirtschaftswald des Gebirges mit dem Vorkommen von nicht waldgebundenen Arten erklärt werden, die in Wirtschaftswald des Tieflandes eher fehlen.**
- **Der Artenreichtum der Schnecken nimmt generell mit zunehmender Höhe ab; es erstaunt somit nicht, dass dies auch im Wirtschaftswald der Fall ist.**

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Mittlere Zahl verschiedener Arten auf 10 m² 2005-2009¹⁷, Daten aus dem BDM	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin
Gefässpflanzen: alle Arten	20.9	16.4	19.1	29.0
Gefässpflanzen: stark und schwach waldgeb. Arten	16.3	12.7	15.4	21.4
Gefässpflanzen: stark waldgebundene Arten	12.3	10.5	12.2	13.7
Moose: alle Arten	15.4	9.8	14.1	22.3
Moose: stark und schwach waldgebundene Arten	8.0	5.3	7.7	10.1
Moose: stark waldgebundene Arten	4.6	3.6	4.9	4.5
Gehäuseschnecken: alle Arten	9.9	11.4	10.6	7.0
Gehäuseschnecken: stark und schwach waldg. A.	7.8	9.0	8.4	5.4
Gehäuseschnecken: stark waldgebundene Arten	0.6	0.6	0.6	0.4

4.2.2 Aktueller Trend beim Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken

Der kleinräumige Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken nimmt im schweizerischen Wirtschaftswald derzeit gesamthaft zu. Die Zunahme ist besonders bei den Moosen und generell in der montanen Stufe deutlich.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Veränderung der Mittleren Zahl verschiedener Arten auf 10 m² 2001-2009¹⁸, Daten aus dem BDM	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin
Index ¹⁹ : alle Arten	(↗)	(↗)	↗	(↗)
Index: stark und schwach waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Index: stark waldgebundene Arten	↗	(↗)	↗	(↗)
Gefässpflanzen: alle Arten	→	→	→	→
Gefässpflanzen: stark und schwach waldg. Arten	↗	→	↗	↗
Gefässpflanzen: stark waldgebundene Arten	↗	→	(↗)	(↗)
Moose: alle Arten	↗	(↗)	↗	↗
Moose: stark und schwach waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Moose: stark waldgebundene Arten	↗	↗	↗	↗
Gehäuseschnecken: alle Arten	(↗)	→	(↗)	→
Gehäuseschnecken: stark und schwach waldg. A.	↗	→	↗	→
Gehäuseschnecken: stark waldgebundene Arten	→	→	→	→

↗ = hochsignifikante Zunahme (p < 0.01) (↗) = signifikante Zunahme (p < 0.05) → = keine Veränderung nachweisbar
↘ = hochsignifikante Abnahme (p < 0.01) (↘) = signifikante Abnahme (p < 0.05)

Der kleinräumige Artenreichtum der Gefässpflanzen zeigt keinen erkennbaren Trend. Wenn nur die an den Wald gebundenen Arten betrachtet werden, so zeigt sich gesamtschweizerisch eine Zunahme in den bewirtschafteten Wäldern, die durch die Veränderungen im Berggebiet geprägt wird. In der kollinen und sub-montanen Stufe dagegen erscheint die Situation stabil.

Die Moose zeigen in allen Höhenstufen und sowohl bei den stark an den Wald gebundenen als auch bei den übrigen Arten eine deutliche Zunahme des kleinräumigen Artenreichtums.

¹⁷ Für die Gehäuseschnecken gilt der Zeitraum 2004-2008.

¹⁸ Für die Gehäuseschnecken gilt der Zeitraum 2001-2008.

¹⁹ Der Index gewichtet den Artenreichtum jeder der drei Gruppen (Gefässpflanzen, Moose, Schnecken) gleich und gilt für den Zeitraum 2004 – 2008.

Genau umgekehrt wie bei den Gefässpflanzen ist bei den Schnecken die mittlere Zahl von stark an den Wald gebundenen Arten stabil. Dafür zeigt sich bei der Gesamtzahl aller Arten eine Zunahme, die ihren Ursprung hauptsächlich in der montanen Stufe hat.

Kommentar:

- **Die Gründe für die Zunahme können nicht einzeln genannt werden; sie dürfte das kumulative Resultat von verschiedenen Veränderungen im Wirtschaftswald sein.**
- **Es fällt auf, dass die Zunahme im Gebirge (besonders in der montanen Stufe) ausgeprägter ist als im Tiefland, wo einzig die Moosvielfalt zunimmt.**
- **Die weniger dynamische Situation bei den Schnecken hat vielleicht damit zu tun, dass diese Gruppe aus schlechten Besiedlern besteht und daher eher verzögert auf Veränderungen im Wirtschaftswald reagiert.**

4.2.3 Baum-Artenzahl

Die Zahl der verschiedenen Baum-Arten auf einer Waldfläche ist selbst schon ein Mass für die Biodiversität. Indirekt bewirkt eine Vielfalt verschiedener Baumarten auch eine Vielfalt verschiedener anderer Arten. Dies zum Einen, weil es auf Baumarten spezialisierte Pflanzenfresser, Symbionten und Reduzenten gibt, zum Andern aber auch, weil verschiedene Baumarten zu unterschiedlichen physikalischen Lebensraumstrukturen (Licht, Bodenfeuchtigkeit, Luftfeuchtigkeit etc.) führen (siehe Strukturmerkmale, 4.4.3).

Die Werte liegen in der Schweiz durchschnittlich bei 2.3 Baumarten auf zwei Aren, wobei in der subalpinen Stufe deutlich tiefere Zahlen resultieren. In den Bergen entsprechen die Mittelwerte ungefähr jenen aus den seit mindestens 100 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wäldern während sie in der kollinen und submontanen Stufe etwas tiefer liegen (3.0 bei Wäldern mit mindestens 100 Jahren seit dem letzten forstlichen Eingriff; Brändli, 2010).

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Mittlere Zahl verschiedener Gehölzarten (BHD ≥ 12 cm) auf zwei Aren, Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	kollin/sub montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2006	2.3	2.6	2.4	1.6	2.6	2.4	2.3	2.0	2.2
Stand 1983-1985	2.3	2.6	2.4	1.5	2.6	2.5	2.3	1.8	1.9

Die Veränderungen sind im Verlauf der beiden letzten Jahrzehnte unbedeutend; einzig in den Alpen und auf der Alpensüdseite vergrösserte sich die Zahl etwas.

Kommentar:

- **Die Unterschiede in den Höhenlagen sind auf die natürlicherweise geringe Baumartenvielfalt im Hochgebirge zurückzuführen (Brändli, 2010).**
- **Veränderungen der hier dargestellten Baum-Artenzahl verlaufen naturgemäss sehr langsam (da nur grössere Bäume berücksichtigt werden); es wäre daher nur bei sehr starken Veränderungen der Waldwirtschaft mir deutlichen Veränderungen innert des betrachteten Zeitraumes zu rechnen.**

4.3 Biodiversität grossräumig

4.3.1 Unterschiedliche Artengarnituren in verschiedenen Wäldern

Kleinräumig können nicht beliebig viele Arten am gleichen Standort vorkommen. Wenn aber in einem grösseren Raum die Lebensräume so unterschiedlich sind, dass an verschiedenen Orten verschiedene Arten günstige Bedingungen vorfinden, kann in diesem Raum eine viel grössere Zahl verschiedener Arten vorkommen, als auf kleiner Fläche.

Man kann nun vergleichen, wie verschieden die Artengarnituren an verschiedenen Waldstandorten der Schweiz sind. Werden zwei beliebige 10 m²-Waldflächen im schweizerischen Wirtschaftswald verglichen, so kommen im Durchschnitt 74% der Gefässpflanzenarten nur auf der artenärmeren Fläche vor. 26% der Gefässpflanzenarten der artenärmeren Fläche sind hingegen auf beiden Flächen zu finden.

Die Wirtschaftswälder der Schweiz zeigen in der kollinen Stufe vielfältigere Gefässpflanzen-Artengarnituren als in den höheren Lagen. Bei den stark waldgebundenen Arten ist dieser Unterschied am ausgeprägtesten. Es zeichnet sich ein schwacher Trend zur Vereinheitlichung ab, besonders in der subalpinen Stufe.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Differenzierung der Gefässpflanzen-Artengarnituren auf 10 m ² (Simpson-Index), Daten aus dem BDM	alle Arten					stark/schwach waldgeb. Arten					stark waldgebundene Arten			
	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin
2001-2005	74	74	69	70		75	75	69	70		72	74	67	63
2002-2006	74	73	69	70		75	73	69	69		72	71	67	62
2003-2007	74	72	68	70		74	73	68	68		71	71	66	62
2004-2008	74	72	68	69		74	72	68	68		71	70	66	62
2005-2009	74	72	69	69		74	72	68	67		71	70	66	61

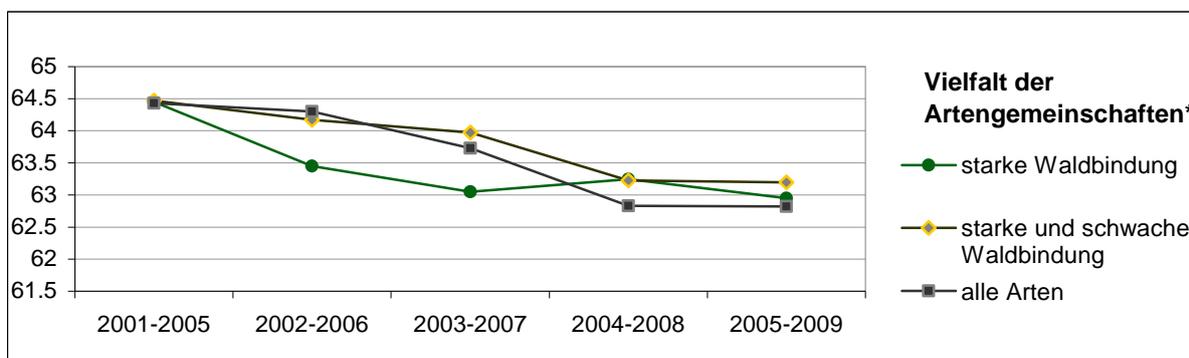
Auch bei den Moosen sind die Unterschiede zwischen den Höhenstufen bei den stark waldgebundenen Arten grösser als bei den übrigen Arten. Anders als bei den Gefässpflanzen zeigen sich aber die Moosgesellschaften der stark waldgebundenen Arten im Gebirge besonders vielfältig. Ein Trend zur Vereinheitlichung zeichnet sich auch bei den Moosen hauptsächlich in der subalpinen Stufe ab.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Differenzierung der Moos-Artengarnituren auf 10 m ² (Simpson-Index), Daten aus dem BDM	alle Arten					stark/schwach waldgeb. Arten					stark waldgebundene Arten			
	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin
2001-2005	68	68	66	63		67	61	62	67		56	52	50	64
2002-2006	67	66	64	61		66	62	61	66		55	48	49	62
2003-2007	66	67	63	60		66	65	60	64		55	52	47	62
2004-2008	65	68	62	60		65	64	60	64		55	51	48	63
2005-2009	65	67	62	58		65	65	60	63		55	53	47	61

Bei den Gehäuseschnecken finden sich im Gebirge verschiedenartigere Artengemeinschaften als in den tiefen Lagen. Über zeitliche Entwicklungen lässt sich noch nichts aussagen.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Differenzierung der Gehäuseschnecken-Artengarnituren auf 10 m ² (Simpson-Index), Daten aus dem BDM	alle Arten					stark/schwach waldbgeb. Arten					stark waldbgebundene Arten				
	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin		Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	
2001-2005	51	44	48	52		52	43	51	54		-	-	-	-	
2002-2006	52	46	50	53		52	44	51	55		-	-	-	-	
2003-2007	52	47	50	53		53	46	51	55		-	-	-	-	
2004-2008	50	47	48	50		51	46	49	54		-	-	-	-	

Die gesamte zeitliche Entwicklung für alle drei taxonomischen Gruppen deutet auf eine Vereinheitlichung hin, doch ist es noch zu früh für eine klare oder gar differenzierte Aussage.



*) Mittelwert des Simpson-Index für Gefässpflanzen, Moose und Schnecken. Arten mit starker Waldbindung und Periode 2005-2009 ohne Schnecken.

