

Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden

Projektbericht 2001 bis 2009

Thomas Reich, Reinhard Lässig und Thomas Wohlgemuth



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee
und Landschaft WSL

Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden

Projektbericht 2001 bis 2009

Thomas Reich, Reinhard Lässig und Thomas Wohlgemuth

Herausgeber
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Verantwortlich für die Herausgabe:

Prof. Dr. James Kirchner, Direktor

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Adresse der Autoren:

Thomas Reich, Dr. Reinhard Lässig¹, Dr. Thomas Wohlgemuth²

Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

¹ Projektleitung 2001–2007

² Projektleitung 2007–2010

Alle Fotos ohne Autorangabe stammen von Thomas Reich.

Wir danken Christoph Angst für die Konzeption der Datenaufnahmen und für die Durchführung der ersten beiden Felderhebungen. Dank gebührt auch Daniela Csencics, Andrea Walther, Sabrina Baumann, Christoph Hester und Evelyne Schnider, die uns als Praktikantinnen und Praktikanten jeweils für eine Saison bei den Datenaufnahmen unterstützten. Nicht vergessen möchten wir die zahlreichen anderen Personen, die für kürzere oder längere Zeit bei den Feldaufnahmen mithalfen: Hansheinrich Bachofen, Heidi Breuss, Enrico Cereghetti, Christian Hofmann, Lorenz Hübner, Daniel Köchli, Vasyl Lavny, Christian Matter, Yvonne Merki, Peter Schweizer, Stephanie Toepperwien, Christoph Weidmann. Wir danken den Vertretern des Amtes für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden für die gute Zusammenarbeit sowie der Teilsame Lungern-Obsee, in deren Wald die Forschungen stattgefunden haben. Wir danken Andreas Rigling für die sorgfältige Durchsicht des Manuskripts. Das Forschungsprojekt wurde mit Geldern des Reservatsfonds finanziert, der durch das Bundesamt für Umwelt BAFU gespiesen wird.

Zitierung:

REICH, T.; LÄSSIG, R.; WOHLGEMUTH, T., 2010: Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden. Projektbericht 2001 bis 2009. [Published online 1. 9. 2010] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/10509>> Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 42 S. [pdf]

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2010

Umschlag von oben nach unten:

- Windwurffläche 6 Jahre nach dem Sturm (Foto: Christoph Angst)
- lebende Fichte inmitten abgestorbener Bergföhren (Foto: Thomas Reich)
- Stichprobenpunkt im Baumverhau (Foto: Christoph Angst)
- Datenaufnahme (Foto: Thomas Reich)
- Fichtenverjüngung auf Wurzelsteller (Foto: Thomas Reich)

Reich, T.; Lässig, R.; Wohlgemuth, T. 2010: Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden. Projektbericht 2001 bis 2009. [Published online 1. 9. 2010] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/10509>>. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 42 S. [pdf]

Abstract

Forest dynamics after windthrow in the Rorwald preserve, canton Obwalden

In December 1999, the winter storm Lothar blew down many stands of Norway spruce (*Picea abies*) and mountain pine (*Pinus mugo*) in the Rorwald preserve, an extensive forest area in the canton Obwalden. During the following years spruce bark beetle (*Ips typographus*) rapidly spread from damaged areas. From 2001 to 2009 the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL monitored the forest dynamics on an area of 107 ha using 142 sample plots.

In open places where trees were uprooted or broken by the storm, regeneration was generally quick despite a high browsing rate. In detail, rowan (*Sorbus aucuparia*) and other deciduous tree species could profit from improved light conditions. Nevertheless, numbers show marked differences with respect to sites mirroring the importance of soil properties, micro-relief and advance regeneration. The future forest may be structurally diverse due to the spatio-temporally highly varying sapling growth.

Roe deer, red deer and chamois cannot hinder tree regeneration on large windthrow areas. However, the combination of selective browsing by these animals and the different growth properties of tree species influence the composition of the next forest generation. Dead wood is an important substrate for the germination and early growth of Norway spruce. This holds especially for moist and wet places, where rapidly growing dense tall herbs generally shade out tree saplings. Tree regeneration is still sparse in mountain pine stands that had died from bark beetle attacks. In these stands, site conditions are wet and tree regeneration needs clearly more time than on moist or well-drained substrates.

In the centre zone of the forest preserve, where no post-windthrow sanitation logging took place, roughly 40% of the standing Norway spruce and 75% of the standing mountain pines died from spruce bark beetle. The bark beetle gradation culminated in 2003. Afterwards, the number of new attacks rapidly decreased, and since 2005, tree mortality was very low.

Keywords: windthrow, forest preserve, tree regeneration, forest rejuvenation, spruce bark beetle, *Ips typographus*, ungulate browsing

Reich, T.; Lässig, R.; Wohlgemuth, T. 2010: Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden. Projektbericht 2001 bis 2009. [Published online 1. 9. 2010] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/10509>>. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 42 S. [pdf]

Abstract

Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden

Im Dezember 1999 warf der Orkan „Lothar“ im Rorwald viele Waldbestände. In den Folgejahren entwickelte sich in den vom Sturm geschädigten Fichten- und Bergföhrenwäldern eine starke Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*). Von 2001 bis 2009 untersuchte die Eidg. Forschungsanstalt WSL die Waldentwicklung im neu geschaffenen Waldreservat auf einer Fläche von 107 ha mit 142 Stichprobenflächen.

Die Wiederbewaldung schreitet auf den lichtdurchfluteten Sturmflächen trotz hohem Verbissdruck grundsätzlich schnell voran. Insbesondere die Vogelbeere und andere Laubgehölze profitieren vom erhöhten Lichtangebot. Die Verjüngungszahlen zeigen jedoch grosse standörtliche Unterschiede, die hauptsächlich von der Beschaffenheit des Waldbodens, vom kleinstandörtlichen Relief und von der Vorverjüngung bestimmt werden. Die zeitlich und räumlich gestaffelte Wiederbewaldung erhöht die Strukturvielfalt des zukünftigen Waldes.

Reh, Hirsch und Gämse verhindern die Wiederbewaldung auf grossen Sturmflächen nicht. Das selektive Äsungsverhalten des Schalenwildes beeinflusst aber in Kombination mit der unterschiedlichen Wuchskraft der Baumarten die Zusammensetzung der zukünftigen Waldbestände. Für die Fichtenverjüngung ist Moderholz ein bedeutsamer Keimstandort. Vor allem auf vernässten Flächen mit dichter Krautvegetation ist Totholz für die Wiederbewaldung unabdingbar. 10 Jahre nach dem Sturm gibt es in den durch Borkenkäfer flächig abgestorbenen Bergföhrenwäldern noch kaum junge Bäume. An diesen Standorten braucht die Wiederbewaldung mehr Zeit als auf den übrigen Flächen.

In der Kernzone des Waldreservats, in der keine forstlichen Eingriffe stattfanden, sind rund 40% der nach dem Sturm stehen gebliebenen Fichten und 75% der Bergföhren durch Borkenkäferbefall abgestorben. Die Massenvermehrung des Käfers erreichte 2003 ihren Höhepunkt. Danach ist der Neubefall von Bäumen schnell zurückgegangen, und seit 2005 starben kaum noch Altbäume ab.

Keywords: Windwurf, Naturwaldreservat, Wiederbewaldung, Waldverjüngung, Borkenkäfer, *Ips typographus*, Wildverbiss

Inhalt

Abstract	3
1 Entstehung des Projekts	6
2 Der Rorwald.....	7
2.1 Lage und Waldgesellschaften	7
2.2 Nutzungsgeschichte	9
2.3 Besonderheiten	10
3 Methoden.....	10
3.1 Stichprobennetz	11
3.2 Probekreise	12
3.3 Totalschadenflächen und Streuschadenflächen	13
4 Ergebnisse mit Erläuterungen	14
Definitionen und Bemerkungen	14
4.1 Baumverjüngung	15
4.2 Wildverbiss	25
4.3 Vorrat, stehendes Totholz und Todesursachen	26
4.4 Vegetationsentwicklung.....	31
5 Ergebnisse aus anderen Untersuchungen im Rorwald.....	33
5.1 Borkenkäfer-Monitoring (Forster 2006)	33
5.2 Nahrungsangebot und Nahrungsnutzung von Huftieren (Weber et al. 2006).....	34
5.3 Erhebung der Kleinsäuger (Sjusko et al., unpubl.)	34
5.4 Inventar der Avifauna (Mollet 2004)	35
6 Diskussion.....	36
6.1 Borkenkäferbefall	36
6.2 Wiederbewaldung.....	38
7 Literatur / Publikationen / Berichte	41

1 Entstehung des Projekts

Der Rorwald ist dank seiner Abgeschiedenheit und fehlender Erschliessung seit über einem Jahrhundert nur noch sporadisch und extensiv genutzt worden. Er ist reich an seltenen Waldgesellschaften, Tier- und Pflanzenarten. 1989 regte der Unterwaldner Bund für Naturschutz (UBN), heute Pro Natura Unterwalden, eine Schutz- und Nutzungsplanung für den Rorwald an. Mit einer Naturraumanalyse wollte man die Grundlagen dafür schaffen, die Nutzungskonflikte möglichst zu Gunsten des Naturschutzes zu lösen. Die umfangreiche „Schutz- und Nutzungsplanung Rorwald“ wurde durch die Büros Oeko-B AG, UNA und UTAS AG durchgeführt und im Sommer 1997 abgeschlossen (Grunder et. al 1997).

Am 26. Dezember 1999 warf der Sturm Lothar im Rorwald schätzungsweise 20'000 m³ Holz. Es entstanden nebst vielen Streuwürfen auch zwei grössere Windwurfflächen. Insgesamt beträgt die Fläche aller Windwürfe 27 Hektaren. Das Schadenausmass beschleunigte die bereits vor dem Sturm bestehende Idee, den Rorwald als Waldreservat auszuscheiden. Im Herbst 2000 schloss der Kanton Obwalden mit der Waldeigentümerin, der Teilsame Lungern-Obsee, und der kantonalen Sektion von Pro Natura eine Vereinbarung über das 200 ha grosse Waldreservat Rorwald am Glaubenbüelenpass (Abb. 1). Dieses umfasst das eigentliche Naturwaldreservat samt Hoch-, Übergangs- und Flachmooren von nationaler Bedeutung (80 ha), eine Sonderwaldreservatszone (27 ha) sowie einen Waldgürtel mit besonderer Schutzfunktion (93 ha).

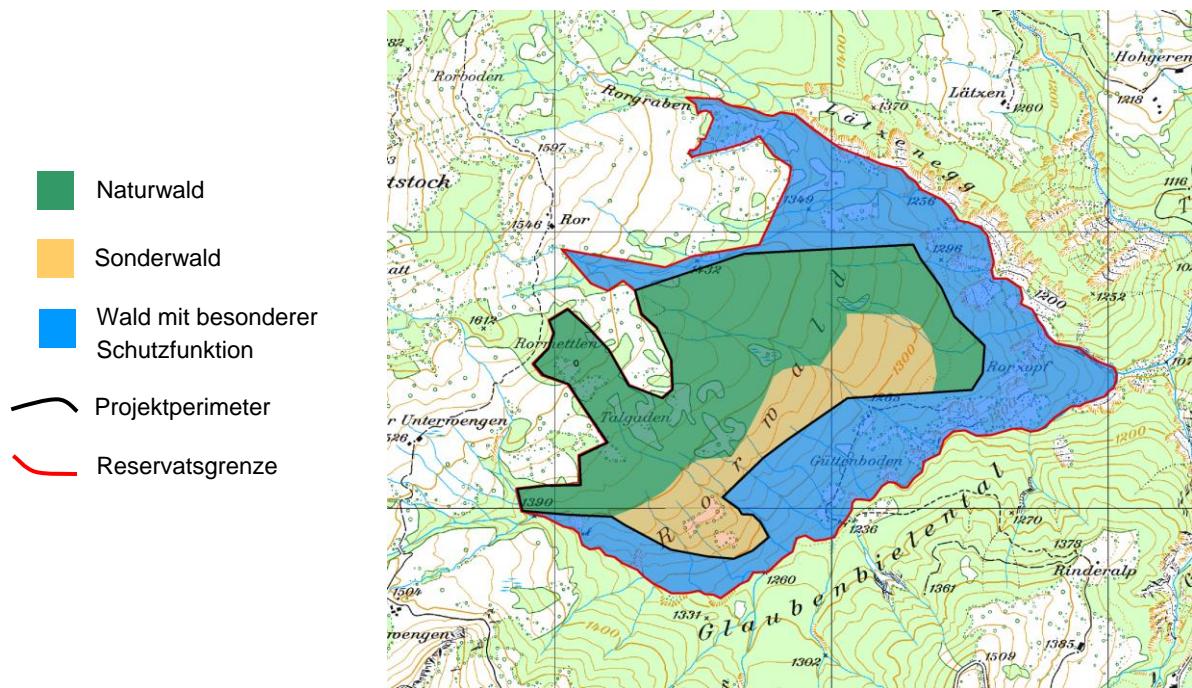


Abb. 1: Das Waldreservat Rorwald.