Kommentar:

- **Dass die Waldgesellschaften im Tiefland verschiedenartiger sind als im Gebirge entspricht auch dem natürlichen Potenzial; es gibt mit zunehmender Höhe weniger verschiedene Pflanzenarten, weniger verschiedene natürliche Waldgesellschaften und somit weniger Potenzial für verschiedenartige kleinräumige Artengarnituren.**
- **Die grosse Vielfalt der Gesellschaften stark waldbgebundener Moose in der subalpinen Stufe könnte mit der kleinräumigen Vielfalt an Strukturen, Substraten und Expositionen in dieser Höhenstufe erklärt werden.**
- **Der sich abzeichnende Trend zur Vereinheitlichung der Artenvielfalt im schweizerischen Wirtschaftswald sollte vorläufig nicht zu stark beachtet werden; da es bis heute weder aus der Schweiz noch aus anderen Ländern derartige Datenreihen gibt, ist die Bedeutung der beobachteten Veränderungen des Indikatorwertes noch zu wenig klar. Es sollten noch einige Jahre abgewartet werden, bevor allgemeine Schlüsse gezogen werden.**

4.3.2 Brutvogel-Artenvielfalt

Die Schweizerische Vogelwarte dokumentiert die Bestandsentwicklung der regelmässigen Brutvogelarten mit Daten aus verschiedenen Überwachungsprojekten, aus denen jährliche Bestandsindizes berechnet werden. Mit dem

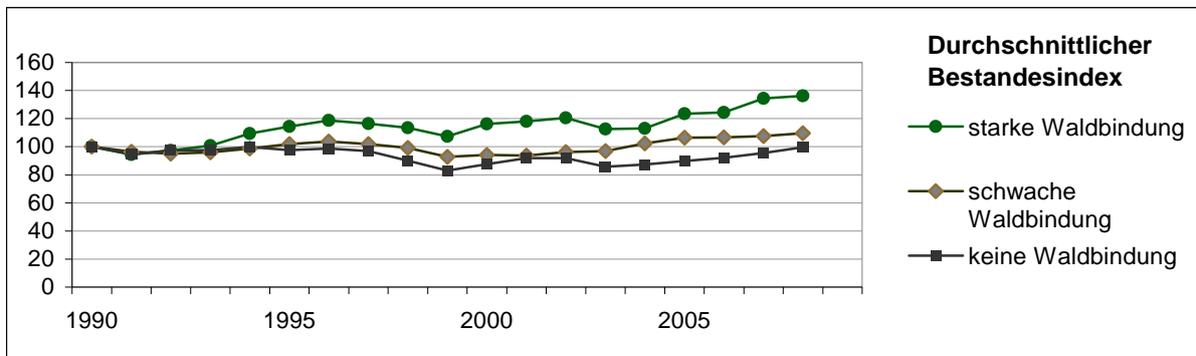
Swiss Bird Index SBI® mit seinen themenbezogenen Teil-Indices wird der durchschnittliche jährliche Bestandsindex einer Artengruppe als geometrisches Mittel der Einzelarten-Indices berechnet (Zbinden et al., 2005). Analog dazu lassen sich für beliebige Artengruppen die durchschnittlichen jährlichen Indices berechnen und als kombinierten Index darstellen.

Für die Lebensraum-Teilindices des Swiss Bird Index SBI® werden die Arten Lebensraumkategorien zugeordnet²⁰. Für die vorliegende Darstellung muss deshalb berücksichtigt werden, dass auch vereinzelte Vorkommen «stark und schwach waldbundener» Arten ausserhalb des Waldes, z. B. in Feldgehölzen oder in Parkanlagen, in die Berechnungen eingeflossen sind. Der weitaus grösste Teil der Bestände der «Waldarten» lebt aber innerhalb des Waldes, wie ihn das LFI definiert. Die Entwicklung der Bestände dieser Arten wird daher hauptsächlich durch die Entwicklung im Wald bestimmt. Bei den Arten mit schwacher Waldbindung könnte der Einfluss von Daten aus Lebensräumen ausserhalb des Waldes etwas grösser sein.

Für die Darstellung in den nachfolgenden Abbildungen werden die kombinierten Indices als gleitende Mittelwerte über 3 Jahre (1990 1 Jahr, 1991 2 Jahre) mit dem Ausgangswert 100 im Jahr 1990 verwendet.

Eine Unterscheidung der Entwicklung im bewirtschafteten und im nicht bewirtschafteten Wald ist nicht möglich. Weil aber rund 82 % der schweizerischen Waldfläche bewirtschaftet sind (siehe Kapitel 2.1), dominieren starke Trends im genutzten Wald auch die Trends im gesamten Wald.

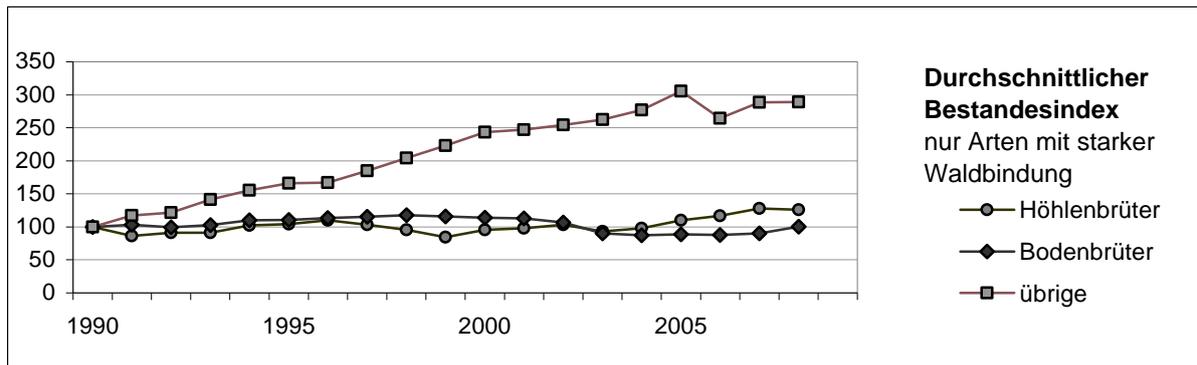
In den letzten 20 Jahren haben die Bestände der stark an den Wald gebundenen Brutvogelarten im Durchschnitt um fast 40 % gegenüber 1990 zugenommen. Auch die schwach an den Wald gebundenen Arten verzeichneten im gleichen Zeitraum eine schwache Zunahme.



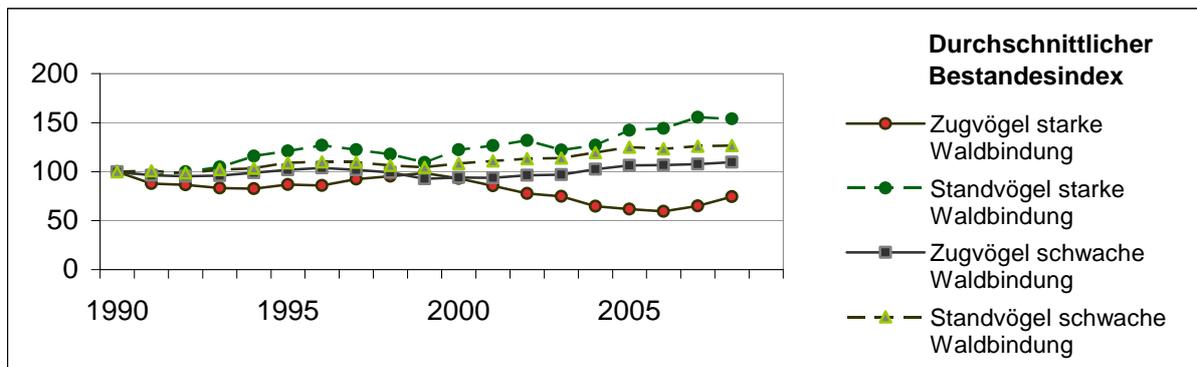
Während der Bestand der Bodenbrüter stagniert und jener der Höhlenbrüter leicht ansteigt, zeigt der Bestand der übrigen Arten (deren Nester sich hauptsächlich im Geäst befinden) einen massiven Anstieg.

²⁰

Im Anhang 3 sind die für die vorliegende Auswertung verwendeten Arten und ihre Einteilung in die Kategorien «starke Waldbindung», «schwache Waldbindung» und «keine Waldbindung» aufgelistet.



Die Entwicklung verlief bei den Zugvögeln weniger positiv als bei den Standvögeln. Die Abnahme bei den Zugvögeln mit starker Waldbindung kann in schlechten Bedingungen auf dem Zug oder im Überwinterungsgebiet begründet sein. Es könnte sich aber auch um die Folge von klimabedingten Veränderungen handeln, indem der frühere Einzug des Frühlings die Standvögel gegenüber den Zugvögeln begünstigt.



Kommentar:

- Die starke Zunahme der Brutvogelarten mit starker Waldbindung hat ausser mit der allgemeinen Waldzunahme sicher mit den verschiedenen strukturellen Veränderungen im schweizerischen Wirtschaftswald zu tun, etwa dem allmählichen Verschwinden reiner Nadelholzbestände im Tiefland, der Zunahme des Alt- und Totholzes und der Zunahme des Bestandesalters in der montanen Stufe (siehe dazu Kapitel 4.5).
- Die gegensätzliche Entwicklung der Zug- und der Standvögel bei den stark waldbundenen Arten weist darauf hin, dass für die Zunahmen wirklich Veränderungen im schweizerischen Wald verantwortlich sind, wobei allerdings bei einigen Arten ausser den forstwirtschaftlichen Veränderungen auch die Klimaveränderungen eine Rolle spielen könnten.
- Dass unter den stark waldbundenen Arten die Höhlenbrüter kaum zunehmen, ist überraschend. Viele Höhlenbrüter profitieren aber vom zunehmenden Höhlenangebot im schweizerischen Wirtschaftswald, doch handelt es sich, etwa bei fast allen Meisen- und einem Teil der Spechtarten, um Arten mit schwacher Waldbindung.

4.4 Für die Biodiversität wichtige Waldstrukturen

4.4.1 Waldfläche

Je grösser ein Lebensraum ist, desto mehr Arten kann er beherbergen und desto grössere Bestände können die an diesen Lebensraum gebundenen Arten bilden.

Die Waldfläche der Schweiz ist heute so gross wie seit Jahrhunderten nicht mehr und macht rund 43% derjenigen Fläche aus, die natürlicherweise Wald tragen würde²¹. Sie nimmt weiterhin zu. Waldgebundene Arten profitieren grundsätzlich von dieser Veränderung.

Waldfläche (Gesamtwald), Daten aus dem LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd seite
Stand 2004-2006 (1000 ha)	1284	320	573	391	203	232	228	436	184
Veränderung 1983-1985 → 2004-2006 (%)	8.3	1.9	4.9	19.9	2.5	0.4	4.6	14.7	15.7
Veränderung 1993-1995 → 2004-2006 (%)	4.9	0.6	2.7	12.4	1.0	0.0	2.2	9.0	9.9
Veränderung 1983-1985 → 1993-1995 (%)	3.2	1.3	2.2	6.7	1.5	0.4	2.3	5.3	5.7

Kommentar:

- *In der kollinen Stufe hat sich die Waldflächenzunahme neuerdings verlangsamt, in der subalpinen Stufe dagegen deutlich beschleunigt.*
- *Die Waldzunahme ist besonders in den schwer zugänglichen Alpen und auf der Alpensüdseite bedeutend; im Mittelland gibt es nur geringe Veränderungen.*

4.4.2 Naturnähe des Nadelholzanteils im Laubwald

Fichtenforste im Areal der Laubmischwälder gelten als naturfern und ökologisch geringwertig. Sie weisen oft eine verminderte Artenvielfalt auf. Seit dem LFI1 hat im Areal der Buchenwälder der Basalflächenanteil der Fichte von 31 auf 26% abgenommen.²²

In der kollinen und submontanen Stufe kann ein Laubholzanteil von über 75% als «naturnah», ein Anteil von 25%-75% als «mässig naturfern» und ein Anteil von weniger als 25% als «naturfern» bezeichnet werden. Der Anteil naturnaher und naturferner Waldflächen entspricht ungefähr einem der international vereinbarten Indikatoren zur Waldbiodiversität (MCPFE Indicator 4.3 «undisturbed by man» und «plantations»).

43% des schweizerischen Wirtschaftswaldes in den tiefen Lagen haben derzeit einen «naturnahen» Nadelholzanteil. Auf der Alpensüdseite beträgt dieser Anteil über 90% und im Jura über 50%; im Rest der Schweiz liegt er etwas über einem Drittel.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Fläche mit einem naturnahen Nadelholzanteil im Laubwald der kollinen und subalpinen Stufe, Daten aus dem LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd seite
Stand 2004-2006 (1000 ha)	117	34	52	7	7	18
Stand 2004-2006 (% der Waldfläche)	43	52	34	38	36	92
Veränderung 1993-1995 → 2004-2006 (%)	19	16	46	6	25	0

Einen naturfernen Nadelholzanteil haben derzeit rund 18% des schweizerischen Wirtschaftswaldes der kollinen und subalpinen Stufe. In den letzten ca. 12 Jahren hat dieser Wert um über ein Fünftel abgenommen. Einen sehr hohen Anteil

²¹ Die «waldfähige Fläche» der Schweiz wird im LFI2 auf 2'996'100 ha geschätzt (siehe Kapitel 2.1).