Im Jahr 2000 entwickelte die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) im Auftrag des Kantons Obwalden im Rorwald ein Forschungsprojekt, das durch den vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) gespriesenen Reservatsfonds finanziert wurde. Hauptziel des Projekts war die Beobachtung der Waldentwicklung während der ersten zehn Jahre nach dem Sturm.

Der Vertrag zwischen der WSL und der Rorwaldkommission - bestehend aus der Teilsame Lungern-Obsee, dem Amt für Wald und Landschaft Obwalden und Pro Natura - deckte die Periode von 2001 bis 2010 ab. Die WSL dokumentierte in dieser Zeit mittels regelmässiger Datenerhebungen und

Beobachtungen die Waldentwicklung im Natur- und Sonderwaldreservat (107 ha). Der Schwerpunkt lag bei der Waldverjüngung auf den Windwurfflächen. Daneben fand ein Borkenkäfer-Monitoring, eine Dissertation zur Nahrungsnutzung von Schalenwild sowie eine Erhebung der Kleinsäugetiere statt. Die Schweizerische Vogelwarte Sempach erstellte im Auftrag des Kantons Obwalden auf dem selben Perimeter ein Inventar der Avifauna.

Das Projekt im Rorwald ergänzte die Lothar-Forschung der WSL, die hauptsächlich in tiefen Lagen stattfand. Die hier dargestellten Resultate reihen sich in die WSL-Windwurfforschung ein, die Erkenntnisse aus mehreren Untersuchungsgebieten zu den Stürmen Vivian (Februar 1990) und Lothar (Dezember 1999) erarbeitet.

2 Der Rorwald

Dieses Kapitel beruht im Wesentlichen auf der Schutz- und Nutzungsplanung Rorwald (Grunder et al. 1997).

2.1 Lage und Waldgesellschaften

Das Waldreservat Rorwald liegt in der Gemeinde Giswil nördlich der Strasse über den Glaubenbielenpass auf einem mässig nach Südosten geneigten Hang auf einer Höhe von 1200 bis 1560 m ü. M.. Es gehört zum Einzugsgebiet der „Giswiler Laui“ und ist zu drei Seiten von tiefen, steil abfallenden, erodierenden Gräben umgeben. Im oberen Teil grenzt das Reservat an Alpweiden und Riedwiesen, die mit dem Bergwald stark verzahnt sind. Die offenen Gebiete bestehen mehrheitlich aus Flach-, Hang- und Hochmooren.

Die geologische Unterlage ist fast überall Flysch. Der Rorwald kann als eigentlicher Kern des Giswiler Flyschgebietes bezeichnet werden. Auf trockenen Kuppenlagen gibt es mittelgründige Podsolböden, an den Bacheinhängen, die in ständiger Bewegung sind, herrschen Rohböden vor.

Zwischen Pilatus und Giswiler Stock wachsen vergleichbare Wälder auf ähnlichen Standorten. Die Wälder dort sind jedoch besser erschlossen oder viel dichter mit Alpweiden durchsetzt. Vor dem Windwurf Lothar war der Rorwald ein geschlossener, strukturreicher Nadelwald. Folgende Waldgesellschaften kommen vor:



Abb. 2: Blick von der Strasse am Glaubenbielenpass auf den Rorwald im August 2005.



Abb. 3: Im Rorwald gibt es über 30 Hektaren Torfmoos-Bergföhrenwälder.

Tab. 1: Waldgesellschaften im Rorwald.

Bezeichnung nach Ellenberg und Klötzli (1972)	Nummer	Anteil
Typischer Tannen Buchenwald	18	1 %
Peitschenmoos-Fichten-Tannenwald	46	1 %
Schachtelhalm-Tannenmischwald	49	21 %
Alpendost-Fichten-Tannenmischwald	50	8 %
Subalpiner Fichtenwald mit Torfmoos	57	38 %
Subalpiner Fichtenwald mit Heidelbeere	57*	6 %
Torfmoos-Bergföhrenwald	71	20 %
diverse Pionergesellschaften (insb. Weisserlenbestände)		5 %

Rund die Hälfte der Reservatfläche besteht aus Wäldern auf sauren Böden mit Rohhumusaufklage (Tab. 1: 46, 57*, 57, 71), die aus Sicht des Naturschutzes als wertvoll gelten. Die Rohhumusaufklage belegt, dass diese Bestände seit Jahrtausenden keinen schnellen Bodenbewegungen unterworfen waren und deshalb nicht erosionsgefährdet sind. Je ein Viertel der Bestände besteht aus Fichten-Tannenwäldern (49, 50) und aus Mischwäldern mit Laubholz, wobei Pionergesellschaften an Bacheinhängen die Mehrheit darstellen.

In den beiden Reservattypen sind die Waldgesellschaften etwas unterschiedlich verteilt (Abb. 5). Im Naturwaldreservat gibt es besonders viele Wälder auf Moorböden.



Abb. 4: In den tieferen Lagen wachsen reine Weisserlen-Bestände, die als Pionergesellschaft kartiert sind.

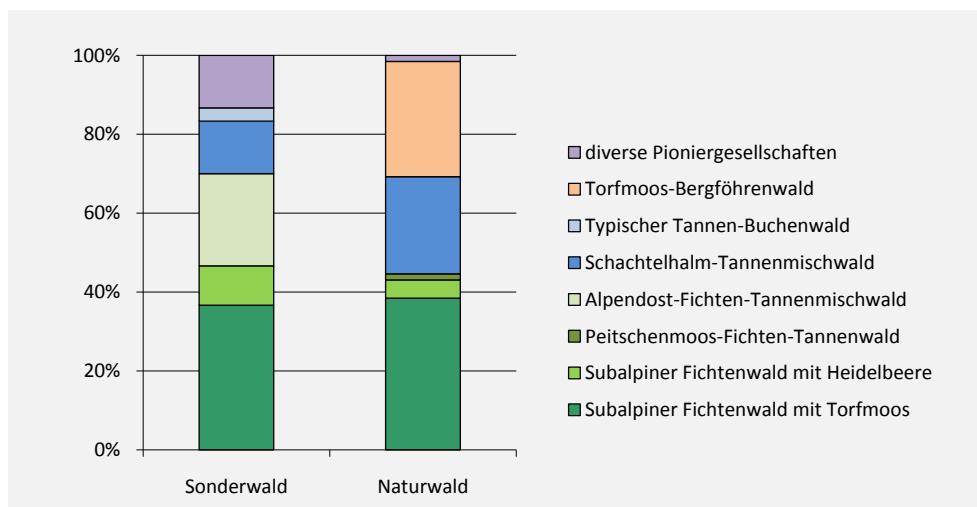


Abb. 5: Waldgesellschaften nach Reservatyp (Flächenanteile anhand der Stichprobenpunkte).

Zu Beginn des Projekts im Jahr 2001 waren die wichtigsten Baumarten Fichte (68% des Lebendvorrats), Bergföhre (24%) und Weisstanne (6%).

2.2 Nutzungsgeschichte

Der Rorwald wird in einem Kaufbrief von 1639 zum ersten Mal erwähnt. Damals erwarb die Teilsame Lungern-Obsee das Waldgebiet, das noch heute in ihrem Besitz ist. Wegen seiner abgelegenen Lage war der Rorwald als Holzlieferant von untergeordneter Bedeutung.

Vor 1912 sind nur vereinzelte Holznutzungen bekannt. Der Rorwald wurde hingegen als Weideland für Kühe, Rinder, Schafe und Pferde sehr stark genutzt. Daneben gab es verschiedene Kohlplätze, wo unter anderem aus Erlenholz Holzkohle hergestellt wurde. Auch Streunutzung ist belegt. Zudem wurden Pilze und Beeren in grossen Mengen gesammelt.

Um 1900 stieg die Nachfrage nach Holz an. Zwischen 1912 und 1919 wurden schätzungsweise 3500 m^3 Holz genutzt und mit Hilfe raffinierter Holzkonstruktionen über die tiefen Bachtobel abtransportiert (Abb. 6). 1916 legte man auf dem Hochmoorplateau oberhalb „Rorzopf“ Entwässerungsgräben an, um die Produktivität des Bodens zu erhöhen. Diese Gräben wachsen seit Jahrzehnten langsam zu, sind aber noch heute im Gelände sichtbar.

Von 1919 bis 1940 sind keine Holznutzungen bekannt. Hingegen fand 1929 eine erste Inventur mittels Vollkluppierung statt. Daraus ergab sich ein Stehendvorrat von $219\text{ m}^3/\text{ha}$ (Tab. 2). Ab 1940 erfolgte unter dem Druck der Kriegswirtschaft eine zweite Nutzungsperiode im Rorwald. Zu dieser Zeit entstand im Rorzopf eine stattliche Holzerhütte, die 1960 an den heutigen Standort versetzt wurde. Zwischen 1940 und 1951 schlugen die Forstleute zirka 9000 m^3 Holz. Eine erneute Vollkluppierung ergab 1956 einen Vorrat von $200\text{ m}^3/\text{ha}$. Die dritte und bisher letzte Nutzung erfolgte 1958/1959. In den beiden Jahren wurden 2100 m^3 Holz aufgerüstet. Insgesamt wurden zwischen ca. 1890 und 1960 auf einer Fläche von 120 Hektaren rund $14'600\text{ m}^3$ Holz genutzt.

Zwischen 1961 und 1973 wurden in einer Blösse oberhalb der Holzerhütte ca. 8'000 Fichten und 25'000 Weisserlen gepflanzt. Eine dritte Vorratserhebung, dieses Mal als Stichprobeninventur, ergab 1979 $242\text{ m}^3/\text{ha}$.

Tab. 2: Lebendvorrat im Rorwald im Laufe der Zeit.

Jahr	Vorrat (sv/ha, TFM/ha, $\sim\text{m}^3/\text{ha}$)	ermittelt durch...
1929 ¹	219	Vollkluppierung
1956 ¹	200	Vollkluppierung
1979 ¹	242	Stichprobeninventur
2001 ²	248	Stichprobeninventur WSL
2005 ²	149	Stichprobeninventur WSL
2009 ²	161	Stichprobeninventur WSL

¹ Grunder et al. (1997)

² Bäume ab BHD 16cm, mit Windwurfflächen, Abb. 38



Abb. 6: Holz-Reist-Brücke über den Rorgraben, gebaut im Jahre 1912. Foto: Amt für Wald und Landschaft Obwalden

2.3 Besonderheiten

Der Rorwald ist eines der wenigen Gebiete in Obwalden, die grossflächig unerschlossen sind. Dank seiner Abgeschiedenheit und fehlender Erschliessung wurde seit über einem Jahrhundert nur noch sporadisch und extensiv Holz genutzt (durchschnittliche Nutzung $1,7 \text{ m}^3$ pro Hektare und Jahr, seit 1959 keine Nutzungen mehr). Auf diese Weise konnte sich eine in der Schweiz selten gewordene Urtümlichkeit erhalten respektive neu entwickeln.

Weil es keine Forststrassen und kaum Wege gibt, und weil das Gebiet zu drei Seiten von tiefen Gräben umgeben ist, wird der Rorwald nur selten von Menschen begangen. Deshalb finden hier störungsempfindliche Tiere noch ihre nötige Ruhe. Der Rorwald ist diesbezüglich im Kanton Obwalden das wichtigste Gebiet. Er ist deshalb aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes eines der wertvollsten Waldgebiete im Kanton. Grosse Bedeutung hat der Rorwald speziell für die Avifauna, insbesondere für Rauhfusshühner. Auch der Schalenwildbestand (Reh, Hirsch, Gämse) ist überdurchschnittlich.

Der Rorwald ist Teil einer Moorlandschaft von nationaler Bedeutung, bestehend aus einem Mosaik von Flach- und Hochmooren, Wald, Gehölzen und Zwergstrauchbeständen. Besonders erwähnenswert sind die ausgedehnten Torfmoos-Bergföhren-Wälder sowie die zahlreichen Kleinseggenriede. Durch den Windwurf ist der Anteil an Totholz enorm gestiegen, was den Rorwald auch in dieser Hinsicht aussergewöhnlich macht.

Über den Rorwald sind viele Informationen vorhanden. Die Geschichte des Rorwaldes wurde von Franz Bürgi, ehemaliger Förster von Lungern, mit viel Liebe zum Detail festgehalten (Bürgi 1994). Einen umfassenden Überblick gibt die „Schutz- und Nutzungsplanung Rorwald“ von Grunder et al. (1997). In den vergangenen Jahren sind im Zuge des WSL-Forschungsprojektes Datensätze zu verschiedenen Themen dazu gekommen (siehe Kap. 4 und 5). Dies dürfte den Rorwald auch in Zukunft zu einem begehrten Forschungsobjekt machen.



Abb. 7: Kleinseggenriede, oft eng mit dem Wald verzahnt, beherbergen viele Tier- und Pflanzenarten.



Abb. 8: Das stark gefährdete Auerhuhn findet im Rorwald einen sehr guten Lebensraum. Foto: Chris van Rijswijk, www.birdshooting.nl

3 Methoden

Die Datenerhebung und die Wahl der Aufnahme-Parameter lehnen sich stark an die Methode der WSL-Rahmenprojekte „Vivian“ und „Lothar“ sowie an das zweite Landesforstinventar (LFI2) an. Ein ausführlicher Methodenbeschrieb findet sich in der Zusammenstellung „Methode der Erhebungen“ (Reich und Angst 2003).