²² Zitat aus dem LFI3 (Brändli, 2010).

solcher Wirtschaftswälder gibt es noch in den Alpen, wo die Abnahme in den letzten Jahren deutlich geringer als im Rest der Schweiz war. Auch im Mittelland liegt der Wert etwas über dem schweizerischen Durchschnitt.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Fläche mit einem naturfernen Nadelholzanteil im Laubwald der kollinen und subalpinen Stufe, Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd seite
Stand 2004-2006 (1000 ha)	48	7	33	3	5	<1
Stand 2004-2006 (% der Waldfläche)	18	11	22	17	28	1
Veränderung 1993-1995 → 2004-2006 (%)	-22	-21	-23	-23	-9	0

Kommentar:

- *Der Anteil an Wirtschaftswäldern mit naturnahem Nadelholzanteil hat in den letzten Jahren gesamtschweizerisch zugenommen. Dies besonders im Mittelland, wo sich die naturnahe Fläche innert ca. 12 Jahren fast verdoppelt hat.*
- *Trotz dieser Veränderungen weist immer noch fast ein Fünftel des Wirtschaftswaldes in den tieferen Lagen naturferne Nadelholzbestände auf.*
- *Besonders hoch ist der Anteil naturferner Nadelholzbestände in den Tieflagen der Alpen und im Mittelland.*

4.4.3 Baum-Artenzahl

Die Zahl der verschiedenen Baum-Arten auf einer Waldfläche ist selbst schon ein Mass für die Biodiversität (siehe 4.2.3). Indirekt bewirkt eine Vielfalt verschiedener Baumarten auch eine Vielfalt verschiedener anderer Arten. Dies zum Einen, weil es spezialisierte Pflanzenfresser, Symbionten und Destruenten gibt, um Andern aber auch, weil verschiedene Baumarten zu unterschiedlichen physikalischen Lebensraumstrukturen (Licht, Bodenfeuchtigkeit, Luftfeuchtigkeit etc.) führen. Der Flächenanteil von Beständen mit unterschiedlicher Zahl verschiedener Baumarten ist einer der international vereinbarten Indikatoren zur Waldbiodiversität (MCPFE Indicator 4.1).

Die Werte haben sich in den letzten Jahren nicht wesentlich verändert, ausser dass die sehr artenarmen Bestände etwas seltener geworden sind.

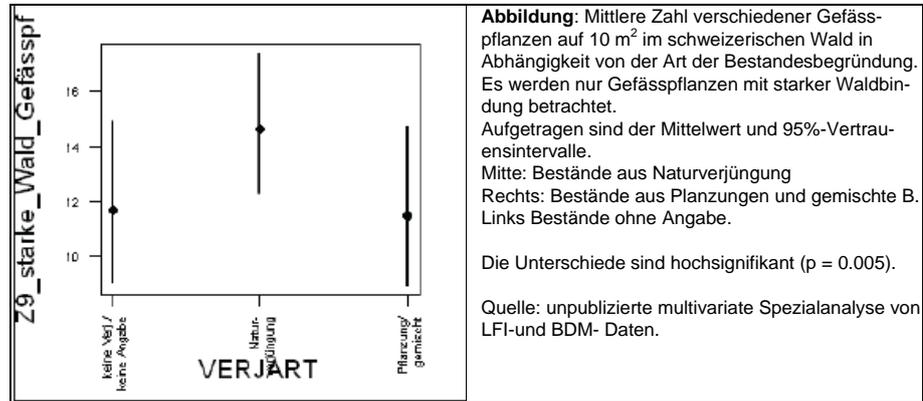
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Flächenanteile (%) mit unterschiedlicher Zahl verschiedener Gehölzarten (BHD ≥ 12 cm) auf zwei Aren, , Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz, 2004-2006	Schweiz, 1993-1995	Schweiz, 1983-1985	koll/subm 2004-2006	koll/subm 1983-1985	montan 2004-2006	montan 1983-1985	subalpin 2004-2006	subalpin 1983-1985
0-1 Art	30	30	32	21	23	24	26	55	59
2-3 Arten	54	53	52	56	53	58	57	41	39
4-5 Arten	15	15	15	20	22	16	16	4	2
> 5 Arten	2	2	1	3	3	2	1	0	0

Kommentar:

- *Die Unterschiede in den verschiedenen Höhenstufen sind weitgehend naturbedingt; in zunehmender Höhe gibt es immer weniger Baumarten (Brändli, 2010).*
- *Da nur Bäume mit mindestens 12 cm Stammdurchmesser berücksichtigt werden, reagiert dieser Indikator nur langsam auf waldbauliche Veränderungen.*

4.4.4 Verjüngung

Die natürliche Verjüngung fördert Baumarten, die gut an die herrschenden Lebensbedingungen angepasst sind und unterstützt die genetische Vielfalt (der Baumarten). Natürlich verjüngte Wälder sind deshalb in der Regel vielfältiger und robuster.²³ Die kleinräumige Vielfalt der verschiedenen spezialisierten Wald-Pflanzenarten ist in den natürlich begründeten Beständen in der Schweiz grösser als in den übrigen Beständen (siehe Abbildung).



Der Flächenanteil von Beständen mit natürlicher und anderer Verjüngung ist einer der international vereinbarten Indikatoren zur Waldbiodiversität (MCPFE Indicator 4.2).

Rund 80% der schweizerischen Waldfläche bestehen aus natürlich verjüngten Beständen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite beträgt dieser Wert sogar über 90%, im Mittelland nur 46% (Brändli, 2010).

Die noch vor wenigen Jahren weit verbreitete Pflanzung ist im schweizerischen Wirtschaftswald als Verjüngungsart heute fast verschwunden.

Anteil natürlicher Verjüngung (in %) an allen verjüngten Waldflächen (Jungwüchse und Dickungen des gleichförmigen Hochwaldes mit Verjüngung). Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	2004-2006 (%)	75	70	76	84	76	64	74	87
1993-1995 (%)	57	32	65	76	50	26	60	79	90
1983-1985 (%)	48	20	57	78	17	11	56	84	91

Anteil gemischter Verjüngung (in %) an allen verjüngten Waldflächen (Jungwüchse und Dickungen des gleichförmigen Hochwaldes mit Verjüngung). Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
	2004-2006 (%)	19	21	20	14	20	25	21	12
1993-1995 (%)	27	41	24	8	40	37	31	13	11
1983-1985 (%)	27	35	27	14	45	45	20	11	6

²³ Zitat aus «Zustand der Biodiversität in der Schweiz» (Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz, 2009).

Anteil künstlicher Verjüngung (in %) an allen verjüngten Waldflächen (Jungwüchse und Dickungen des gleichförmigen Hochwaldes mit Verjüngung). Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
2004-2006 (%)	6	10	4	2	4	11	5	1	0
1993-1995 (%)	17	27	10	17	11	37	10	8	0
1983-1985 (%)	25	45	16	9	38	45	24	5	3

Kommentar:

- **Gegenüber den 1980er Jahren, als besonders im Mittelland und im Jura Naturverjüngung noch eine Ausnahme war, ist es in sehr kurzer Zeit zu einer radikalen Veränderung der Waldverjüngung gekommen.**
- **Gepflanzt wird meist nur noch, um Schutzwälder zu stärken, die Artenvielfalt zu erhöhen, oder stabilere Wälder zu schaffen (Brändli, 2010).**

4.4.5 Waldflächen mit eingeführten (florexfremden) Baumarten

Als florenfremd gelten Baumarten, die nach 1492 in die Schweiz eingeführt worden sind. Sie können einheimische Baumarten verdrängen und mit diesen die von den verdrängten Baumarten abhängigen, spezialisierten Arten. Der Flächenanteil von Beständen mit Dominanz florenfremder Baumarten ist einer der international vereinbarten Indikatoren zur Waldbiodiversität (MCPFE Indicator 4.4).

In der schweizerischen Forstwirtschaft spielt und spielte der Anbau florenfremder Baumarten zu keiner Zeit eine bedeutende Rolle (Brändli, 2010). Die häufigsten florenfremden Baumarten sind Robinie, Douglasie, Schwarzföhre und Roteiche (Brändli, 2010).

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Anteil der von florenfremden Baumarten dominierten Waldflächen an allen Waldflächen (%). Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
2004-2006 (%)	0.5	1.4	0.2	0.0	1.2	0.8	0.0	0.1	1.1
1993-1995 (%)	0.4	1.0	0.2	0.0	0.8	0.9	0.0	0.0	0.4
1983-1985 (%)	0.3	0.7	0.2	0.0	0.3	0.6	0.0	0.1	1.1

Kommentar:

- **Die leichte Zunahme seit den Neunzigerjahren ist nicht forstwirtschaftlich bedingt, sondern durch die spontane Ausbreitung der Robinie und anderer Arten (Brändli, 2010).**

4.4.6 Totholz

Totholz bildet die Lebensgrundlage für Tausende von Waldorganismen. Fachleute schätzen, dass etwa ein Fünftel der Waldlebewesen auf Totholz angewiesen ist²⁴. Beispielhafte Angaben für den minimalen ökologisch nachhaltigen Totholzbedarf in den Wirtschaftswäldern Europas sind:

- 33 m³/ha für subalpine Fichtenwälder der Schweiz (Bütler et al., 2004);
- 25 - 50 m³/ha für Buchenwälder Nordost-Deutschlands (Winter et al., 2003);
- 40 m³/ha für Eichenwälder Deutschlands (Haase et al., 1998).

²⁴ Zitat aus «Zustand der Biodiversität in der Schweiz» (Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz, 2009).

Der Totholzvorrat ist einer der international vereinbarten Indikatoren zur Wald-biodiversität (MCPFE Indicator 4.5).

In den letzten Jahren hat der Totholzvorrat in den schweizerischen Wirtschaftswäldern im Durchschnitt stark zugenommen.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Totholzvorrat in Kubikmetern pro Hektare. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd-seite
2004-2006 (m ³ pro ha)	18	13	17	29	10	12	28	23	16
1993-1995 (m ³ pro ha)	10	6	10	16	7	5	11	16	12

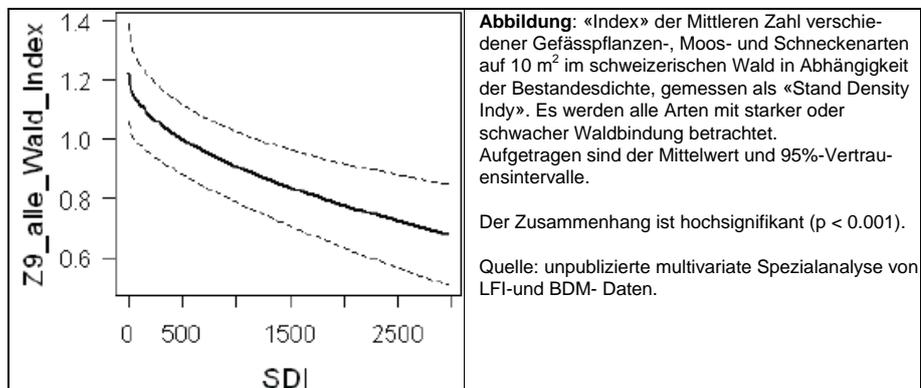
Kommentar:

- **Trotz der starken Zunahme in den letzten Jahren ist der Totholzanteil im Wirtschaftswald der Schweiz gesamthaft noch nicht ausreichend.**
- **Besonders in den Wirtschaftswäldern im Jura und im Mittelland fehlt es auf weiten Flächen an ökologisch nachhaltigen Totholzvorräten. Dies sowohl was die Qualität, als auch was die Quantität angeht.**

4.4.7 Bestandesdichte («Stand Density Index»)

Der «Stand Density Index» ist ein Mass für die Dichte einer Bestockung. Es wird aus der Stammzahl pro Hektar und dem Mitteldurchmesser berechnet und ist weitgehend unabhängig vom Bestandesalter (Angaben aus dem LFI 2).

Dichte Bestände weisen eine geringere kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken auf (siehe Abbildung). Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!



Besonders dichte Bestände finden sich in der montanen Stufe. Die Bestandesdichte hat in den letzten Jahren auf der Alpensüdseite stark zugenommen. In den anderen Regionen hat sie sich weniger verändert.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Stand Density Index (Bestandesdichte). Daten des LFI (WSL, 2010)

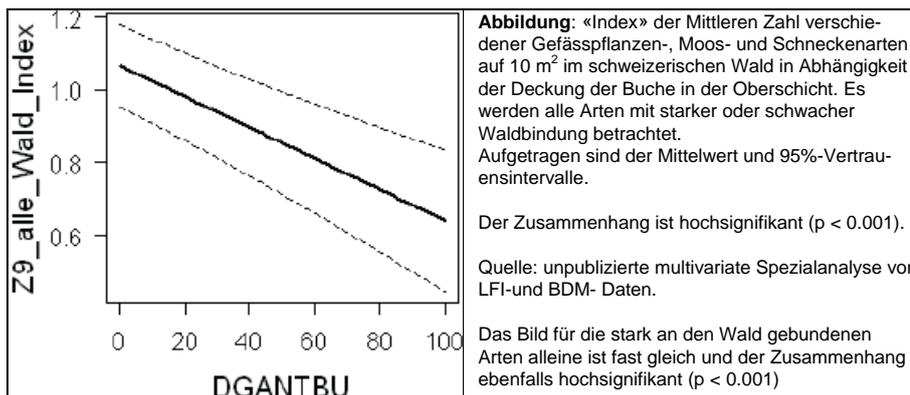
	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd-seite
2004-2006	594	550	627	578	581	554	666	585	587
1993-1995	593	569	620	563	567	588	692	562	499
1983-1985	576	550	595	569	546	572	666	559	268

Kommentar:

- **Der Rückgang im Mittelland bzw. in der kollinen und submontanen Stufe dürfte hauptsächlich auf den Sturm «Lothar» zurückzuführen sein (Brändli, 2010).**

4.4.8 Anteil der Buche am Bestand

Reine Buchenwälder gelten als weniger artenreich als Mischwälder. Dies gilt im schweizerischen Wald zumindest für die kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Mollusken und zwar sowohl für die streng an den Wald gebundenen Arten, als für alle Waldarten (siehe Abbildung).



Die Basalfläche ist die Summe aller Stammquerschnitte eines Bestandes in 1.3 m Höhe. Der Basalflächenanteil der Buche zeigt die Dominanz dieser Baumart im Vergleich zu den anderen Baumarten (Tabelle). Dieser Basalflächenanteil war in den vergangenen Jahren praktisch konstant; eine leichte Zunahme gibt es einzig im Mittelland und den Voralpen.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Basalflächenanteil der Buche. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2006 (%)	19	27	20	3	31	25	17	7	13
Stand 1993-1995 (%)	18	27	19	3	32	23	15	7	12
Stand 1983-1985 (%)	18	26	19	2	31	22	15	7	12

Kommentar:

- **Es mag überraschen, dass der Buchenanteil nur im Mittelland und in den Voralpen und dort nur schwach zugenommen hat, zumal in diesen Gebieten in den letzten Jahren viele Nadelholzbestände verschwunden sind (siehe 4.4.2). Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Veränderungen dieses Indikators naturgemäss eher träge verlaufen. Die Stämme werden nur langsam dicker; kurzfristig wirkt sich besonders die Holzernte aus.**

4.4.9 Deckungsgrad der Strauchschicht

Bestände mit gut ausgeprägter Strauchschicht weisen eine grössere kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken auf als andere Bestände (siehe Abbildung). Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!

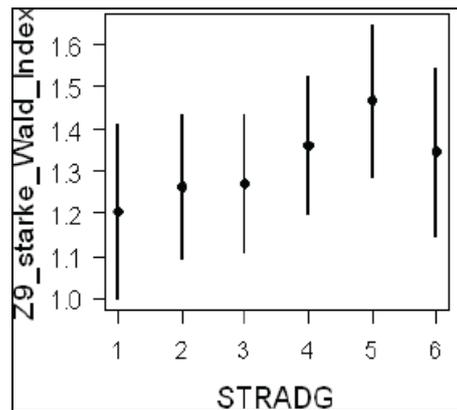


Abbildung: «Index» der Mittleren Zahl verschiedener Gefässpflanzen-, Moos- und Schneckenarten auf 10 m² im schweizerischen Wald in Abhängigkeit vom Deckungsgrad der Strauchschicht. Es werden nur Arten mit starker Waldbindung betrachtet. Aufgetragen sind der Mittelwert und 95%-Vertrauensintervalle.

1 = Strauchdeckung < 1%, 2 = 1-9%, 3 = 10-25%, 4 = 26-50%, 5 = 51-75%, 6 = > 75%

Der Zusammenhang ist hochsignifikant ($p = 0.009$).

Quelle: unpublizierte multivariate Spezialanalyse von LFI- und BDM- Daten.

Bestände mit geringer Strauchdeckung machen in der Schweiz etwa die Hälfte des Wirtschaftswaldes aus. Die Unterschiede in den Regionen und den Höhenstufen sind dabei gering. Bestände mit geringer Strauchdeckung haben in den letzten Jahren etwas abgenommen, ausser auf der Alpensüdseite.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Waldflächen mit unterschiedlichem Deckungsgrad der Strauchschicht (%). Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
2004-2006, Deckung 51-100%	25	34	22	18	27	32	19	22	24
1993-1995, Deckung 51-100%	23	31	22	16	27	25	18	22	32
2004-2006, Deckung 26-50%	24	21	24	31	22	19	25	27	31
1993-1995, Deckung 26-50%	19	20	18	21	18	19	18	21	22
2004-2006, Deckung 0-25%	51	44	55	52	51	49	57	51	45
1993-1995, Deckung 0-25%	56	48	59	60	55	56	63	54	45

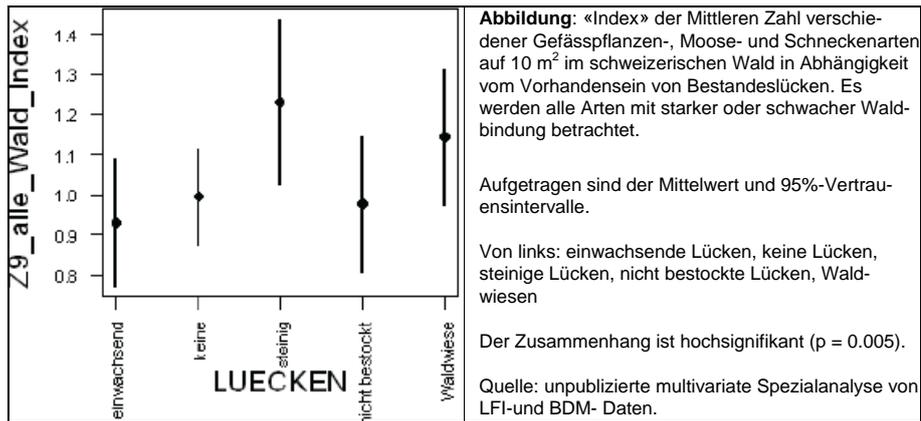
Kommentar:

- **Die Abnahme von Beständen mit sehr geringer Strauchdeckung wird die kleinräumige Biodiversität begünstigen. Die Gründe für diese Abnahme kennen wir nicht.**

4.4.10 Lücken

An den Rändern von Bestandeslücken können sich wie am Waldrand Saumbiotope mit einer eigenständigen Artengarnitur ansiedeln. Lockere Waldstrukturen und Bestandeslücken begünstigen das Vorkommen zahlreicher Arten, insbesondere von Insekten (Brändli, 2010) und Gefässpflanzen (siehe unten).

Bestände mit steinigen Lücken und Waldwiesen weisen eine grössere kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken auf als andere Bestände (siehe Abbildung). Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!



Lückige Bestände im Wirtschaftswald gibt es hauptsächlich in den Bergen. In den letzten Jahren haben unterschiedliche Entwicklungen in den höheren und tieferen Lagen stattgefunden.

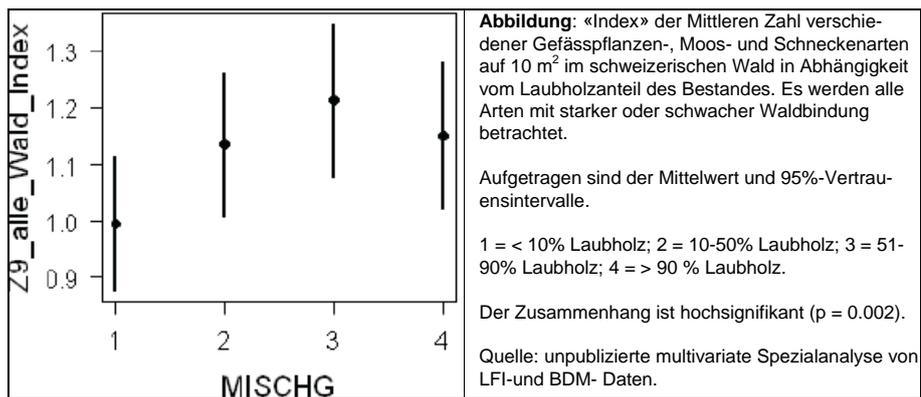
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Anteil der Probeflächen mit Lücken (%). Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2007 (% der Probeflächen)	25	11	24	51	14	13	30	42	24
Stand 1993-1995 (% der Probeflächen)	24	8	20	58	12	6	25	47	26

Kommentar:

- **Besonders in der subalpinen Stufe schliessen sich allmählich immer mehr aufgelöste Bestockungen (Brändli, 2010).**
- **In den tieferen Lagen haben Windwurf- und Schlagflächen viele neue Lücken geschaffen (Brändli, 2010).**

4.4.11 Laub- und Nadelholzanteil



Praktisch reine Nadelholzbestände weisen eine geringere kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken auf als gemischte Bestände oder reine Laubholzbestände (siehe Abbildung). Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!

Die Basalfläche ist die Summe aller Stammquerschnitte eines Bestandes in 1.3 m Höhe. Der Basalflächenanteil des Nadelholzes zeigt das Verhältnis von Nadel- zu Laubholz (Tabelle). In der subalpinen Stufe ist der hohe Anteil von 95 natürlich. In den anderen Höhenstufen ist er aber zum Teil eine Folge der geziel-

ten Nadelholzförderung im Wirtschaftswald. In den letzten Jahren hat der Nadelholzanteil etwas abgenommen, besonders im Mittelland.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Basalflächenanteil der Nadelhölzer. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2006 (%)	66	44	68	95	53	55	75	84	45
Stand 1993-1995 (%)	69	48	71	95	54	61	77	85	47
Stand 1983-1985 (%)	71	49	72	96	55	62	78	87	47

Einen sehr starken Rückgang gab es in den beiden letzten Jahrzehnten im schweizerischen Wirtschaftswald bei den reinen Nadelholzbeständen. In der kollinen und submontanen Stufe sind innert gut zwanzig Jahren über ein Drittel dieser besonders artenarmen Bestände verschwunden. Derzeit bestehen noch rund 18% des Wirtschaftswaldes dieser Höhenstufe aus reinen Nadelholzbeständen.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Waldfläche mit reinem (> 90%) Nadelholzbestand, Angabe in 1000 ha. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2006 (1000 ha)	358	48	169	141	43	56	89	154	17
Veränderung 1983-1985 → 2004-2006 (%)	-17	-37	-18	-5	-19	-35	-15	-10	-9
Veränderung 1993-1995 → 2004-2006 (%)	-9	-22	-9	-4	-6	-20	-11	-5	-1
Veränderung 1983-1985 → 1993-1995 (%)	-9	-20	-10	-1	-13	-18	-5	-5	-8

Kommentar:

- **Der Rückgang des Nadelholzanteils im Mittelland ist hauptsächlich auf das Verschwinden von reinen, also sehr naturfernen Nadelholzbeständen zurückzuführen.**
- **Nebst dem Alter der früher gepflanzten reinen Nadelholzbestände haben sicher auch Stürme und Borkenkäfer zur Minderung in den tiefen Lagen beigetragen.**

4.4.12 Bestandesalter

Alte Bestände bilden für verschiedene seltene Wald-Arten einen wichtigen Lebensraum. Die kleinräumige Vielfalt der spezialisierten, seltenen Gefäßpflanzen, Moose und Schnecken ist umso grösser, je älter die Waldbestände sind (Abbildung). Für die weniger seltenen Wald-Arten besteht dieser allgemeine Zusammenhang nicht.

Nur rund 9% des Wirtschaftswaldes der Schweiz hat derzeit ein Bestandesalter von über 150 Jahren. Biologisch alte Bäume gibt es also im Wirtschaftswald kaum, besonders in den tiefen Lagen. Über 90 jährige Bestände machen nach einer starken Zunahme in den letzten zwanzig Jahren derzeit rund 72% des Wirtschaftswaldes aus.

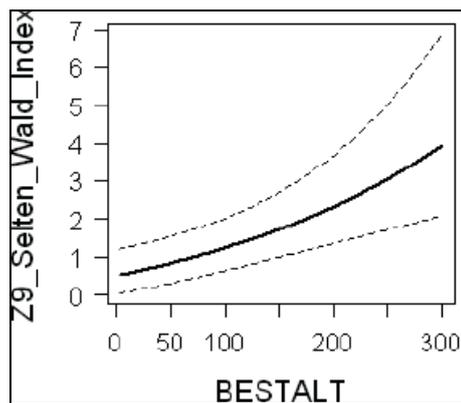


Abbildung: «Index» der Mittleren Zahl verschiedener Gefässpflanzen-, Moos- und Schneckenarten auf 10 m² im schweizerischen Wald in Abhängigkeit vom Deckungsgrad der Strauchschicht. Es werden nur seltene Arten mit Waldbindung betrachtet.

Aufgetragen sind der Mittelwert und 95%-Vertrauensintervalle.

BESTALT ist das Bestandesalter in Jahren

Der Zusammenhang ist hochsignifikant ($p < 0.001$).

Quelle: unpublizierte multivariate Spezialanalyse von LFI- und BDM- Daten.