3.1 Stichprobennetz

Die Felderhebungen erfolgten auf 95 Stichprobeflächen, die auf einem regelmässigen Raster im Abstand von 100 m angeordnet sind. Zusätzlich haben wir die beiden grossen Windwurfflächen mit drei verdichteten Stichproben-Blöcken genauer untersucht. Die 47 verdichteten Probeflächen haben einen Abstand von 20 m (Abb. 9 und 10, Tab. 3). Alle Stichprobenpunkte wurden mittels GPS eingemessen. Sie sind mit Aluminiumflöcken und Holzpfosten markiert (Abb. 11). Die Holzpfosten waren im Sommer 2009 bei den meisten Punkten noch vorhanden und in recht gutem Zustand.

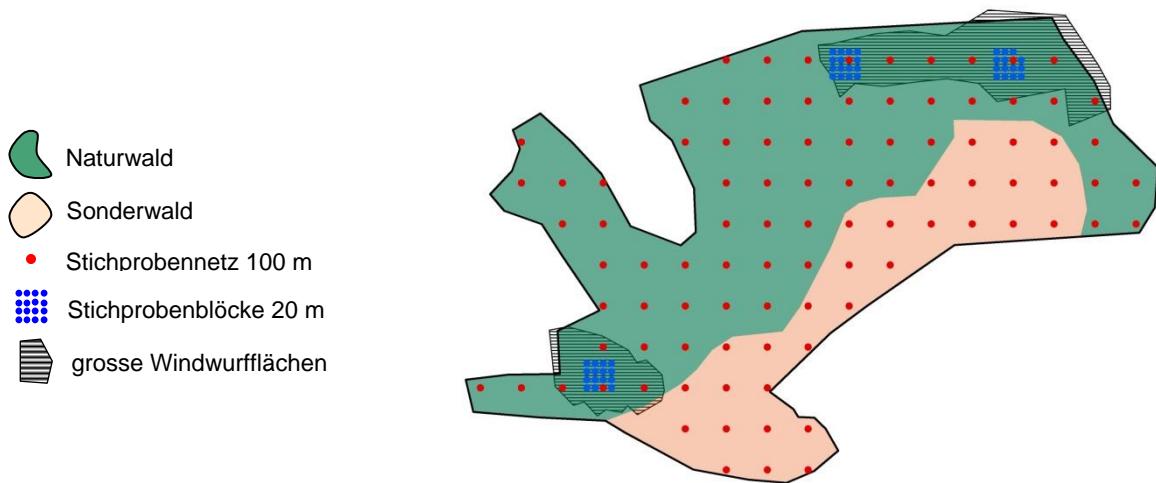


Abb. 9: Schematische Darstellung der Stichprobeflächen im Projektperimeter.

Tab. 3: Stichprobentypen im Rorwald

	reguläres Stichprobennetz	verdichtete Stichprobenblöcke
Abstand zwischen den Stichproben	100 m	20 m
Anzahl Stichproben	95	47
Anzahl Stichproben auf Totalschadenflächen	27	47
Anzahl Stichproben im Naturwaldreservat	65	47
Nummerierung	50-22 bis 70-26	A1 bis O4

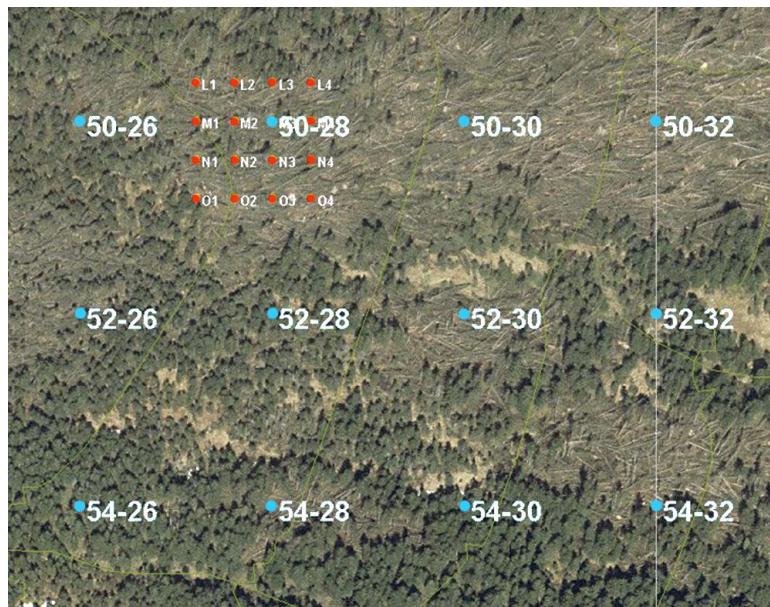


Abb. 10: Beschriftung der Stichprobenpunkte: Ausschnitt aus dem Luftbild Rorwald.



Abb. 11: Der Stichprobenpunkt G1 im Jahr 2001. Foto: Christoph Angst

3.2 Probekreise

Die Datenerhebungen fanden innerhalb kreisförmiger Stichprobenflächen statt. Die Aufnahme der Bäume erfolgte dabei in zwei konzentrischen Probekreisen. Im kleineren Kreis mit 30 m^2 Horizontalfläche massen wir alle Bäume ab 20 cm Höhe bis 12 cm Brusthöhendurchmesser. Im grösseren Kreis mit 500 m^2 Horizontalfläche erhoben wir alle Bäume über 12 cm BHD sowie verschiedene Parameter zu Waldstruktur (Abb. 12).

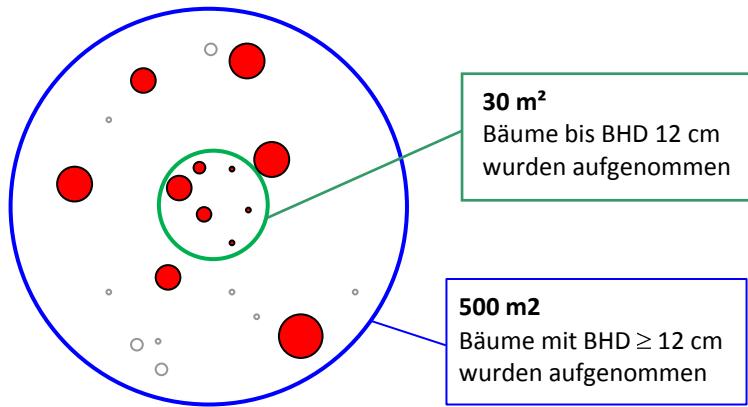


Abb. 12: Schema der Probekreise: nur die rot gefärbten Bäume wurden berücksichtigt.

3.3 Totalschadenflächen und Streuschadenflächen

Der Sturm Lothar hat nicht im ganzen Rorwald gleich starke Schäden hinterlassen. Aus diesem Grund unterscheiden wir Stichprobenflächen mit Totalschäden und solche mit Streuschäden. Als Streuschaden gilt eine Windwurffläche, die kleiner als 0,25 Hektaren ist. Stichproben ohne Sturmschäden werden zu den Streuschadenflächen gezählt (Abb. 13). In den beiden Reservatstypen sind die Sturmschäden nicht gleich verteilt, weil das Naturwaldreservat speziell in Zonen mit grossen Sturmschäden gelegt wurde (Abb. 14).

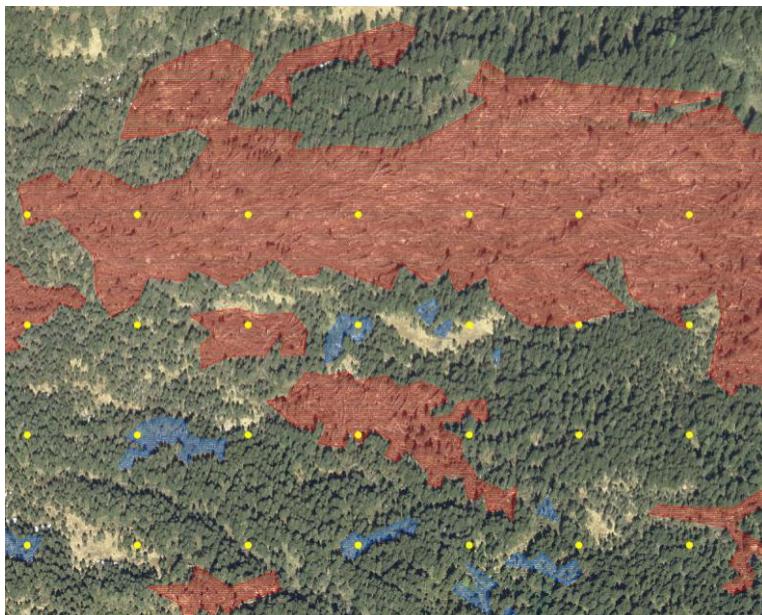


Abb. 13: Ausschnitt aus dem Luftbild Rorwald: Totalschadenflächen (> 0.25 ha) in roter und Streuschäden (< 0.25 ha) in blauer Schraffur.

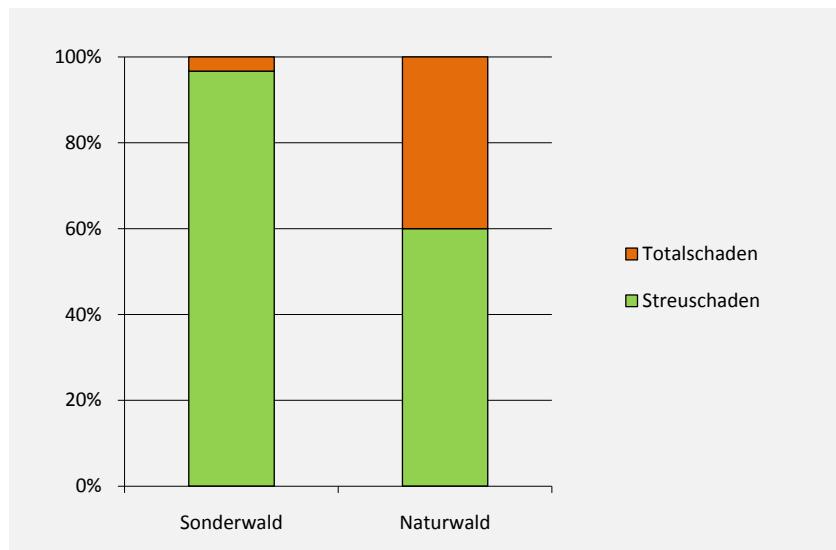


Abb. 14: Schadensintensität auf den Probeflächen nach Reservatstyp.

4 Ergebnisse mit Erläuterungen

Definitionen und Bemerkungen

- Im Rorwald verstehen wir unter "Verjüngung" alle Bäumchen zwischen 20 und 300 cm Höhe.
- Wo nicht speziell bezeichnet dienen die Punkte des 100-m-Stichprobennetzes als Datengrundlage.
- Zur Berechnung des Vorrates diente der Massentarif aus dem Wirtschaftsplan Rorwald (Stehli und Giss (1979), S. 42). Dieser Massentarif berücksichtigt alle Bäume ab BHD 16.
- Die ersten Datenaufnahmen im Jahr 2001 fanden auf drei Probekreisen statt, was sich jedoch als zu zeitaufwändig erwies. Der Wechsel zu zwei Probekreisen führte zu deutlichen Abweichungen bei der Berechnung des Holzvorrates. Aus diesem Grund passten wir den Vorrat des Jahres 2001 an denjenigen von 2003 an. Der daraus resultierende Fehler dürfte gering sein, weil bis 2003 praktisch noch keine stehenden Bäume umgefallen waren.
- Während der Datenaufnahme im Sommer 2003 fällte der lokale Forstdienst zur Borkenkäferbekämpfung viele Bäume. Aus diesem Grund verzichteten wir in diesem Jahr auf eine Datenerhebung in diesem Gebiet. Demzufolge sind im Jahr 2003 nur für das Naturwaldreservat Aussagen möglich.
- 2007 haben wir aus Spargründen keine Messung des Brusthöhendurchmessers durchgeführt. Die Vorräte des Jahres 2007 wurden interpoliert.
- Die vertikalen Balken in den Diagrammen geben den Standardfehler (SE) des Mittelwertes an

4.1 Baumverjüngung

Die Verjüngungszahl hat sowohl im ganzen Projektperimeter (Abb. 16) als auch im Naturwaldreservat (Abb. 17) seit 2001 stetig zugenommen. Besonders markant war der Anstieg der jungen Vogelbeeren (Abb. 18 und 19). Nachdem sich deren Anzahl zwischen 2001 und 2003 sowie zwischen 2003 und 2005 im Naturwaldreservat noch verdoppelte, hat sich der Prozess danach deutlich verlangsamt (Abb. 19). In den letzten Jahren hat der Anteil der Weichhölzer Weide, Birke oder Weisserle stark zugenommen.



Abb. 15: Von 2001 bis 2009 hat die Zahl der Weichhölzer stetig zugenommen. Im Bild eine junge Moorbirke.