Bei den über 150 jährigen Beständen ist ausser einer Zunahme in der montanen Stufe der Voralpen keine klare Entwicklung auszumachen. Die über 120 jährigen Bestände haben in den letzten zwanzig Jahren schwach zugenommen und die über 90 jährigen Bestände haben sich mehr als verdoppelt.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): Waldflächen mit unterschiedlichem Alter des Bestandes (1000 ha)²⁵. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub- montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüd- seite
2004-2006, Alter über 150 Jahre	82	6	36	39	11	4	17	44	5
1993-1995, Alter über 150 Jahre	88	6	30	53	11	3	13	56	5
1983-1985, Alter über 150 Jahre	56	4	17	35	7	4	7	34	5
2004-2006, Alter über 120 Jahre	205	32	104	70	42	25	50	78	10
1993-1995, Alter über 120 Jahre	207	33	90	84	42	25	40	89	10
1983-1985, Alter über 120 Jahre	125	16	55	55	21	14	22	60	8
2004-2006, Alter über 90 Jahre	636	95	199	92	91	77	94	107	16
1993-1995, Alter über 90 Jahre	392	95	196	102	92	83	84	118	14
1983-1985, Alter über 90 Jahre	264	62	132	70	58	56	53	84	13

Kommentar:

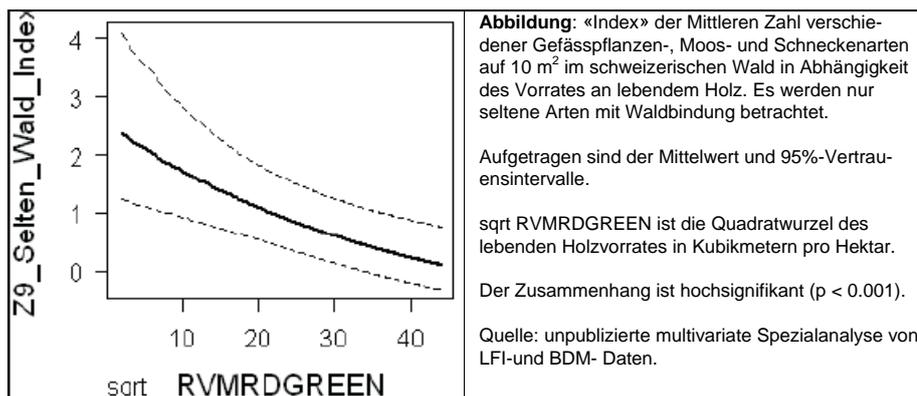
- **Gesamthaft hat in den letzten Jahren das Alter des schweizerischen Wirtschaftswaldes zugenommen, ohne dass es aber eine deutliche Zunahme sehr alter Bestände gab.**
- **Die Gründe für die überraschende Abnahme der sehr alten Bestände in der subalpinen Stufe sind uns nicht bekannt.**
- **In den tiefen Lagen wäre eine Zunahme von sehr alten Beständen aus Sicht der Biodiversität dringend erwünscht.**
- **Gerade in den tiefen Lagen der Schweiz fehlen auch «Baumriesen» mit über 80 cm Stammdurchmesser und eine Zunahme ist nicht erkennbar (Brändli, 2010).**

4.4.13 Holzvorrat lebend

Die kleinräumige Vielfalt der spezialisierten, seltenen Gefässpflanzen, Moose und Schnecken ist umso kleiner, je grösser der Vorrat an lebendem Holz ist (Abbildung). Für die weniger seltenen Wald-Arten besteht dieser allgemeine Zusammenhang nicht.

²⁵

Zusätzliche Waldflächen ohne Altersangabe (meist gemischtaltrige Bestände) erscheinen nicht in der Tabelle



Der lebende Holzvorrat beträgt in den schweizerischen Wirtschaftswäldern rund 385 Kubikmeter pro Hektare. Dies liegt im mittleren Bereich der Grafik (oben).

Die Entwicklung der letzten Jahre ist heterogen: die generelle Zunahme scheint in den Neunzigerjahren aufgehört zu haben. In den tiefen Lagen ist seither eine leichte Abnahme zu verzeichnen. In der subalpinen Stufe und auf der Alpensüdseite ist auch in der neuesten Zeit noch ein Zuwachs zu verzeichnen.

Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren): durchschnittlicher Vorrat an lebendem Holz (m³ / ha)²⁶. Daten des LFI (WSL, 2010)

	Schweiz	kollin/sub-montan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Stand 2004-2006 (m ³ /ha)	385	363	418	335	374	396	461	346	284
Stand 1993-1995 (m ³ /ha)	386	381	414	323	369	428	469	328	240
Stand 1983-1985 (m ³ /ha)	360	353	380	322	333	403	431	320	205

Kommentar:

- *Im Mittelland scheint nun eine Jahrzehnte dauernde Entwicklung zunehmender Holzvorräte zu Ende zu gehen.*
- *Generell weisen private Wälder grössere Holzvorräte auf als der öffentliche Wald; dies wäre dann auch eine plausible Erklärung für die grossen Vorräte in den Voralpen, wo der Privatwaldanteil mit 49% viel höher ist als im schweizerischen Durchschnitt (32%; Brassel & Brändli 1999)²⁷.*

4.5 Schlussfolgerungen

Die gemeinsame Analyse von BDM- und LFI-Daten (Anhang 2) ergab signifikante Einflüsse der hier behandelten Wald-Strukturvariablen auf die kleinräumige Biodiversität im Wirtschaftswald. Trotzdem gilt es zu beachten, dass diese von forstlichen Eingriffen geprägten Strukturen nur einen Teil der Varianz der Biodiversität erklären. Zusammen mit den gleichzeitig untersuchten, forstlich nicht zu beeinflussenden Standortvariablen (z.B. Höhe über Meer, pH des Bodens, Niederschlagsmenge etc.) erklären sie etwa die Hälfte der Unterschiede. Die restlichen Unterschiede wären somit mit Einflüssen zu erklären, die hier keine Beachtung finden, aber ebenso wichtig sein können²⁸.

²⁶ Zusätzliche Waldflächen ohne Altersangabe (meist gemischtaltrige Bestände) erscheinen nicht in der Tabelle.

²⁷ Wobei diese Wälder weniger gut erschlossen sind und die Holzernte, wenn überhaupt, geringe Erträge abwirft.

²⁸ Z.B. die hohen Stickstoffeinträge aus der Luftverschmutzung in der Grössenordnung von 20-30 kg pro Hektar und Jahr.

Die Struktur des schweizerischen Wirtschaftswaldes war in den beiden letzten Jahrzehnten einem Wandel unterworfen, der die Waldbiodiversität gesamthaft erhöht hat (siehe Tabelle). Einzig die Zunahme dichter Bestände in den höheren Lagen der Alpen und im Jura und das Verschwinden von alten Beständen und von Bestandeslücken in der subalpinen Stufe sind für die Biodiversität ungünstig.

aktuelle Trends bei Strukturmerkmalen des Wirtschaftswaldes, die für die Biodiversität wichtig sind									
	Schweiz	kollin/submontan	montan	subalpin	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite
Waldfläche	↗↗	→	↗	↗↗	↗	→	↗	↗↗	↗↗
naturnaher Nadelholzanteil ²⁹ , kollin/submontan	↗↗	↗↗	–	–	↗↗	↗↗	↗	↗↗	→
Reine Nadelholzbestände	↘↘	↘↘	↘↘	↘	↘	↘↘	↘↘	↘	→
verschiedene Baum-Arten in einem Bestand	→	→	→	→	–	–	–	–	–
Verjüngungsart (Naturverjüngung)	↗↗	↗↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗	→
florenfremde Baumarten	→	→	→	→	→	→	→	→	↗
Totholz	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗
Bestandesdichte	→	↘	↗	↗	↗	↘↘	↘	↗	↗↗
Anteil der Buche am Bestand	→	→	→	→	→	↗	↗	→	→
Deckungsgrad der Strauchschicht	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	→
Lücken in den Beständen	→	↗	↗	↘	↗	↗↗	↗	↘	↘
Bestandesalter	→	→	↗	↘	→	→	↗	↘	→
Holzvorrat (lebend)	→	↘	→	→	→	↘	→	↗	↗↗

↗↗ = starke Zunahme ↗ = Zunahme → = keine relevante Veränderung ↘ = Abnahme ↘↘ = starke Abnahme
Grün: für die Wald-Biodiversität günstige Veränderung **Rot:** für die Wald-Biodiversität ungünstige Veränderung

Besonders günstig für die Waldbiodiversität ist die Entwicklung in den Voralpen und im Mittelland (obwohl dort die leichte Zunahme der Buche negativ zu bewerten ist). Die Alpensüdseite ist die einzige Region mit Strukturveränderungen im Wirtschaftswald, die tendenziell zur Abnahme der Waldbiodiversität führen werden.

Die kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken reagiert gesamthaft positiv auf die geschilderten Veränderungen im Wirtschaftswald. Auch die Zunahme der Artenvielfalt waldbundener Vogelarten kann mit den Strukturveränderungen in Verbindung gebracht werden. Die stark an den Wald gebundenen Arten profitieren deutlich mehr als jene Arten, die teilweise auch in anderen Lebensräumen brüten. Für den grössten Teil aller Arten, namentlich die Insekten, lässt sich aber die Wirkung der Strukturveränderungen mangels Monitoringdaten nicht dokumentieren.

5 Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald

5.1 Biodiversität kleinräumig

5.1.1 Vielfalt der Gefässpflanzen-, Moos- und Schneckenarten auf 10 m²

In der Laubwaldstufe sind die bewirtschafteten Wälder bezüglich Gefässpflanzen und Moosen etwas artenreicher als die seit längerer Zeit nicht mehr bewirtschafteten Wälder.

In der Nadelwaldstufe ist es umgekehrt: bei allen drei Artengruppen sind die Wirtschaftswälder artenreicher als die nicht bewirtschafteten Wälder.

Die Unterschiede sind bei den stark waldbundenen Arten weniger gross als bei den übrigen Arten.

Wirtschaftswald und nicht bewirtschafteter Wald im Vergleich: Unterschiede der Mittleren Zahl verschiedener Arten auf 10 m ² 2005-2009 ³⁰ , Daten aus dem BDM	Laubwald (< 1100 m.ü.M.)		Nadelwald (≥ 1100 m.ü.M.)	
	Kriterium 100 Jahre*	Kriterium 50 Jahre*	Kriterium 100 Jahre*	Kriterium 50 Jahre*
Gefässpflanzen: alle Arten	-	o	+	(+)
Gefässpflanzen: stark und schwach waldbgeb. Arten	(-)	o	+	(+)
Gefässpflanzen: stark waldbgebundene Arten	o	o	o	+
Moose: alle Arten	(-)	(-)	(+)	(+)
Moose: stark und schwach waldbgebundene Arten	o	o	+	+
Moose: stark waldbgebundene Arten	o	o	(+)	(+)
Gehäuseschnecken: alle Arten	o	o	(+)	(+)
Gehäuseschnecken: stark und schwach waldbg. Ar.	o	o	(+)	(+)
Gehäuseschnecken: stark waldbgebundene Arten	o	o	o	o

*) Kriterium für die Klassierung in Wirtschaftswald und nicht bewirtschafteten Wald ist der Zeitpunkt des letzten forstlichen Eingriffes.

+ = hochsignifikant höhere Werte Wirtschaftswald ($p < 0.01$) (+) = signifikant höhere Werte Wirtschaftswald ($p < 0.05$) o = keine Unterschiede nachweisbar - = hochsignifikant tiefere Werte Wirtschaftswald ($p < 0.01$) (-) = signifikant tiefere Werte Wirtschaftswald ($p < 0.05$)

Eine unpublizierte Analyse (Anhang 2) der BDM-Z9-Daten von 443 Standorten mit forstlichen Eingriffen und 41 Standorten ohne forstliche Eingriffe in den letzten 100 Jahren sowie von 6 schweizerischen «Urwäldern» ergibt für die waldbundenen Arten die folgenden interessanten Befunde:

- Die Varianz der Artenzahl ist im Nicht-Wirtschaftswald grösser als im Wirtschaftswald.
- Der Anteil der Molluskenarten mit «starker Waldbindung» ist im Nicht-Wirtschaftswald grösser als im Wirtschaftswald; es gibt im Nicht-Wirtschaftswald einige Standorte mit extrem hohem Anteil streng waldbundener Molluskenarten.
- Der Anteil an Moosarten mit «starker Waldbindung» ist im Wirtschaftswald höher als im Nicht-Wirtschaftswald.

5.1.2 Baum-Artenzahl

Die Zahl der verschiedenen Baum-Arten auf einer Waldfläche ist selbst schon ein Mass für die Biodiversität. Indirekt bewirkt eine Vielfalt verschiedener Baumarten auch eine Vielfalt verschiedener anderer Arten (vgl. 4.3.3).

In den Bergen entsprechen die Mittelwerte ungefähr jenen aus den seit mindestens 100 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wäldern während sie in der kollinen und submontanen Stufe tiefer liegen.

Mittlere Zahl verschiedener Gehölzarten (BHD \geq 12 cm) auf zwei Aren: Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006. Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	2.6	2.4	1.6
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	3.0	2.5	1.6
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	3.0	2.4	1.6

5.2 Biodiversität grossräumig

5.2.1 Unterschiedliche Artengarnituren der Wirtschaftswälder und Nicht-Wirtschaftswälder

Eine unpublizierte Analyse (Anhang 3) der BDM-Z9-Daten von 484 LFI-Standorten sowie von 6 schweizerischen «Urwäldern» ergibt für die waldgebundenen Arten folgende Befunde:

- Die gesamten Artengarnituren von Wäldern, die seit mindestens 100 Jahren nicht mehr bewirtschaftet werden, unterschieden sich bei allen drei untersuchten Artengruppen signifikant von den übrigen Wäldern.
- Es gibt Arten, die eindeutig mit den Nicht-Wirtschaftswäldern assoziiert sind.

Beispiele von Arten, die mit nicht bewirtschafteten Wäldern assoziiert sind: Daten aus dem BDM

Gefässpflanzen		Moose	Mollusken	
Agrostis gigantea	Riesen-Straussgras	Caypogeia neesiana	Causa holosericea	Genabelte Maskensch.
Alnus incana	Grau-Erle	Diplophyllum taxifolium	Ciliella ciliata	Wimpernschnecke
Betula pendula	Hänge-Birke	Lophozia obtusa	Oxychilus depressus	Flache Glanzschn.
Brachypodium rupestre	Felsen-Zwenke	Pogonatum umigerum	Petasina unidentata	Einzählige Haarschn.