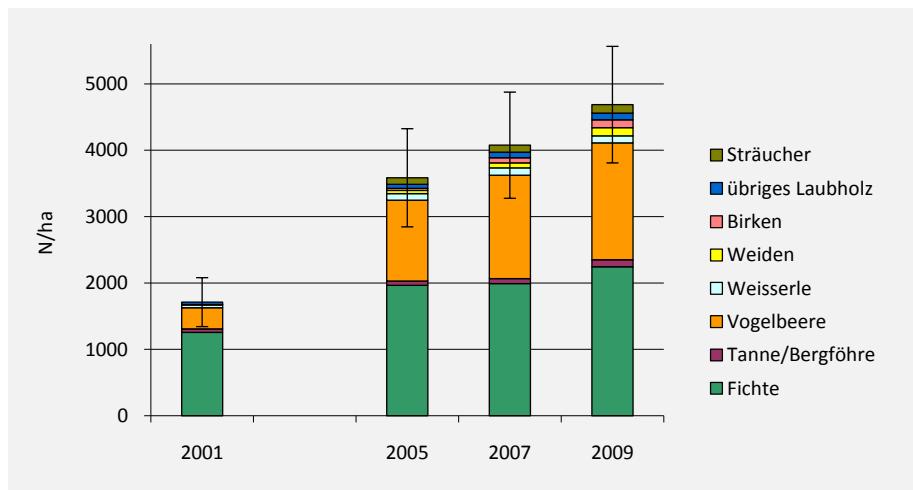


Abb. 16: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Jahr. 2003 wurden nicht genügend Daten erhoben.

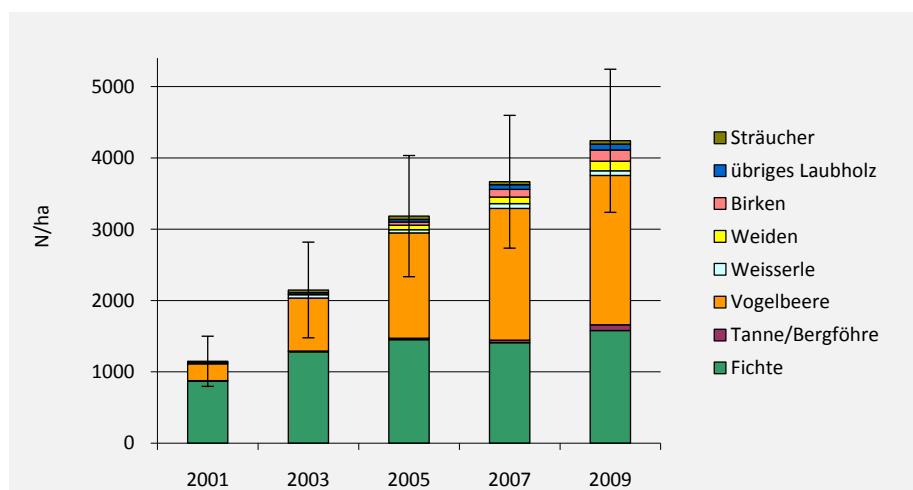


Abb. 17: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Naturwaldreservat nach Jahr.

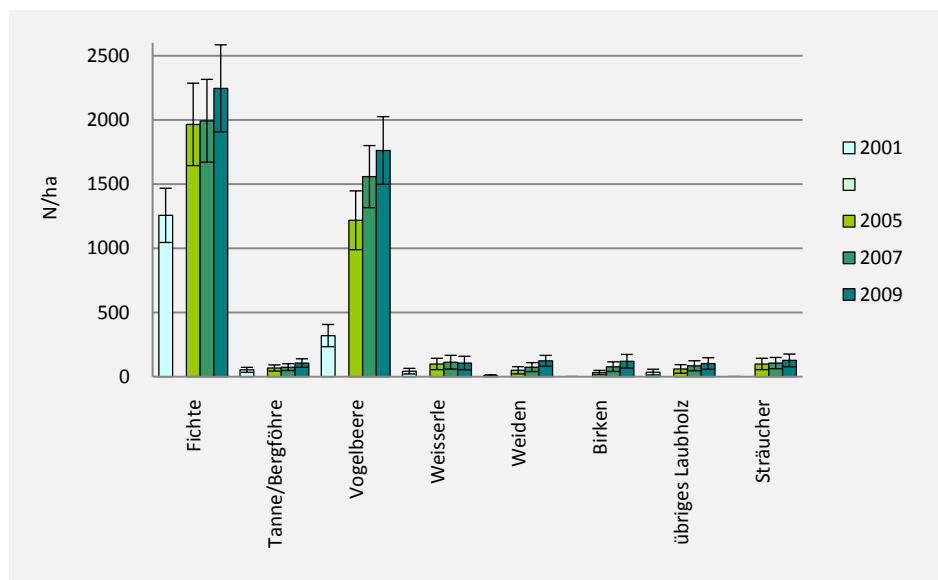


Abb. 18: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Baumart. 2003 wurden nicht genügend Daten erhoben.

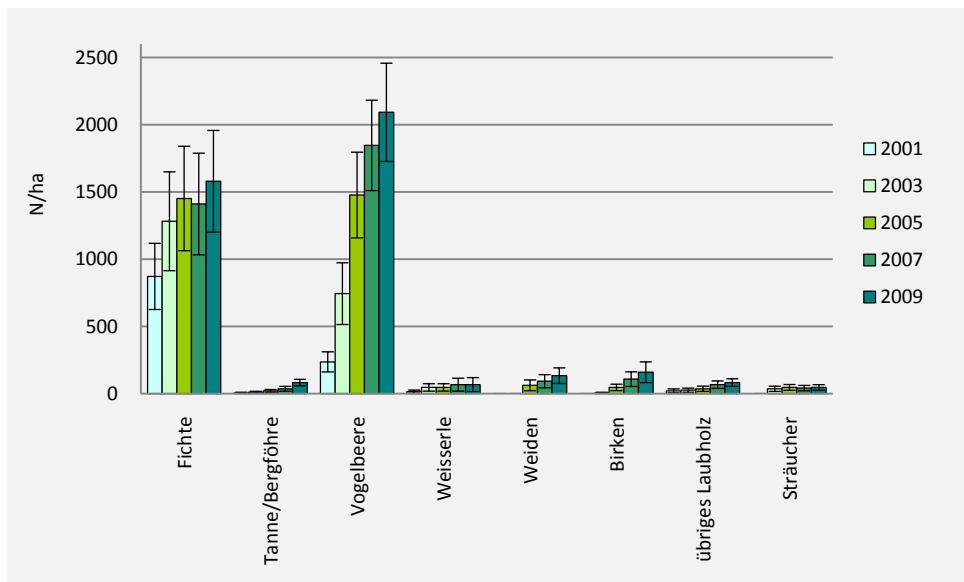


Abb. 19: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Naturwaldreservat nach Baumart.

Im Naturwaldreservat war die Baumverjüngung kurz nach dem Sturm Lothar deutlich weniger zahlreich als im Sonderwaldreservat (Faktor 1.49; Tab. 4). Im Verlauf der Jahre hat sich der Unterschied zwischen den beiden Reservatteilen verringert (ab 2007 Faktor 1.11).

Tab. 4: Verjüngungszahlen (Stammzahl/ha) von 2001 bis 2009 (alle Baumarten).

Jahr	Naturwaldreservat	Projektperimeter	Faktor
2001	1149	1712	1.49
2003	2149	zu wenig Daten	
2005	3185	3586	1.13
2007	3667	4077	1.11
2009	4241	4688	1.11

Die Nivellierung der Verjüngung 10 Jahre nach dem Windwurf hängt mit dem erhöhten Lichtangebot zusammen, das vor allem im Naturwaldreservat charakteristisch war und wovon besonders die Vogelbeere profitierte. Diese Baumart hat die dort grösste Stammzahlzunahme zu verzeichnen (Abb. 17), und in den Probekreisen mit Totalschaden dominierte sie (Abb. 25).

Die Unterschiede zwischen dem Naturwald- und dem Sonderwaldreservat können durch drei Faktoren erklärt werden:

- 1) Das Naturwaldreservat ist höher gelegen als das Sonderwaldreservat. Mit zunehmender Meereshöhe nimmt die Verjüngungsdichte leicht, aber signifikant ab ($R^2=0.10$; $p=0.002$; Abb. 23a).
- 2) Rund ein Drittel der Stichprobenpunkte des Naturwaldreservats liegen im feuchten Torfmoos-Bergföhrenwald (Abb. 5), wo die Verjüngungsbedingungen für die meisten Baumarten generell ungünstig sind. Im Sonderwaldreservat fehlen Torfmoos-Bergföhrenwälder.
- 3) Der Anteil der Totalschadenflächen ist im Naturwaldreservat mit 40% wesentlich grösser als im Sonderwaldreservat (Abb. 14). Generell war die Verjüngungsdichte während der ganzen Beobachtungszeit auf Totalschadenflächen geringer als in Streuschadenflächen (Abb. 25).

Bäume unter 20 cm

Im ersten Beobachtungsjahr 2001 massen wir nur Bäume über 20 cm Höhe. Um abzuschätzen, welche Bäume zusätzlich angesamt haben, zählten wir seit 2003 auch alle Keimlinge und Bäumchen unter 20 cm (Abb. 21).

Die Keimungsbedingungen haben sich nach 2003 kontinuierlich verschlechtert. Dies hängt mit der stetig zunehmenden Vegetation zusammen, die 2009 praktisch die ganze Untersuchungsfläche bedeckte (Abb. 48 und 49). Der Höhepunkt der Ansamungs- und Anwuchsphase ist also bereits seit einigen Jahren überschritten. An Kleinstandorten wie aufgeklappten Wurzeltellern herrschten dagegen auch 10 Jahre nach dem Sturm noch immer gute Keimungsbedingungen (Abb. 20).



Abb. 20: Eine Gruppe von mehr als 15 ein- bis vierjährigen Fichten unter 20 cm Höhe im Sommer 2009.

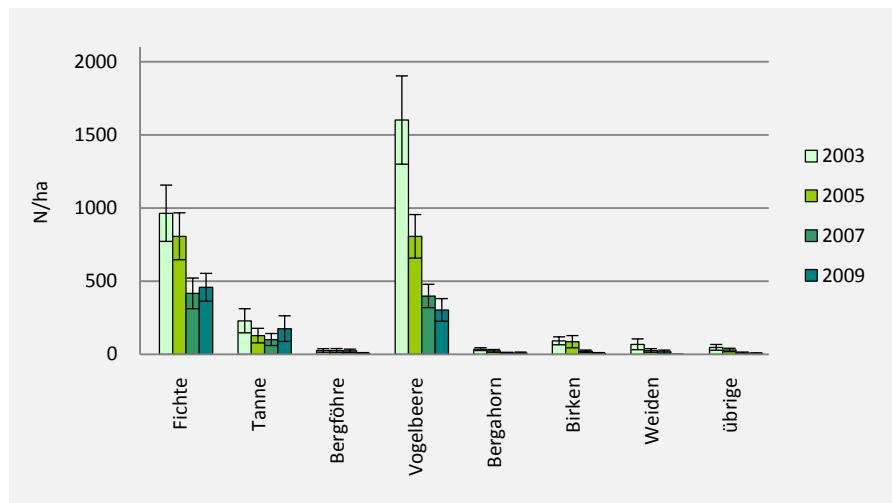


Abb. 21: Bäume kleiner als 20 cm im Naturwaldreservat (Stichprobennetze 20 m und 100 m). Im Jahr 2001 fand noch keine Erhebung statt.

Höhenklassen

In der Höhenklasse 20-39 stiegen die Verjüngungszahlen bis 2005 und verharren seither auf diesem Niveau (Abb. 22). Es sind in den letzten Jahren also etwa gleich viele Bäumchen dieser Höhenklasse entwachsen wie neue Bäume hinzugekommen sind. Weil die Zahl der Bäumchen unter 20 cm Höhe bereits seit 2003 abnimmt (Abb. 21), dürften die Stammzahlen in den Höhenklassen zwischen 20 und 300 cm in den nächsten Jahren und Jahrzehnten tendenziell zurückgehen.

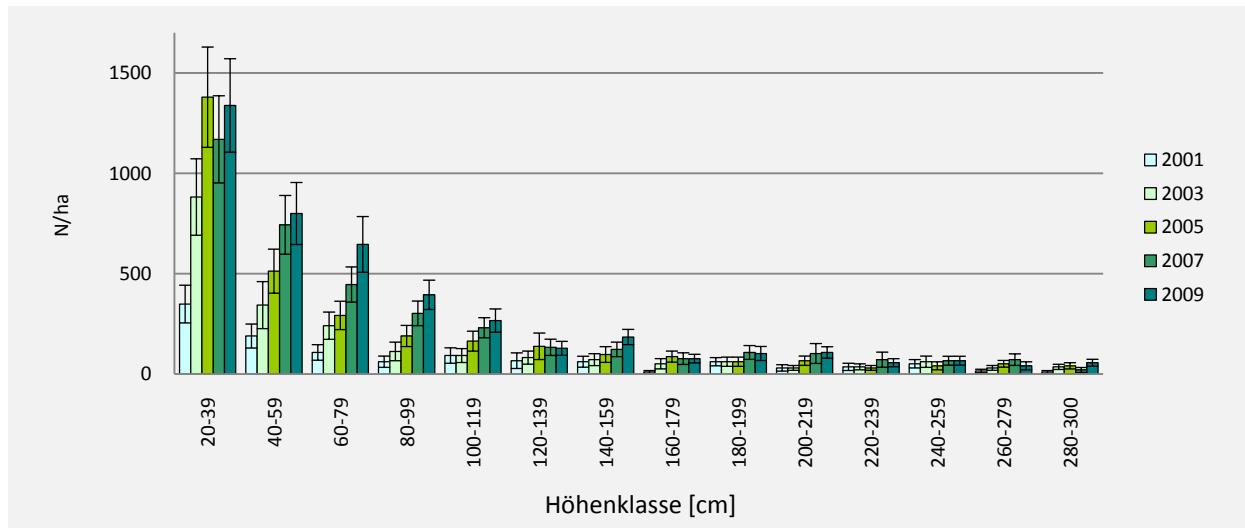


Abb. 22: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Naturwaldreservat nach Höhenklassen, ohne Sträucher.