5.3 Für die Biodiversität wichtige Waldstrukturen

5.3.1 Naturnähe des Nadelholzanteils im Laubwald

Fichtenforste im Areal der Laubmischwälder sind naturfern und ökologisch geringwertig. Sie weisen oft eine verminderte Artenvielfalt auf. 43% des schweizerischen Wirtschaftswaldes in den tiefen Lagen haben derzeit einen «naturnahen³¹» Nadelholzanteil. Auf der Alpensüdseite beträgt dieser Anteil über 90% und im Jura über 50%; im Rest der Schweiz liegt er etwas über einem Drittel.

5.3.2 Baum-Artenzahl

Die Vielfalt verschiedener Baumarten bewirkt auch eine Vielfalt verschiedener anderer Arten (vgl. 4.3.3).

In den Bergen entsprechen die Mittelwerte ungefähr jenen aus den seit mindestens 100 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wäldern während sie in der kollinen und submontanen Stufe tiefer liegen.

Mittlere Zahl verschiedener Gehölzarten (BHD \geq 12 cm) auf zwei Aren: Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	2.6	2.4	1.6
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	3.0	2.5	1.6
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	3.0	2.4	1.6

5.3.3 Totholz

Totholz bildet die Lebensgrundlage für Tausende von Waldorganismen. Fachleute schätzen, dass etwa ein Fünftel der Waldlebewesen auf Totholz angewiesen ist. Dies sind über 5'000 Arten. In den Bergen ist kein eindeutiger Unterschied zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Wäldern erkennbar. In der kollinen und submontanen Stufe weisen die bewirtschafteten Wälder rund ein Drittel weniger Totholz auf als die nicht bewirtschafteten Wälder.

Totholzvorrat in Kubikmetern pro Hektare: Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	13	17	29
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	19	19	27
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	19	13	27

5.3.4 Bestandesdichte («Stand Density Index»)

Dichte Bestände weisen eine geringere kleinräumige Artenvielfalt der Gefäßpflanzen, Moose und Schnecken auf. Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!

In den Bergen sind die Wirtschaftswälder etwas dichter als die nicht bewirtschafteten Wälder. In den tiefen Lagen ist das Bild schwerer zu deuten. Die seit mindestens 50 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wälder sind etwas dichter, die seit mindestens 100 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wälder aber deutlich weniger dicht als die Wirtschaftswälder.

Vermutlich stehen die nicht bewirtschafteten Wälder der kollinen und montanen Stufe im Vergleich zu den Wirtschaftswäldern bevorzugt auf weniger produktiven Standorten (vgl. 5.3.7).

Stand Density Index³² (Bestandesdichte): Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	550	627	578
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	587	578	561
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	455	550	528

³²

Der «Stand Density Index» ist ein Mass für die Dichte einer Bestockung. Es wird aus der Stammzahl pro Hektar und dem Mitteldurchmesser berechnet und ist weitgehend unabhängig vom Bestandesalter (Angaben aus dem LFI 2).

5.3.5 Lücken

An den Rändern von Bestandeslücken können sich wie am Waldrand Saumbiotope mit einer eigenständigen Artengarnitur ansiedeln. Lockere Waldstrukturen und Bestandeslücken begünstigen das Vorkommen zahlreicher Arten, insbesondere von Insekten. Bestände mit steinigem Lücken und Waldwiesen weisen eine grössere kleinräumige Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken auf als andere Bestände. Dies gilt allerdings nicht für die Teilmenge der stark an den Wald gebundenen Arten!

Die Wirtschaftswälder weisen deutlich weniger Lücken auf als die nicht bewirtschafteten Wälder. Dieser Unterschied gilt für alle Höhenstufen. Er ist aber in der kollinen und submontanen Stufe besonders extrem. Dies ist aber vermutlich nicht eine Folge der Bewirtschaftung, sondern eher davon, dass die nicht bewirtschafteten Wälder bevorzugt auf topographischen Extremstandorten stocken (siehe auch 5.3.7).

Anteil der Probestflächen mit Lücken (%): Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	11	24	51
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	26	28	57
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	37	34	60

5.3.6 Bestandesalter

Alte Bestände bilden für verschiedene seltene Wald-Arten einen wichtigen Lebensraum. Die kleinräumige Vielfalt der spezialisierten, seltenen Gefässpflanzen, Moose und Schnecken ist umso grösser, je älter die Waldbestände sind. Für die weniger seltenen Wald-Arten besteht dieser allgemeine Zusammenhang nicht.

Bei den sehr alten Beständen handelt es sich in der überwiegenden Mehrzahl um bewirtschaftete Wälder. In der kollinen Stufe sind dies mehrheitlich alte Kastanienwälder (Brändli, 2010).

Waldflächen mit einem Alter des Bestandes von über 150 Jahren (1000 ha)³³: Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/submontan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	11	24	51
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	2	5	15
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	1	2	11

5.3.7 Holzvorrat lebend

Die kleinräumige Vielfalt der spezialisierten, seltenen Gefässpflanzen, Moose und Schnecken ist umso kleiner, je grösser der Vorrat an lebendem Holz ist (Abbildung). Für die weniger seltenen Wald-Arten besteht dieser allgemeine Zusammenhang nicht.

Der Holzvorrat ist in den bewirtschafteten Wäldern massiv höher als in den nicht bewirtschafteten Wäldern, wobei der Unterschied in der subalpinen Stufe etwas

weniger gross ist als in den tieferen Lagen. Vermutlich stehen die nicht bewirtschafteten Wälder der kollinen und montanen Stufe im Vergleich zu den Wirtschaftswäldern bevorzugt auf weniger produktiven Standorten (vgl. 5.3.4).

durchschnittlicher Vorrat an lebendem Holz (m³ / ha)³⁴: Vergleich Wirtschaftswald - nicht bewirtschafteter Wald 2004-2006: Daten aus dem LFI (WSL, 2010)	kollin/sub- montan	montan	subalpin
Wirtschaftswald (forstlicher Eingriff vor weniger als 50 Jahren)	363	418	335
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 50 Jahren)	242	285	280
nicht bewirtschafteter Wald (forstl. Eingriff vor über 100 Jahren)	173	256	242

5.4 Unterschiedliche Biodiversität in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Wäldern Europas

Eine kürzlich veröffentlichte Meta-Analyse (Paillet et al., 2010) kommt auf der Basis von 120 publizierten individuellen Vergleichen zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Wäldern in Europa zu folgenden allgemeinen Schlussfolgerungen:

- Der Artenreichtum ist in nicht bewirtschafteten Wäldern leicht grösser.
- Der Artenreichtum in taxonomischen Gruppen, die von kontinuierlichem Kronendach, Totholz und Baumriesen abhängig sind (Moose, Flechten, Pilze, saproxyliche Käfer) und auch Laufkäfer wird durch die Waldbewirtschaftung vermindert.
- Der Artenreichtum der Gefässpflanzen wird durch die Waldbewirtschaftung begünstigt.
- Bei den Vögeln ist der Einfluss heterogen und vermutlich mehr von der Landschaftsstruktur als von der Waldbewirtschaftung abhängig.
- Der Unterschied im Artenreichtum ist ums grösser, je weiter der letzte forstliche Eingriff in nicht bewirtschafteten Wäldern zurückliegt.

6 Vergleich Schweiz – europäisches Ausland

Das MCPFE-Indikatorensystem

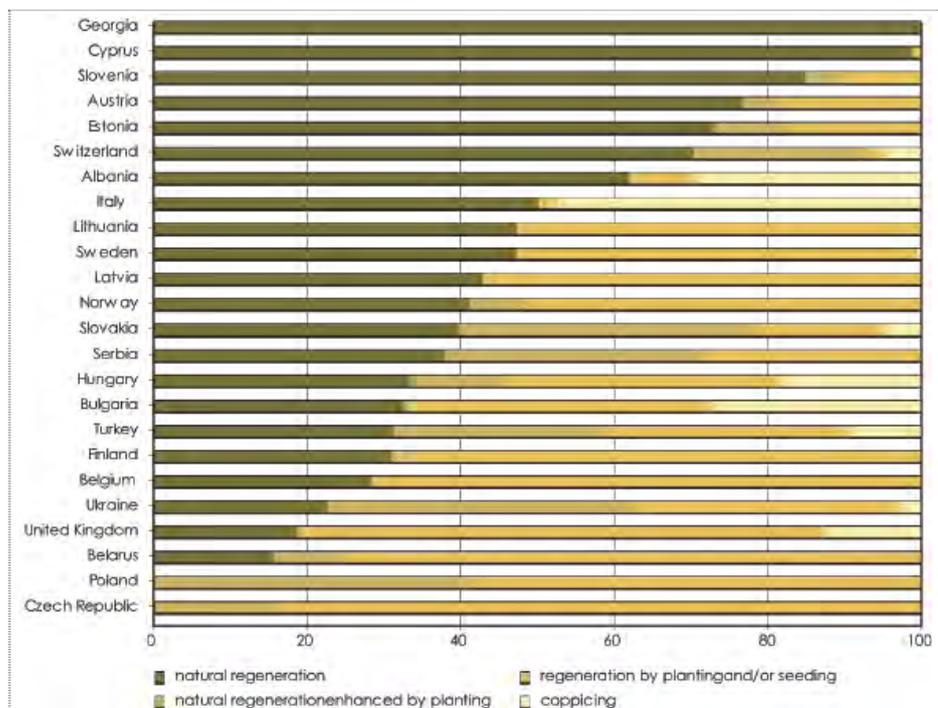
Die «Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe» (MCPFE) hat 2007 in einem Bericht verschiedene Indikatoren zum Zustand der europäischen Wälder veröffentlicht (MCPFE, 2007). Alle nachfolgend aufgeführten Vergleiche stammen aus dieser Arbeit. Die Daten betreffen biodiversitätsrelevante Waldstrukturen und nicht die Biodiversität selbst.

Baum-Artenvielfalt

Anteil der Waldfläche mit unterschiedlicher Baumartenzahl	1 Art	2-3 Arten	4-5 Arten	über 5 Arten
Schweiz	30%	54%	15%	2%
23 europäische Länder	30%	50%	17%	3%

Bei der Zahl verschiedener Baumarten pro Flächeneinheit liegt die Schweiz ziemlich genau im europäischen Durchschnitt. Besonders artenreiche Bestände (über 30 % Bestände mit mindestens 4 Baumarten) gibt es z.B. in Italien, Tschechien oder Slovenien. Besonders artenarme Wälder (über 40% Bestände mit nur einer Art) finden sich z.B. in Belgien, Grossbritannien und Finnland, aber auch in Österreich, das klimatisch und geographisch mit der Schweiz vergleichbar ist.

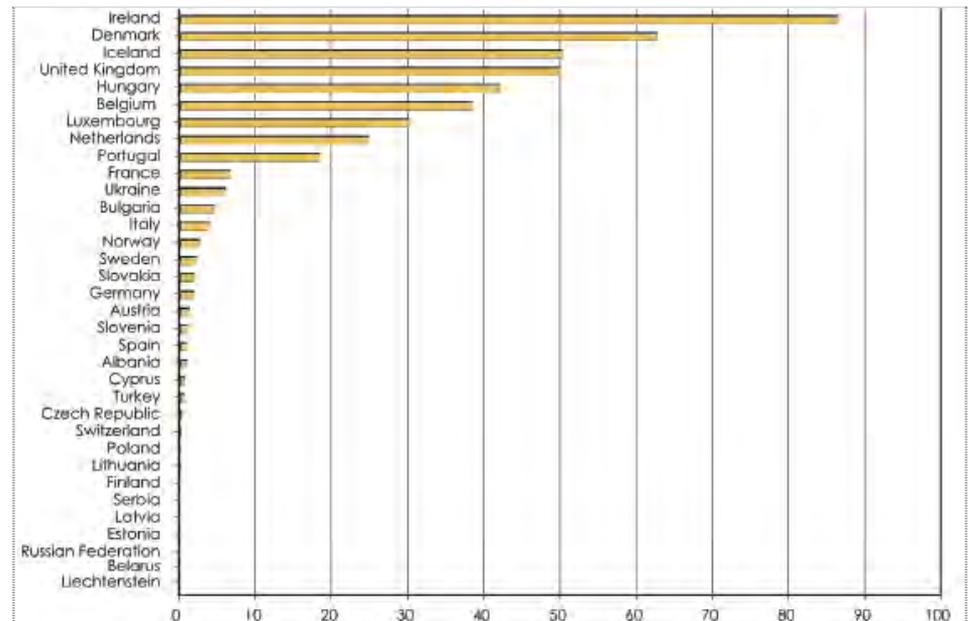
Verjüngungsart



Der Anteil der Naturverjüngung in der Schweiz ist im europäischen Vergleich hoch, liegt jedoch unter demjenigen von Österreich (siehe obenstehende Abbildung).

Eingeführte (florexfremde) Baumarten

Im europäischen Vergleich ist die Schweiz eines jener Länder mit den geringsten Anteilen florefremder Baumarten.



Totholz

Die Zahlen über Totholz sind zwischen den Ländern nur schlecht vergleichbar, weil den Erhebungen zum Teil ganz verschiedene Definitionen zugrunde liegen. So rechnen zum Beispiel Deutschland und Österreich die Baumstümpfe zum Totholz, was die anderen Länder inklusive Schweiz nicht tun. Bei einer Spanne von 1 – 23 m³ Totholz pro ha beträgt der europäische Durchschnitt 10 m³/ha. Im Vergleich dazu ist selbst der Wert von 13 m³/ha im Wirtschaftswald der kollinen Stufe in der Schweiz überdurchschnittlich, ganz zu schweigen von den 17 m³/ha und m³/ha in der montanen und subalpinen Stufe (siehe 5.3.3).