Einfluss der Meereshöhe

Mit zunehmender Meereshöhe nimmt die Verjüngungsdichte leicht, aber signifikant ab (Abb. 23a). Auch durch Gruppieren der Stichprobenpunkte lässt sich zeigen, dass es in höheren Lagen tendenziell weniger Verjüngung gibt (Abb. 23b).

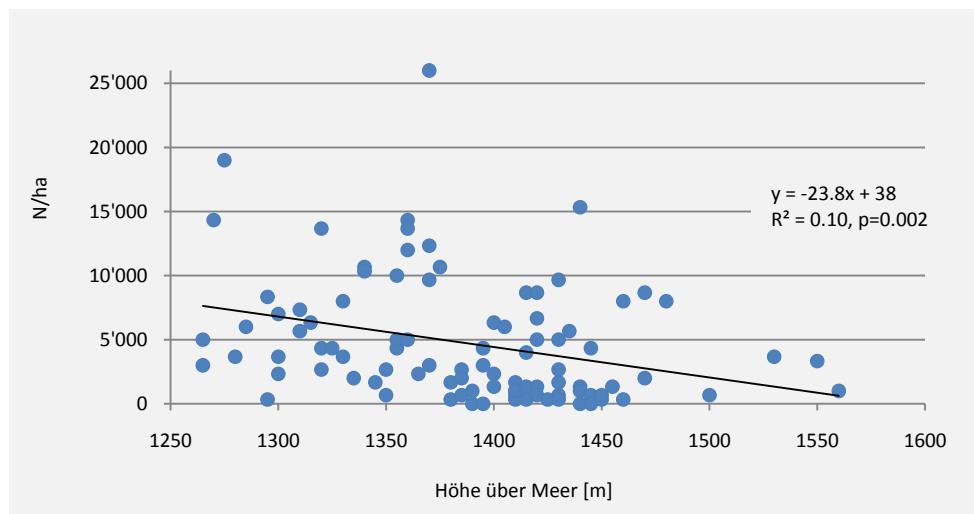


Abb. 23a: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Höhe über Meer.

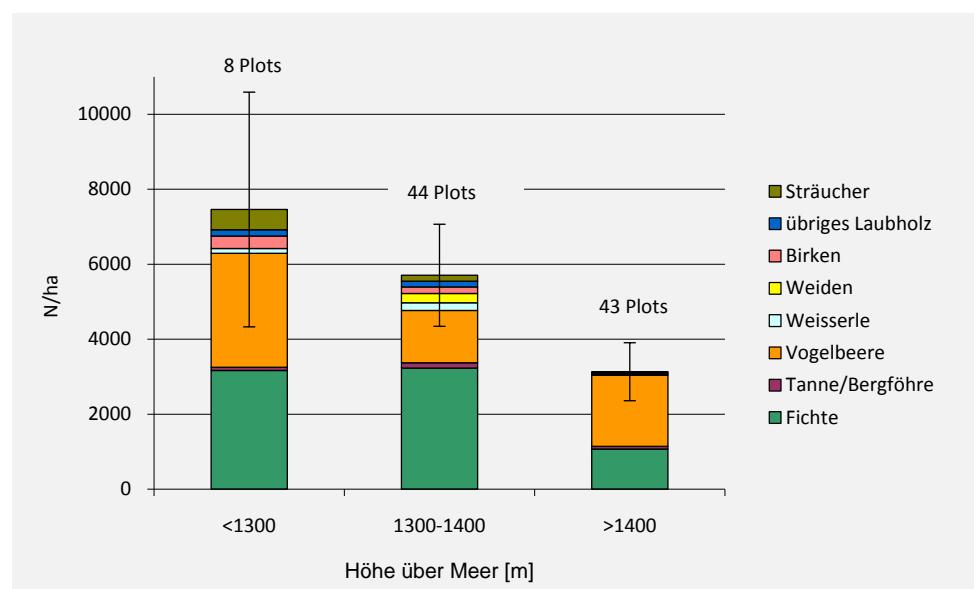


Abb. 23b: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Höhe über Meer.

Einfluss der Schadenintensität

Im Jahr 2001 wuchsen auf den Totalschadenflächen viel weniger Jungbäume als auf den Streuschadenflächen (Abb. 25). Vier Jahre später zählten wir auf beiden Flächentypen schon fast gleich viele Bäumchen. Diese Differenz hat sich allerdings zwischen 2005 und 2009 nicht mehr verringert.

Auf den Totalschadenflächen war die Vogelbeere die dominierende Baumart, wobei der Grossteil der Bäumchen nach dem Sturm Lothar aufgekommen ist. Der Anteil Kernwüchse ist allerdings nur schwer abschätzbar. An günstigen Standorten wächst die Vogelbeere mehrstämmig und teilweise zu Dutzenden in grossen Gruppen (Abb. 24), was die Identifikation einzelner Individuen erheblich erschwerte.

Die wenigen Tannen und Bergföhren wachsen mehrheitlich auf Streuschadenflächen. Seit 2007 etablieren sie sich aber auch auf den Probeflächen mit Totalschaden. Auf den Totalschadenflächen sind in den letzten Jahren zahlreiche Weiden aufgekommen. Dagegen ist die Weisserle praktisch nur auf den vom Sturm schwach beeinträchtigten Flächen zu finden.



Abb. 24: Die Vogelbeere hat auf Windwurfflächen stark zugenommen, wo sie oft in grossen Gruppen mit vielen Trieben wächst.

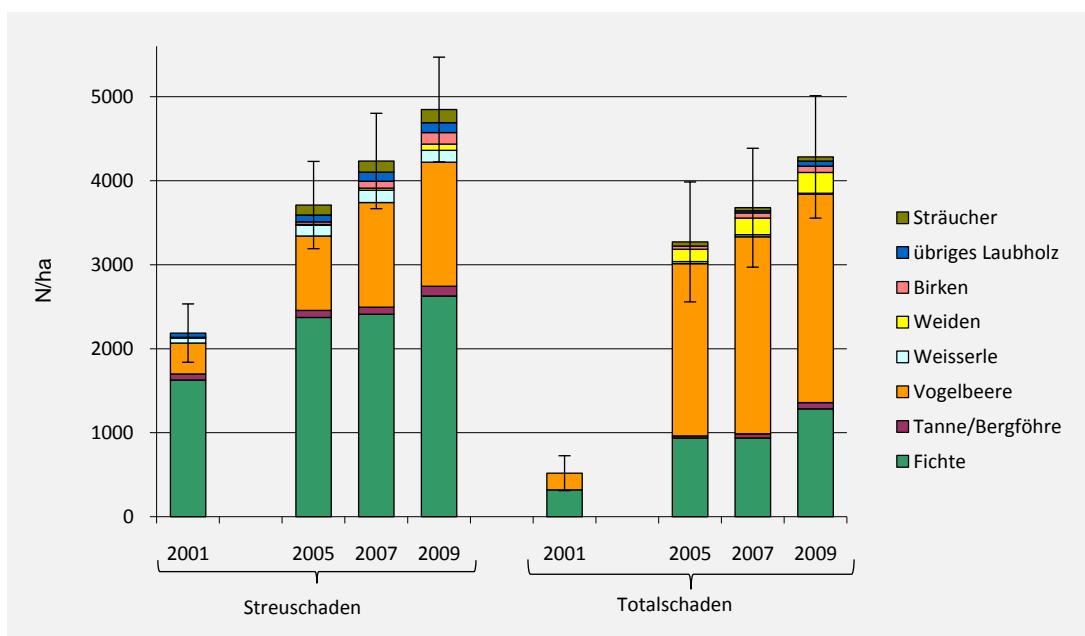


Abb. 25: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Windwurffintensität. 2003 wurden nicht genügend Daten erhoben.

Verjüngung der Bergföhre

Besonderes Augenmerk galt im Rorwald der Bergföhre. Diese Baumart bildete vor 1999 einen beachtlichen Teil der Baumschicht. Torfmoos-Bergföhren-Bestände mit sehr hohem Föhrenanteil waren im Gebiet häufig. Die Weiterentwicklung dieser Wälder ist zum aktuellen Zeitpunkt unklar, denn durch den Sturm und Borkenkäferbefall ist der Grossteil der Bergföhren abgestorben (Abb. 38 und 39), und die Verjüngung dieser Baumart setzte nur zögerlich ein (Abb. 18, 19 und 21). So waren auch 10 Jahre nach dem Windwurfereignis total erst 23 junge Bergföhren in den Stichprobenkreisen vorhanden (Tab. 5). Das entspricht 54 Bäumen pro Hektare, wobei die sich verjüngenden Föhren oft geklumpt vorkamen und mehrheitlich am oberen Rand der grossen Windwurffläche wuchsen.



Abb. 26: Junge Bergföhren waren auch 2009 erst spärlich vorhanden.

Tab. 5: Anzahl erhabener Bergföhren im Projektperimeter (Stichprobennetze 20 m und 100 m)

	Bergföhren-Verjüngung (20-300 cm)	Bergföhren <20 cm	Total erhabene Bergföhren
2003	1	9	10
2005	7	9	16
2007	11	8	19
2009	21	2	23

Wuchsor der Verjüngung

Junge Bäume etablierten sich besonders erfolgreich auf Wurzelstöcken, auf Moderholz und auf aufgeklappten Wurzeltellern (Abb. 28). So wuchsen 2009 auf diesen Substraten, die zusammen nur 8% der Gesamtfläche ausmachen, gut ein Drittel der gesamten Baumverjüngung. Unter durchschnittlich besiedelt wurden die Mulden von Wurzeltellern und alle anderen Bodenoberflächen. Letztere weisen einen Flächenanteil von 92% auf, beherbergten 2009 aber weniger als zwei Drittel der Verjüngung.

Im Gegensatz zu den Wurzeltellern herrschen in Wurzeltellermulden schlechte Keimbedingungen. Die freigelegten Böden in diesen Mulden sind meist torfig oder lehmig, wodurch sich entweder Stauwasser bildet oder die obersten Schichten im Sommer stark austrocknen (Abb. 27). Den widrigen Bedingungen zum Trotz haben sich bis 2009 auch auf diesen Flächen Bäumchen etabliert, hauptsächlich Weiden (Abb. 31).



Abb. 27: In Mulden von aufgeklappten Wurzeltellern herrschen schlechte Verjüngungsbedingungen.

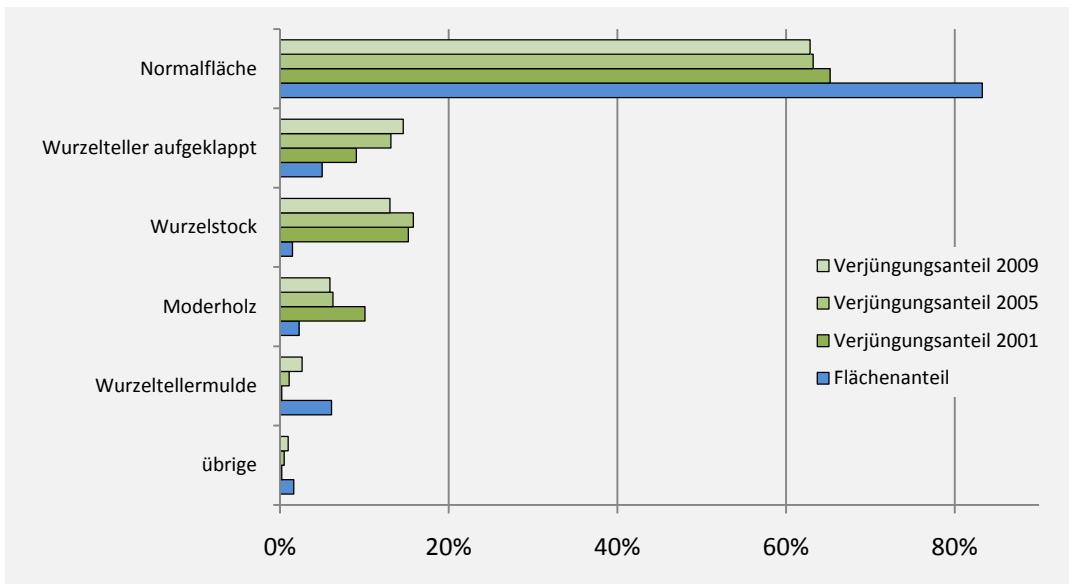


Abb. 28: Verhältnis zwischen dem Flächenanteil der Kleinstandorte und dem Verjüngungsanteil auf den Kleinstandorten im Projektperimeter.

Auf den Probeflächen mit Streuschäden wuchsen mehr Bäumchen auf Wurzelstöcken und Moderholz, während auf den Totalschadenflächen die Wurzelteller als Verjüngungsstandort erwartungsgemäss eine grössere Rolle spielten (Abb. 29).

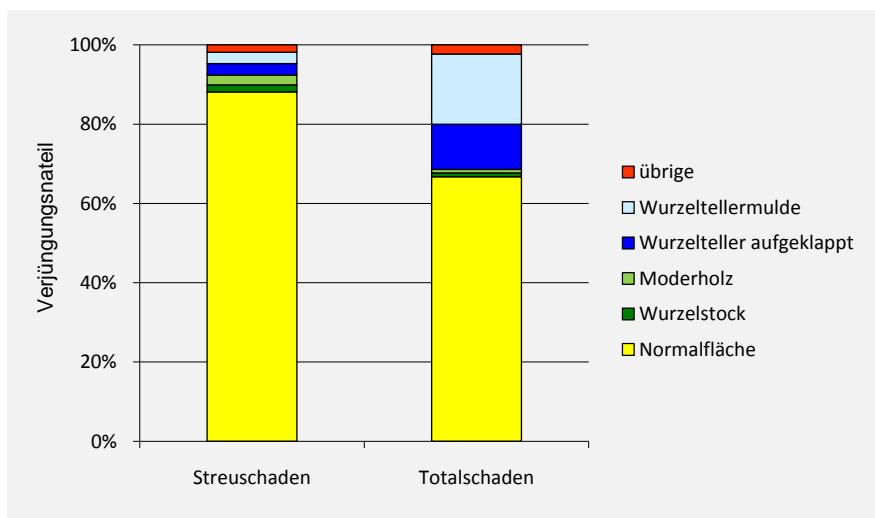


Abb. 29: Flächenanteile der Kleinstandorte auf den Probeflächen nach Windwurfintensität im Projektperimeter.

Die Verjüngungsanteile der Kleinstandorte in Probekreisen veränderten sich im Laufe der Jahre nur wenig. Anfängliche Unterschiede zwischen den Proben mit Streuschäden und solchen mit Totalschaden verringerten sich ebenfalls mit zunehmendem Alter der Windwurffläche (Abb. 30).

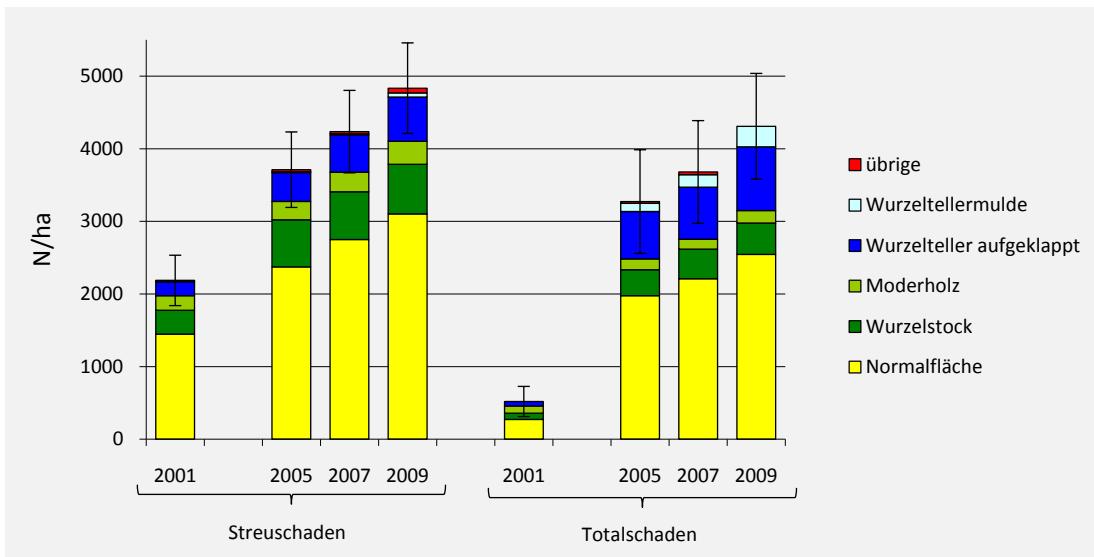


Abb. 30: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Kleinstandort und Windwurfintensität. 2003 wurden nicht genügend Daten erhoben.

Verhältnismässig viele Fichten wuchsen auf Wurzelstöcken und Moderholz (Abb. 31 und 32). In Wurzeltellermulden fanden wir praktisch nur Weiden, Birken und andere Weichgehölze. Weisserlen hingegen wurden dagegen fast ausschliesslich auf Normalflächen notiert. Nur die Fichte konnte bisher vom Substrat Moderholz profitieren.

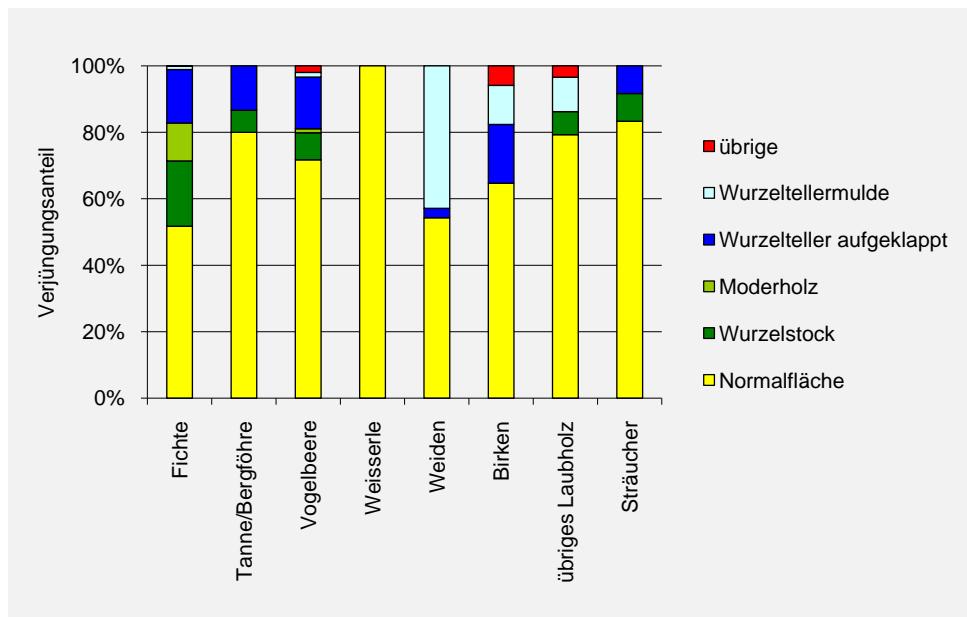


Abb. 31: Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Projektperimeter nach Kleinstandort und Baumart, Jahr 2009.

Die Fichte verjüngt sich mehrheitlich in den tiefer gelegenen Teilen des Rorwaldes, wo mehr oder weniger geschlossener Wald auf feuchter, aber nicht vernässter Unterlage vorherrscht (Abb. 33). Bei der Vogelbeere war die Verteilung weniger einheitlich. Sie wurde in allen Höhenlagen des Rorwaldes notiert und wies auf den wenig beschatteten Windwurfflächen die grössten Stammzahlen auf. Birken und Weiden wurden hauptsächlich im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets gefunden, wo viel Wald dem Wind zum Opfer fiel. In der Summe gibt nur wenige Stichprobenflächen, auf denen kaum oder keine Verjüngung vorhanden ist.



Abb. 32: Moderholz, Wurzelstücke und aufgeklappte Wurzelteller sind die besten Kleinstandorte für die Verjüngung. Insbesondere die Fichte verjüngt sich oft auf totem Holz.

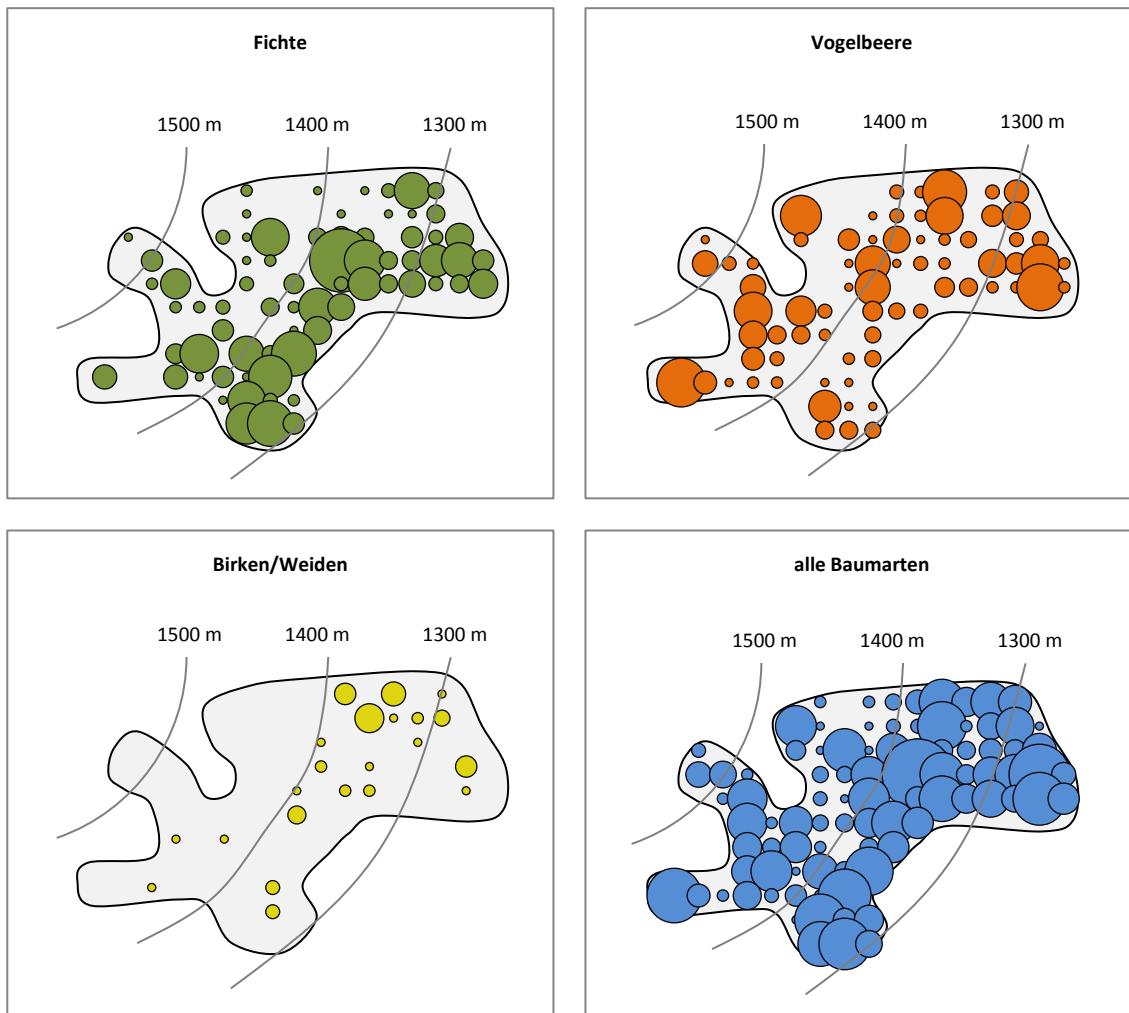


Abb. 33: Räumliche Verteilung der Verjüngung von Bäumen zwischen 20 und 300 cm Höhe im Jahr 2009. Die Blasengrößen entsprechen der relativen Verjüngungszahl auf der jeweiligen Stichprobe.

4.2 Wildverbiss

Die Verbissintensität beschreibt den Anteil der innerhalb eines Jahres verbissenen Gipfeltriebe als Anteil an den insgesamt vorhandenen Gipfeltrieben. Von kritischer Verbissintensität wird gesprochen, wenn ein Baum durch Verbiss einen durchschnittlichen Höhenzuwachsverlust von 25% erleidet. Dieser Wert ist als Grenzwert für die maximal zulässige Verbissbelastung definiert. Bei diesem Höhenzuwachsverlust sterben erste Bäume verbissbedingt ab, wodurch auch der Anteil der verbissempfindlichen oder der vom Wild bevorzugten Baumarten abnimmt. Von Schaden ist die Rede, wenn die kritische Verbissintensität während eines längeren Zeitraum überschritten wird.

Nach diesem Schema erhoben wir die Verbissintensität im Rorwald. Der Vergleich mit den Grenzwerten nach Eiberle und Nigg (1987) resp. Schwitter et al. (2002) zeigte, dass die Verbissintensität bei Weisstanne, Vogelbeere und anderen Laubgehölzen deutlich über dem zulässigen Grenzwert liegt (Abb. 35). Die kritischen Verbissintensitäten nach Eiberle und Nigg (1987) beziehen sich auf Bäume zwischen 10 und 130 cm Höhe. Als bestmöglichste Annäherung an diese Masse berücksichtigen wir in unseren Berechnungen die Baumgrößen zwischen 20 und 140 cm



Abb. 34: Der Grenzwert für die maximal zulässige Verbissbelastung der Weisstanne wird im Rorwald deutlich und über Jahre hinweg überschritten.