7 Vergleich des Waldes mit anderen Nutzflächen in der Schweiz

7.1 Aktueller Trend beim Artenreichtum der Gefässpflanzen, Moose und Schnecken

Ein Trend zur Erhöhung des kleinräumigen Artenreichtums von Gefässpflanzen, Moosen und Schnecken besteht derzeit nicht nur im Wirtschaftswald, sondern auch in den Wiesen, Weiden und Alpweiden der Schweiz sowie generell im Gebirge.

Der positive Trend bei den Wiesen und Weiden dürfte – anders als im Wirtschaftswald – zu einem grossen Teil auf der massiven Förderung durch ökologisch begründete Zahlungen des Bundes an die Bewirtschafter beruhen.

Veränderung der Mittleren Zahl verschiedener Arten auf 10 m² 2001-2009³⁵, Ganze Schweiz. Daten aus dem BDM

	Wirtschaftswald	Wiesen, Weiden	Ackerland	Siedlung	Apweiden	Gebirge ³⁶
Index ³⁷ : alle Arten	(↗)	↗	→	→	↗	↗
Index: stark waldgebundene Arten	↗	–	–	–	–	–
Gefässpflanzen: alle Arten	→	↗	→	→	(↗)	↗
Gefässpflanzen: stark waldgebundene Arten	↗	–	–	–	–	–
Moose: alle Arten	↗	↗	→	(↗)	↗	↗
Moose: stark waldgebundene Arten	↗	–	–	–	–	–
Gehäuseschnecken: alle Arten	(↗)	(↗)	(↗)	→	(↗)	↗
Gehäuseschnecken: stark waldgebundene Arten	→	–	–	–	–	–

↗ = hochsignifikante Zunahme (p < 0.01) (↗) = signifikante Zunahme (p < 0.05) → = keine Veränderung nachweisbar
 ↘ = hochsignifikante Abnahme (p < 0.01) (↘) = signifikante Abnahme (p < 0.05)

7.2 Brutvogel-Artenvielfalt

Die Schweizerische Vogelwarte dokumentiert die Bestandsentwicklung der regelmässigen Brutvogelarten mit Daten aus verschiedenen Überwachungsprojekten, aus denen jährliche Bestandsindices berechnet werden. Mit dem Swiss Bird Index SBI® mit seinen themenbezogenen Teil-Indices wird der durchschnittliche jährliche Bestandsindex einer Artengruppe als geometrisches Mittel der Einzelarten-Indices berechnet (Zbinden et al., 2005). Analog dazu lassen sich für beliebige Artengruppen die durchschnittlichen jährlichen Indices berechnen und als kombinierten Index darstellen. Für weitere Ausführungen siehe 4.3.2.

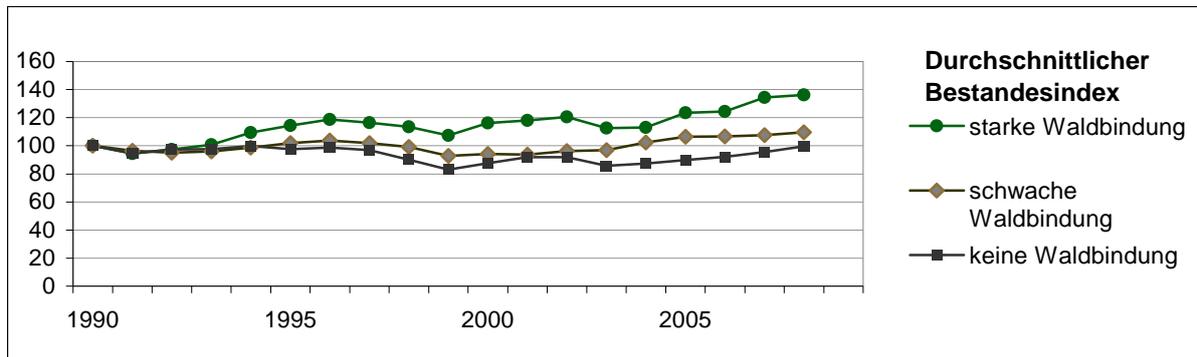
In den letzten 20 Jahren haben die Bestände der stark an den Wald gebundenen Brutvogelarten im Durchschnitt um fast 40 % gegenüber 1990 zugenommen. Auch die schwach an den Wald gebundenen Arten verzeichneten im gleichen Zeitraum eine schwache Zunahme. Diese Entwicklung kontrastiert mit jener der

³⁵ Für die Gehäuseschnecken gilt der Zeitraum 2001-2008.

³⁶ Gebirge umfasst die «unproduktiven», also nicht als Alpweiden genutzten Lebensräume oberhalb der Waldgrenze.

³⁷ Der Index gewichtet den Artenreichtum jeder der drei Gruppen (Gefässpflanzen, Moose, Schnecken) gleich.

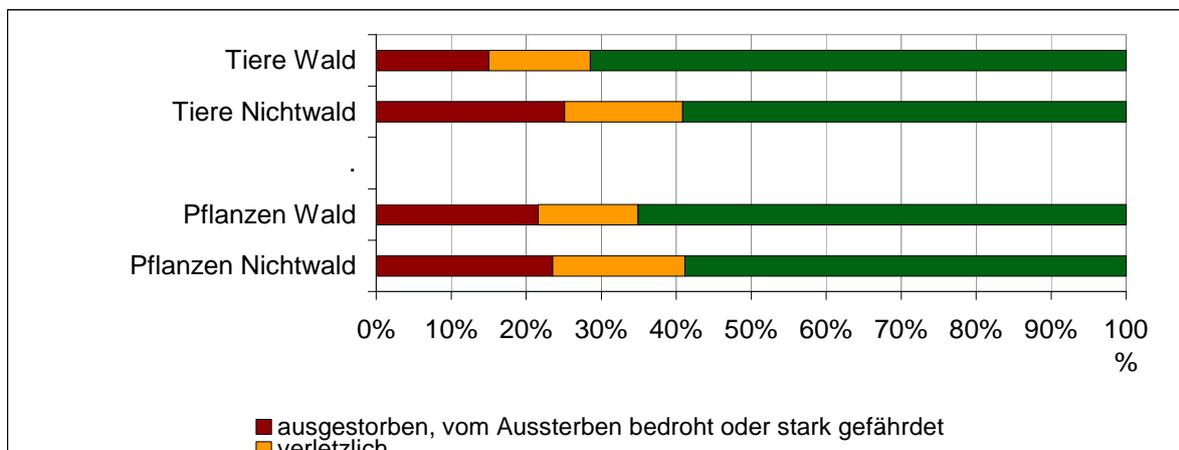
Vögel in den Lebensräumen ausserhalb des Waldes: ihre Bestände haben sich im gleichen Zeitraum im Durchschnitt knapp gehalten.



7.3 Anteil gefährdeter Arten in den verschiedenen Lebensräumen

Die Publikation der entsprechenden Listen erfolgte für Säugetiere, Mollusken, Tagfalter und Laufkäfer 1994, Brutvögel 2001, Gefässpflanzen und Flechten 2002, Moose 2004, Reptilien und Amphibien 2005, Heuschrecken und Grosspilze 2007.

In den ausgewerteten Roten Listen ist von den Arten des Waldes ein kleinerer Anteil gefährdet als von den Arten, deren Lebensraum nicht im Wald liegt.



Hinweis zur Abbildung: Die Gruppe «Wald» enthält stark und schwach an den Wald gebundene Arten. Die Gruppe «verletzlich» enthält auch die nach altem System als gefährdet klassierten Arten. Die Gruppe «nicht oder potenziell gefährdet» enthält auch die nicht klassierten Arten. Die Gruppe «Pflanzen» enthält Gefässpflanzen, Moose und Flechten, aber keine Grosspilze (mangels Wald- Nichtwaldklassierung der nicht gefährdeten Grosspilze).

Bei den Arten mit starker und schwacher Waldbindung gibt es bei manchen taxonomischen Gruppen bedeutende Unterschiede im Anteil gefährdeter Arten. Während bei Wirbeltieren und Gefässpflanzen unter den stark an den Wald gebundenen Arten der kleinste Anteil gefährdet ist, ist dies bei Wirbellosen und noch stärker bei Flechten und Pilzen anders. In diesen Gruppen ist der Anteil gefährdeter Arten bei den stark an den Wald gebundenen Arten ähnlich gross wie bei den Arten ohne Waldbindung. Die Gründe für den hohen Gefährdungsgrad der Waldspezialisten in diese Gruppen sind uns nicht bekannt – vermutlich haben sie mit dem Mangel an alten, ungestörten Wäldern mit hohen und in der Qualität vielfältigen Totholzvorräten zu tun (holzabbauende Pilze).

Die Arten mit schwacher Waldbindung sind in fast allen untersuchten Gruppen weniger gefährdet als die Arten ohne Waldbindung. Wald-Arten werden auch bei Gefässpflanzen, Brutvögeln und Tagfaltern im BDM deutlich häufiger beobachtet als dies ihrem Anteil am Artenpool der Schweiz entspricht (Koordinationstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz, 2009).

Taxonomische Gruppe (Zahl der Arten mit starker/schwacher/keiner Waldbildung)	Anteil gefährdeter Arten an den klassierten Arten*		
	starke Waldbindung	schwache Waldbindung	keine Waldbindung**
Wirbeltiere (14/184/118)	7%	18%	29%
Wirbellose Tiere (34/328/726)	23%	13%	25%
Pflanzen (545/460/3'013)	7%	9%	19%
Flechten und Grosspilze*** (856/527/496)	42%	11%	39%
Säugetiere (2/60/22), Brutvögel (12/94/85)	50%	17%	18%
Reptilien (0/16/3)	0%	8%	27%
Amphibien (0/14/8)	–	50%	67%
Mollusken (11/130/137)	–	50%	38%
Tagfalter (3/51/148)	36%	5%	23%
Laufkäfer (20/138/339)	66%	31%	29%
Heuschrecken (0/9/102)	10%	14%	24%
Gefässpflanzen (388/284/2471)	–	0%	21%
Moose (189/216/655)	5%	11%	22%
Flechten, Baum/Erde bewohnende (252/177/274)	13%	6%	11%
Grosspilze (604/350/222)***	31%	7%	15%
	46%	43%	52%

*) ausgestorben, vom Aussterben bedroht und stark gefährdet als Anteil aller klassierbaren Arten

***) inklusive nicht klassierbare Arten

**) bei Grosspilzen liegen keine Klassierungen der Waldbindung für die nicht gefährdeten Arten vor; die angegebene Zahl ist die Summe aller ausgestorbenen, vom Aussterben bedrohten, stark gefährdeten und gefährdeten Arten.

Von insgesamt 132 ausgestorbenen Arten sind nur 14 (12 Flechten, je eine Gefässpflanzen- und Moosart) stark an den Wald gebunden. 6 weitere ausgestorbene Arten sind teilweise oder schwach an den Wald gebunden.

In der nachfolgenden Tabelle ist die absolute Zahl gefährdeter Arten in den einzelnen Gruppen dargestellt. Bei den gefährdeten Arten mit starker Waldbindung handelt es sich in erster Linie um Pilze, gefolgt von den Flechten.

Auch einige Moose und Gefässpflanzen finden sich unter den gefährdeten Wald-Spezialisten, während Tiere in dieser Gruppe fast keine Rolle spielen.

Taxonomische Gruppe	Zahl gefährdeter Arten*		
	starke Waldbindung	schwache Waldbindung	keine Waldbindung**
Säugetiere	1	10	4
Brutvögel	0	8	25
Reptilien	0	8	2
Amphibien	0	7	3
Mollusken	4	6	32
Tagfalter	2	16	43
Laufkäfer	2	20	82
Heuschrecken	0	0	21
Gefässpflanzen	19	30	533
Moose	24	13	74
Flechten, Baum/Erde bewohnende	79	12	79
Grosspilze	277	48	115

*) ausgestorben, vom Aussterben bedroht und stark gefährdet

***) inklusive nicht klassierbare Arten

7.4 Anteil von Arten mit deutlicher Bestandesabnahme

In den neueren Roten Listen der Schweiz werden Arten mit einem deutlichen Bestandesrückgang in den letzten 10 Jahren oder mit einem zu erwartenden Rückgang in der kommenden 10 Jahren besonders bezeichnet. Die Publikation der entsprechenden Listen erfolgte für Brutvögel 2001, Gefässpflanzen und Flechten 2002, Moose 2004, Reptilien und Amphibien 2005, Heuschrecken 2007.

Anteil der Arten mit Bestandesrückgang bei den Gruppen mit unterschiedlicher Waldbindung (in Klammer: Zahl der Arten mit starker/schwacher/keiner Waldbindung)	starke Waldbindung	schwache Waldbindung	keine Waldbindung (inkl. nicht klassierbare Arten)
Alle klassierbaren Gruppen (844/811/3'602)	28%	23%	29%
Brutvögel (15/95/89)	20%	13%	17%
Reptilien (0/16/3)	–	69%	100%
Amphibien (0/14/8)	–	79%	25%
Heuschrecken (0/9/102)	–	11%	35%
Gefässpflanzen (388/284/2'471)	12%	19%	29%
Moose (189/216/655)	16%	8%	14%
Flechten, Baum/Erde bewohnende (252/177/274)*	64%	44%	70%

*) 83 weitere Arten, alle in der Roten Liste als «Data deficient» oder «not evaluated» klassiert, konnten nicht nach Waldbindung geordnet werden.

Bei den Arten mit starker Waldbindung verzeichnete in neuester Zeit ein ähnlicher Anteil deutliche Bestandesrückgänge wie bei den gar nicht waldgebundenen Arten. Von den schwächer an den Wald gebundenen Arten ist dagegen ein kleinerer Anteil im Rückgang. Eine bemerkenswerte Ausnahme zeigt sich bei den Gefässpflanzen, bei denen die stark waldgebundenen Arten den geringsten Anteil an zurückgehenden Arten aufweisen. **Für die anderen Gruppen gilt derzeit: die Wald-Spezialisten scheinen stärker abzunehmen als die weniger spezialisierten waldbewohnenden Arten.**

Es ist zu beachten, dass diese Betrachtung nicht darauf eingeht, dass es auch Arten mit zunehmenden Beständen gibt. So zeigt ein Vergleich mit den Vogel-daten im Abschnitt 7.2, dass die stark waldgebundenen Arten trotz 20% Arten

mit Rückgang (Haselhuhn, Waldschnepfe, Waldlaubsänger) gesamthaft stark zunehmen, weil es in dieser Gruppe eben noch mehr Arten mit starker Zunahme gibt. Bei den Arten ohne Waldbindung wird ein Anteil von 17% abnehmenden Arten nur knapp durch zunehmende Arten ausgeglichen.

8 Bewertung der Szenarien für die Waldwirtschaft der Zukunft

8.1 Definition der Szenarien

Einleitende Bemerkungen

Über das Holznutzungspotential und über die künftige Holznutzung im Wald existieren bereits verschiedene Szenarien. Seitens der Bundesbehörden befassen sich das Bundesamt für Umwelt sowie das Bundesamt für Energie damit. Wo immer es aus der Sicht unseres Projekts sinnvoll erscheint, lehnen wir uns an bestehende Szenarien der Bundesbehörden an. Wir nehmen dabei Bezug auf die Szenarien der «Projektbegleitgruppe Holznutzungspotential», welche von Paolo Camin (BAFU, Abteilung Wald) geleitet wird.

Wir gehen davon aus, dass Stockausschlagswald (Nieder- und Mittelwald) in der Zukunft keine Rolle für die Holzproduktion spielen wird. Wir sehen auch keine vernünftigen Gründe für eine Reaktivierung dieser Betriebsart, ausser vielleicht punktuell aus museal-landschaftspflegerischen Gründen.

Eine wichtige Annahme liegt unserer Bewertung der Szenarien zugrunde: die im Projekt «Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau» entwickelten Minimalwerte werden nicht unterschritten.

Anlässlich der Sitzung vom 21. Dezember 2009 hat die Projektgruppe «Biodiversität und Holznutzung» beschlossen, für ihr Projekt von den zwei Grund-szenarien «verstärkte Holznutzung» (S1) und «Status quo» (S2) auszugehen. Beim Grund-szenario «verstärkte Holznutzung» (S1) wird zwischen 3 Varianten mit unterschiedlichem Reservatsanteil unterschieden. Die Szenarien sind wie folgt definiert³⁸:

S1 «verstärkte Holznutzung»

S1 lehnt sich an das Szenario B maximaler Zuwachs V2 der Projektbegleit-gruppe Holznutzungspotential an. Die Holznutzung ist grösser als der Holz-zuwachs, so dass eine leichte Vorratsabnahme resultiert. Der durchschnittliche Holzvorrat nimmt bis ins Jahr 2106 kontinuierlich von heute 360 auf neu 300 m³ pro Hektare ab.

Die Durchschnittsgrösse der Hiebsflächen in Baumhölzern nimmt zu, ebenso wie der Anteil licht- und wärmebedürftiger Baumarten (Eiche, Edellaubhölzer, Föhre, Lärche). Die Anteile von Schattenbaumarten nehmen ab (Buche, Weisstanne, Fichte).

Variante 1: Naturwaldreservate³⁹ haben einen Anteil von 5% an der gesamten Waldfläche. Die regionale Verteilung entspricht den Verhältnissen im Januar 2010.

Variante 2: Naturwaldreservate haben einen Anteil von 10% an der gesamten Waldfläche. Die regionale Verteilung entspricht einerseits den Verhältnissen im Januar 2010 (häufig gewichtet) und einer repräsentativen Verteilung über die Produktionsregionen (ebenfallshäufig gewichtet).

³⁸

Die Szenarien gehen stets von der zugänglichen Waldfläche gemäss LFI aus.

³⁹

Naturwaldreservate sind vertraglich auf ≥ 50 Jahre gesichert; es findet keinerlei Holznutzung statt.

Variante 3: Naturwaldreservate haben einen Anteil von 20% an der gesamten Waldfläche. Die regionale Verteilung entspricht einer repräsentativen Verteilung über die Produktionsregionen.

S2 «Status quo»

S2 entspricht dem Basisszenario A der Projektbegleitgruppe Holznutzungspotential. Der Holzvorrat bleibt langfristig konstant auf dem Niveau des Jahres 2006 (360 m³ pro Hektare). Die Holznutzung erfolgt so, dass die Durchforstungsstärken und die jährlichen Verjüngungsflächen im gleichförmigen Hochwald weitgehend konstant bleiben.

Die Flächenanteile der Betriebsarten erfahren keine oder nur marginale Verschiebungen. Die Nadelholzanteile in den verjüngten Waldflächen entsprechen den BAFU Empfehlungen für die verschiedenen Waldgesellschaften. Sturm-tätigkeit und natürliche Abgänge entsprechen dem Durchschnitt der vergangenen 40 Jahre. Naturwaldreservate haben einen Anteil von 10% an der gesamten Waldfläche. Die regionale Verteilung entspricht einerseits den Verhältnissen im Januar 2010 (hälftig gewichtet) und einer repräsentativen Verteilung über die Produktionsregionen (ebenfalls hälftig gewichtet).

8.2 Einfluss der Szenarien auf die Waldbiodiversität – Abschätzung anhand der Variablen

Eine unpublizierte multivariate Analyse der Daten aus dem BDM und dem LFI (Anhang 2, siehe auch die Ausführungen im Abschnitt 4.4) zeigt mögliche Einflüsse von Waldeigenschaften auf die Artenvielfalt auf. Es wurden (Wald-) Standorteigenschaften, (Wald-)Struktureigenschaften und (Wald-) Nutzungseigenschaften in die Analyse einbezogen. Aus insgesamt 61 erklärenden Variablen wurden diejenigen identifiziert, welche auf eine hohe Korrelation mit der kleinräumigen (Wald-)Artenvielfalt⁴⁰ hinweisen.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen einerseits die Einflüsse der Variablen auf die Artenvielfalt. Als zusätzliche Strukturvariablen verwenden wir die Verjüngungsart und die Totholzmenge. Diese beiden Variablen können als wichtig für die Biodiversität gelten (siehe Abschnitt 4.4), auch wenn dies in der genannten Analyse nicht herausgearbeitet werden konnte. Zudem enthalten die Tabellen unsere Abschätzung, wie sich die Waldentwicklungsszenarien auf die einzelnen Variablen auswirken. Wir differenzieren dabei zwischen der Variante «Status quo» und der Grundvariante «verstärkte Holznutzung».

⁴⁰ Definiert als Zahl verschiedener Gefäßpflanzen-, Moos- und Gehäuseschneckenarten auf 10 m².

Standortsvariablen mit hohem Erklärungswert für die Biodiversität

	Einfluss Szenario «Status quo» auf die Variable	Einfluss Szenario «verst. Holznutzung» auf die Variable	Arten mit starker Waldbindung	Arten mit starker oder schwacher Waldbindung	seltene Arten mit Waldbindung	alle Arten
Landolt-Zeigerwert für Helligkeit	→	↗	±	±	±	±
Landolt-Zeigerwert für Nährstoffe	↗	→	+		±	+
Deckung der Buche in der Oberschicht	↗	↘	-	-		-
Deckungsgrad der Strauchschicht	→	↗	+			
Reine Nadelholzbestände	↘	↘		±		±
Lücken	→	↗		+		
Stand Density Index (Bestandesdichte)	→	↘		-		-
Holzvorrat lebend	→	↘			-	
Bestandesalter	↗	→			+	
Deckungsgrad der Verjüngung	↗	↗				(+)
Verjüngungsart (Naturverjüngung vs. Pflanzung)	→	→				
Totholz	→	↘				

↗ Das betrachtete Szenario bewirkt einen Anstieg des Werts der Variable.

→ Beim betrachteten Szenario ist kein messbarer Einfluss auf die betrachtete Variable zu erwarten.

↘ Das betrachtete Szenario bewirkt einen Rückgang / eine Verminderung des Werts der Variable.

Grün = Veränderung für Biodiversität positiv, Rot = für Biodiversität negativ zu bewerten.

+ Die Variable wirkt positiv auf die Artenvielfalt ($p < 0.01$)

- Die Variable wirkt negativ auf die Artenvielfalt ($p < 0.01$)

± Mittelwerte wirken anders als Extremwerte ($p < 0.01$)

(+) Positive Wirkung nur auf die Schneckenvielfalt ($p < 0.01$)

8.3 Gesamtbeurteilung der Szenarien

Das Szenario verstärkte Holznutzung dürfte sich positiv auf die Artenvielfalt im Wald auswirken. Bei 8 der 12 für die Biodiversität wichtigen Variablen resultieren aus dem Szenario positive Einflüsse auf die Biodiversität. Bei einer Variablen ist ein negativer Einfluss zu erwarten und bei drei weiteren Variablen sind keine Veränderungen zu erwarten.

Wenn nebst der Grundvariante des Szenarios verstärkte Holznutzung zusätzlich noch die Teilvarianten mit unterschiedlichen Waldreservatsanteilen mitberücksichtigt werden, dürfte Teilvariante 3 mit 20% Reservaten bezüglich Waldbiodiversität am besten abschneiden, weil zusätzlich zu den drei im BDM erho-benen Artengruppen in den Reservaten auch die an Totholz gebundenen Insekten und Pilze am meisten profitieren. In diesen Reservaten werden sich Bestände mit hohem Bestandesalter und gleichzeitig geringer Bestandesdichte entwickeln, was ebenfalls positiv für die Biodiversität zu bewerten ist.

Das Szenario Status quo dürfte eine mehrheitlich indifferente Wirkung auf die Artenvielfalt im Wald haben. Bei 4 der 12 Variablen mit hohem Erklärungswert resultieren aus dem Szenario positive Einflüsse auf die Biodiversität. Bei einer Variablen ist ein negativer Einfluss zu erwarten und bei den weiteren 7 Variablen sind keine Veränderungen zu erwarten.

9 Literaturverzeichnis

Brändli, U.-B. (Red.) 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004 - 2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt, BAFU. 312 S.

Brassel, P.; Brändli, U.-B., 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993 - 1995. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 442 S.

Burschel, P.; Huss, J., 1999: Grundriß des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Parey 1999. 487 S.

Bütler, R.; Angelstam, P.; Ekelund, P.; Schlaepfer, R., 2004: Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker in boreal and sub-alpine forest. *Biological Conservation* 119: 305-318.

Haase, V; Topp, W.; Zach, P., 1998: Eichen – Totholz im Wirtschaftswald als Lebensraum für xylobionte Insekten. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 7: 137 – 153.

Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz, 2009: Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0911. Bern, Bundesamt für Umwelt. 112 S.

Marris, E., 2009: Ragamuffin earth. *Nature* 460: 450-453.

Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE), 2007: State of Europe's Forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Warsaw, MCPFE. 246 S.

Paillet, Y.; Bergès, L.; Hjältén, J.; Odor, P.; Avon, C.; Bernhardt-Römermann, M.; Bijlsma, R.-J.; De Bruyn, L.; Fuhr, M.; Grandin, U.; Kanka, R.; Lundin, L.; Luque, S.; Magura, T.; Matesanz, S.; Mészáros, I.; Sebastià, M.-T.; Schmidt, W.; Standovár, T.; Tóthmérész, B.; Uotila, A.; Valladares, F.; Vellak, K.; Virtanen, P., 2010: Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology* 14: 101-112.

Schiess, H.; Schiess-Bühler, C., 1997: Dominanzminderung als ökologisches Prinzip eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für den Arten- und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 127 S.

Winter, S.; Flade, M.; Schumacher, H.; Möller, G., 2003: Naturschutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland. Unpublizierter Sachbericht der Landesanstalt für Grossschutzgebiete Brandenburg und des Bundesamtes für Naturschutz. 445 + 61 S.

WSL, 2010: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Spezialauswertung der Erhebungen 1983-85, 1993-95 und 2004.06. 260110UU. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.

Zbinden, N.; Schmid, H.; Kéry, M.; Keller, V., 2005: Swiss Bird Index SBI® - Kombinierte Indices für die Bestandsentwicklung von Artengruppen regelmässig

brütender Vogelarten der Schweiz 1990-2004. Der Ornithologische Beobachter
102: 283-291.