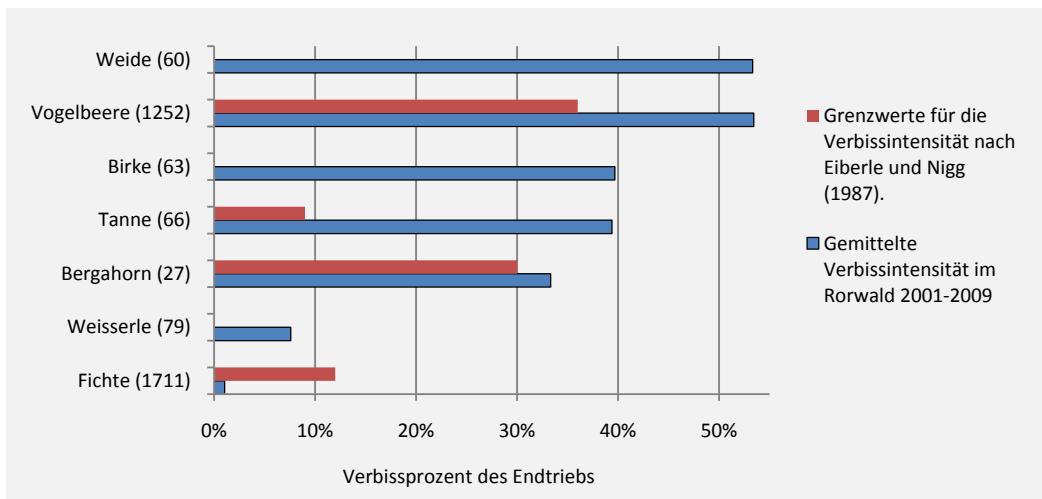


Abb. 35: Vergleich der gemittelten Verbissintensität 2001-2009 im Rorwald für Bäume zwischen 20 und 140 cm Höhe mit den Grenzwerten nach Eiberle und Nigg (1987) resp. Schwitter et al. (2002). Die Zahl in Klammer hinter der Baumart gibt an, wieviele Bäume während der Erhebungsdauer beurteilt wurden.

Der optische Eindruck im Rorwald bestätigt, dass der Verbissdruck auf die Weisstanne tatsächlich und über Jahre hinweg zu hoch war. Junge Tannen wurden in der Regel totgebissen und hatten ausserhalb von Windwurfflächen praktisch keine Chance aufzukommen (Abb. 36). Vom regelmässigen Verbiss verschont wurden nur junge Tannen, die im Baumverhau der Sturmflächen an günstigen Stelle wachsen, welche dem Wild schwer zugänglich sind.

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei Vogelbeeren, die unter dunklen Lichtverhältnissen wuchsen. Diese Bäumchen wurden in der Regel jährlich verbissen und trieben im darauf folgenden Jahr nur spärlich wieder aus. Kaum eine Vogelbeere entwuchs unter diesen Bedingungen dem Äser. Im Gegensatz zur Weisstanne konnte die schnell wachsende und gut wieder austreibende Vogelbeere aber bei genügend Licht der Reichweite des Wildes genügend rasch entwachsen. Gleiches gilt für Birken und Weiden. Auf den Windwurfflächen verhinderte der hohe Verbissdruck das Aufwachsen dieser Laubbaumarten nicht.



Abb. 36: Totgebissene Weisstannen. Derzeit kann diese Baumart nur an geschützten Stellen im Baumverhau der Windwurfflächen dem Äser entwachsen.

4.3 Vorrat, stehendes Totholz und Todesursachen

Der Sturm hat unzählige Bäume umgeworfen und dabei den Holzvorrat schlagartig stark gesenkt. Aber auch danach hat der Anteil der lebenden Bäume nochmals deutlich abgenommen. So ist im Projektperimeter zwischen 2001 und 2005 deutlich mehr als ein Drittel aller lebenden Bäume abgestorben, und im Naturwaldreservat war es im selben Zeitraum annähernd die Hälfte (Abb. 38 und 39). Der Verlust war bei den Bergföhren besonders ausgeprägt.

Nach 2003 sind im Naturwaldreservat – und vermutlich auch im ganzen Projektperimeter – nur noch wenige Bäume abgestorben, (Abb. 40). Der Lebendvorrat erreichte im Projektperimeter im Jahr 2005 mit durchschnittlich nur $115 \text{ m}^3/\text{ha}$ Fichte, $21 \text{ m}^3/\text{ha}$ Tanne und $11 \text{ m}^3/\text{ha}$ Bergföhre einen Tiefstand (Abb. 41). Seitdem hat der Lebendvorrat wieder zugenommen. Dazu trug einerseits das Dickenwachstum der lebenden Bäume bei, anderseits erreichten jüngere Bäume die Kluppierschwelle von 16 cm.



Abb. 37: Etwa 60% der Fichten und 25% der Bergföhren haben die Borkenkäfer-Massenvermehrung überlebt. Seit 2005 steigt der Lebendvorrat wieder an.

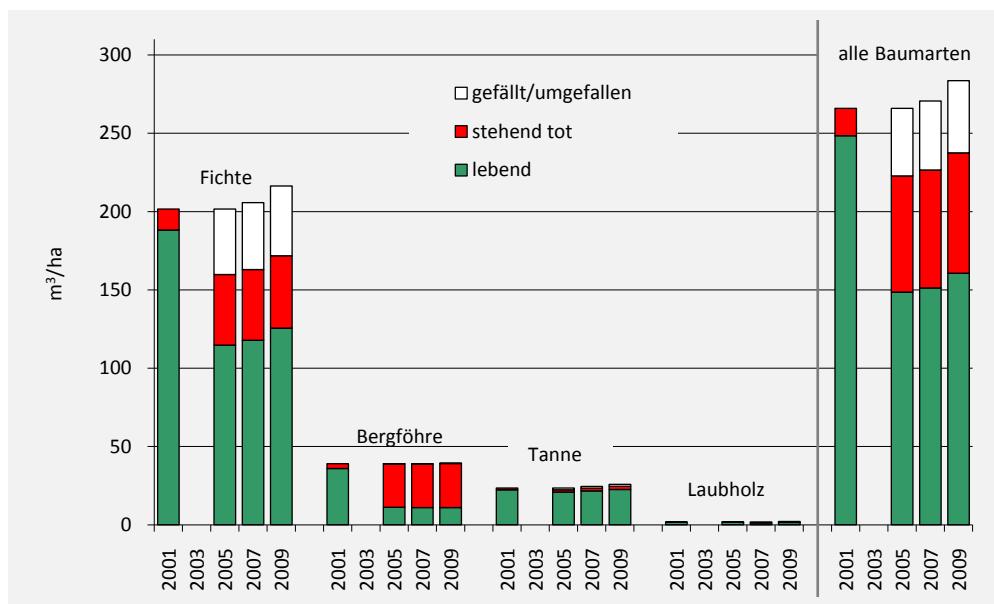


Abb. 38: Vorrat der Bäume ab BHD 16 cm im Projektperimeter nach Anteil lebender Bäume. BHD 2001 korrigiert und BHD 2007 interpoliert. 2003 wurden nicht genügend Daten erhoben.

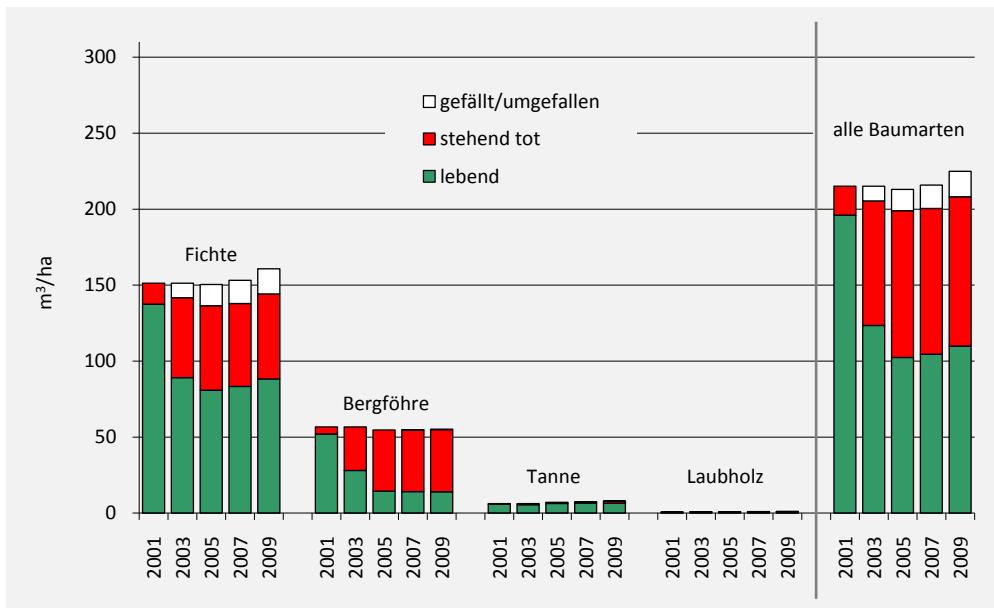
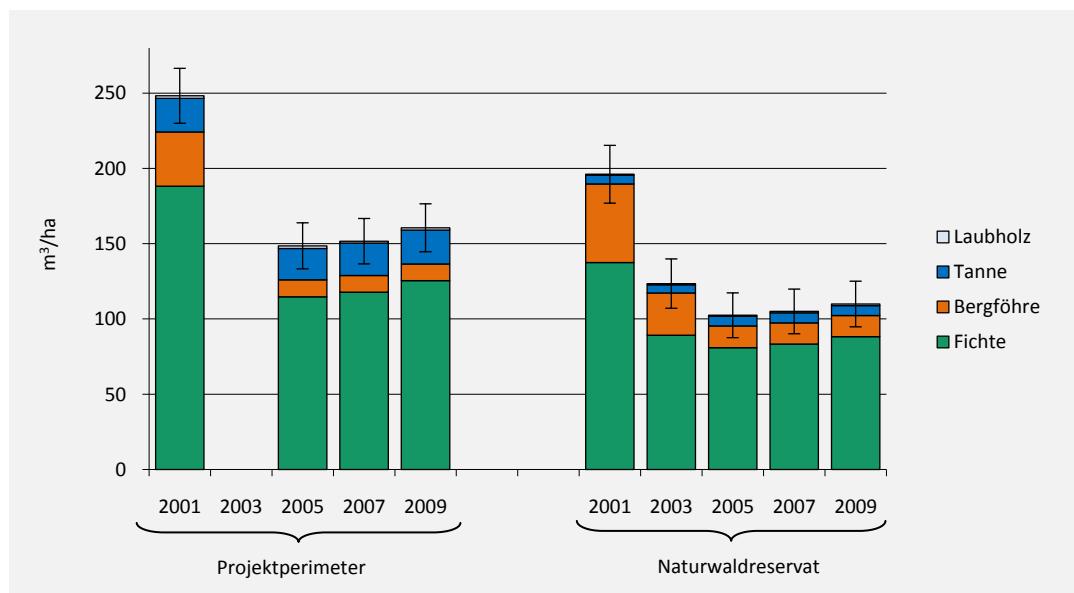
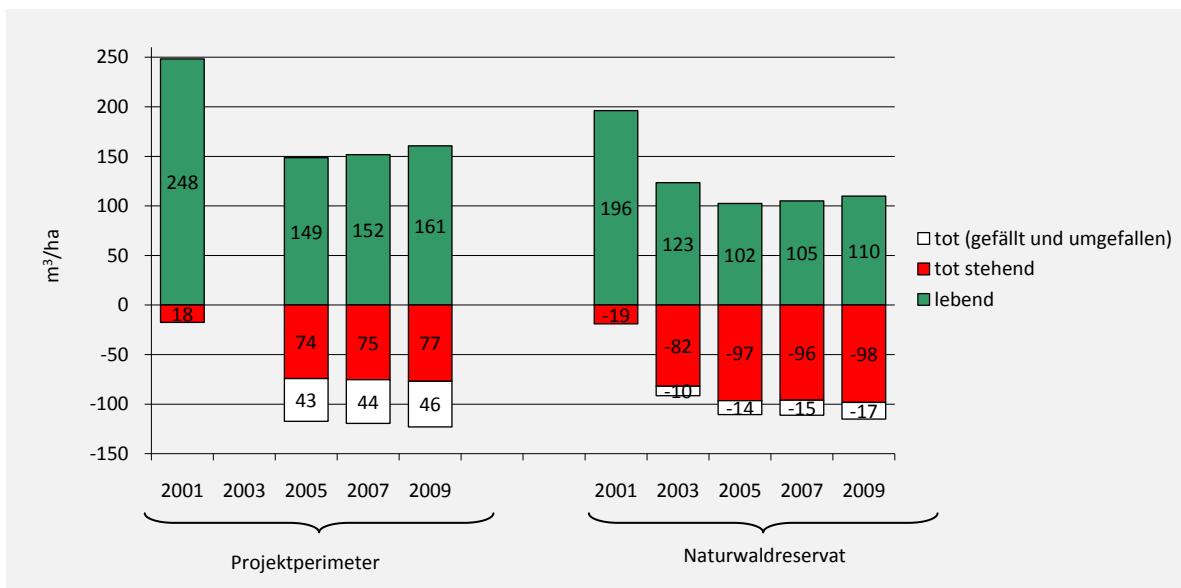


Abb. 39: Vorrat der Bäume ab BHD 16 cm im Naturwaldreservat nach Anteil lebender Bäume. BHD 2001 korrigiert und BHD 2007 interpoliert.



Bei der Ersterhebung 2001 stellte sich die Frage nach der Quantifizierung der durch Lothar geworfenen Holzmenge. Eine genaue Messung erwies sich als viel zu aufwendig und von einer groben Schätzung wurde abgesehen. Aus diesem Grund blieb letztlich nur die Aufnahme des stehenden Totholzes übrig. Ab der zweiten Erhebung 2003 erfassten wir nicht nur jene Bäume, die durch Windbruch oder durch Borkenkäfer abgestorben sind, sondern auch die gefällten Bäume.

Das Absterben der Bäume nach „Lothar“ war die Folge des starken Borkenkäferbefalls in den Jahren 2001 bis 2003. Im Projektperimeter belief sich das durch den Käfer verursachte Totholz im Jahr 2005 auf über $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Abb. 44). Weitere $43 \text{ m}^3/\text{ha}$ wurden zum Zweck der Käferbekämpfung gefällt. Im Vergleich dazu nehmen sich die etwa 10 m^3 Windbruchholz gering aus. Allein im Naturwaldreservat starben über $70 \text{ m}^3/\text{ha}$ Fichten- und Bergföhren durch den Buchdrucker ab (Abb. 45). Zur Käferbekämpfung wurden auch am Rande des Naturwaldreservats $14 \text{ m}^3/\text{ha}$ gefällt.

Während praktisch nur Fichten Windbruch erlitten, starben fast alle Bergföhren infolge Borkenkäferbefall ab. Vor allem bei älterem stehendem Totholz war die Todesursache allerdings unklar. Für solche Fälle wurde die Bezeichnung „unbekannt“ verwendet.

Im Jahr 2009 stellten wir bei 47% aller abgestorbenen Bäume im Rorwald Borkenkäferbefall als Todesursache fest. Von Windbruch waren 11% der stehenden toten Bäume betroffen. 36% der nach Lothar abgestorbenen Bäume wurden gefällt. Im Naturwaldreservat sind 71% durch Borkenkäfer abgestorben, bei 16% war Windbruch verantwortlich und 13% wurden gefällt. Der Hauptteil der gefällten Bäume im Naturwaldreservat betraf eine grossflächige Räumung im südwestlichen Teil des Rorwaldes.

Das stehende Totholz ergibt sich aus den erhobenen toten Bäumen abzüglich der gefällten. Es bestand 2009 abgesehen von ganz wenigen Tannen aus $46 \text{ m}^3/\text{ha}$ Fichten (im Naturwaldreservat $56 \text{ m}^3/\text{ha}$) und $28 \text{ m}^3/\text{ha}$ Bergföhren (im Naturwaldreservat $41 \text{ m}^3/\text{ha}$). Stehendes Totholz entstand im Projektperimeter zur Hauptsache durch Käferbefall (74%).

Nach 2005 hatte sich das Volumen des stehenden Totholzes kaum mehr verändert. Die Menge der neu abgestorbenen Bäume und diejenige der einzelnen toten Bäume, die inzwischen umgefallen sind, war etwa gleich gross. Im Naturwaldreservat nahm das Volumen des stehenden Totholzes von 2003 bis 2005 infolge Borkenkäferbefalls noch leicht zu (Abb. 45). Der Anstieg war allerdings weit weniger stark, als noch 2003 befürchtet worden war.



Abb. 42: Zirka 90% der zur Borkenkäferbekämpfung gefällten Bäume wurden per Helikopter abtransportiert.



Abb. 43: Das Volumen des stehenden Totholzes blieb zwischen 2005 und 2009 unverändert.

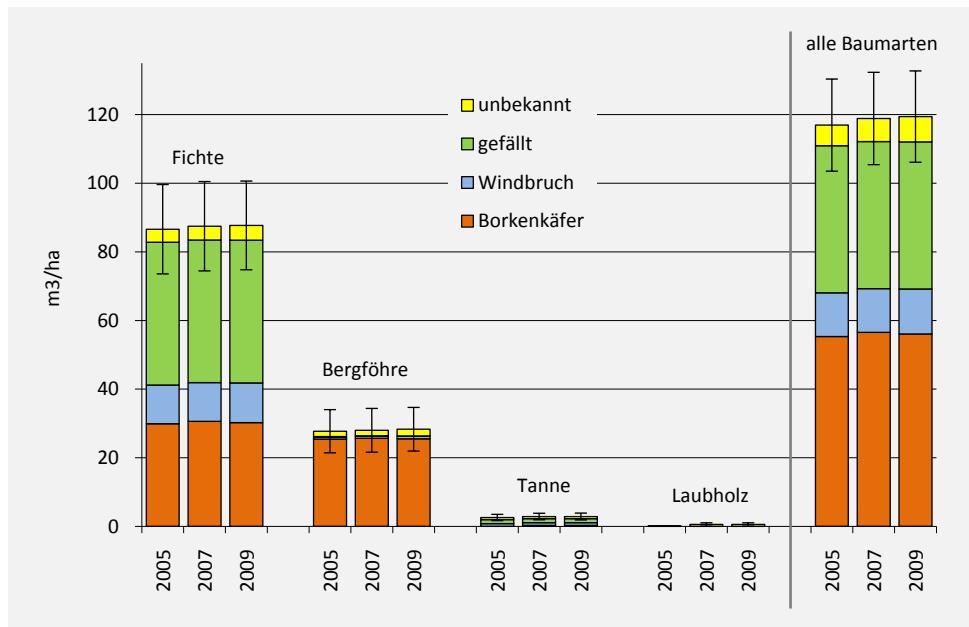


Abb. 44: Stehendes Totholz und nach dem Sturm gefällte Bäume im Projektperimeter nach Baumart.

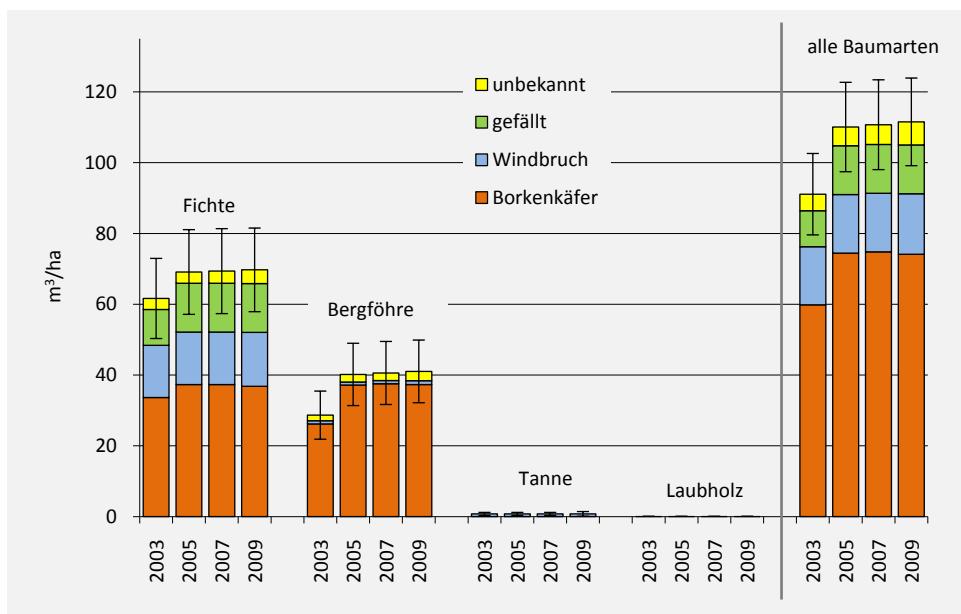


Abb. 45: Stehendes Totholz und nach dem Sturm gefällte Bäume im Naturwaldreservat nach Baumart.

Der Borkenkäfer befiel Bergföhren in allen Durchmesserstufen und Fichten mit mittleren Durchmessern, was aus einem Vergleich der Durchmesserverteilung der lebenden Bäume für die Jahre 2001 und 2009 hervorgeht (Abb. 46). Die Differenz zwischen 2001 und 2009 kann praktisch ausschliesslich auf den Borkenkäferbefall zurückgeführt werden. Bergföhren starben ausnahmslos durch den Borkenkäfer ab, und bei der Fichte betrafen die Sanitätshiebe jeweils jene Bäume, die vom Käfer befallen waren und somit wohl auch ohne Eingriffe abgestorben wären. Die Tanne war dagegen durch die Buchdrucker-Gradation kaum betroffen.

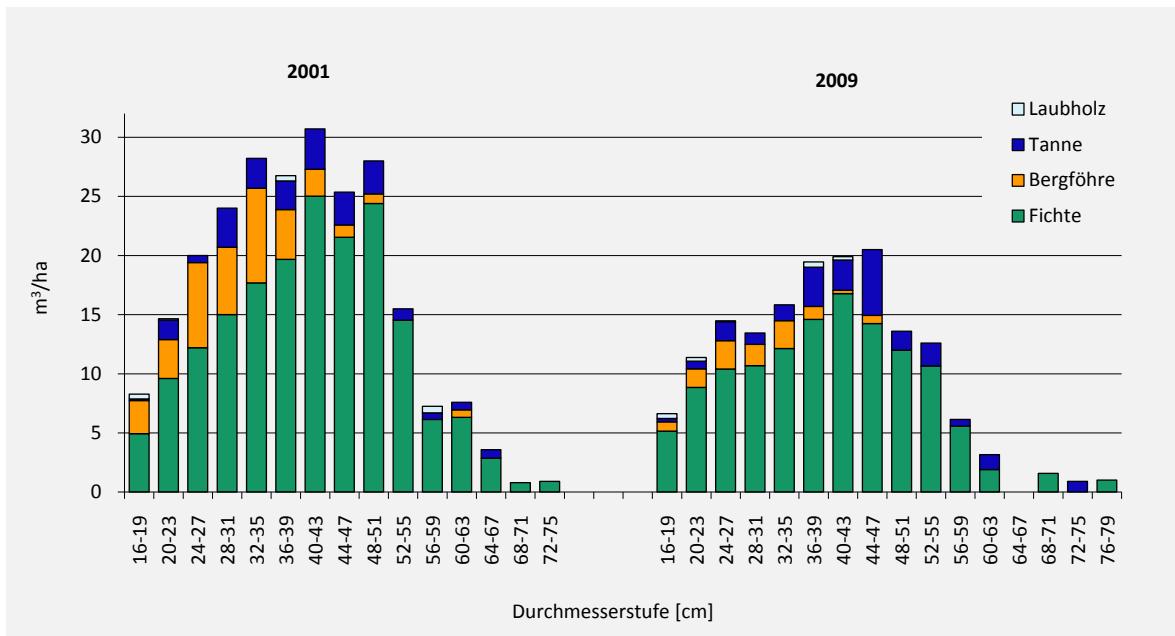


Abb. 46: Durchmesserverteilung der lebenden Bäume ab BHD 16 cm in den Jahren 2001 und 2009 im Projektperimeter.

4.4 Vegetationsentwicklung

Die Deckungsgrade der wichtigsten verjüngungsbehindernden und verdämmenden Vegetationstypen wurden bei jeder Erhebung in Prozenten geschätzt. Seit 2001 haben diese Vegetationstypen sowohl auf den Streuschadenflächen als auch auf den Totalschadenflächen zugenommen (Abb. 48 und 49).

Der kumulierte Deckungsgrad war 2001 auf den Totalschadenflächen mit 30% deutlich kleiner als auf den Streuschadenflächen, die zwei Jahre nach Lothar durchschnittlich zu 50% bewachsen waren. Durch aufgeklappte Wurzelteller wurde auf den Probekreisen mit Totalschaden viel Rohboden freigelegt (Abb. 47). Erst zwischen 2001 und 2003 begann sich die Vegetationsdecke an solchen Orten stärker zu schliessen.

Sowohl auf den Flächen mit Totalschaden als auch auf Streuschadenflächen nahm die Bedeckung mit Moosen stark und jene mit Torfmoosen moderat zu (Abb. 49). Die Heidelbeere verdreifachte ihren Flächenanteil zwischen 2001 und 2009 auf beiden Flächentypen. Der deutlichste Unterschied ergibt sich bei der Himbeere, die seit 2003 auf den Probeflächen mit Totalschaden stark zugenommen hat. Sie hat dort vom erhöhten Lichtangebot und möglicherweise auch vom höheren Grad der Bodenverletzung profitiert. Zudem war die Himbeere auf den Streuschadenflächen durch den höheren Vernässungsgrad limitiert (mehr Torfmoos). Der Anteil vegetationsfreier Flächen, der 2005 erstmals erhoben wurde, nahm kontinuierlich ab.



Abb. 47: Umkippende Bäume haben Ende 1999 die Vegetation samt Oberboden wie einen Teppich weggezogen. Foto: Christoph Angst

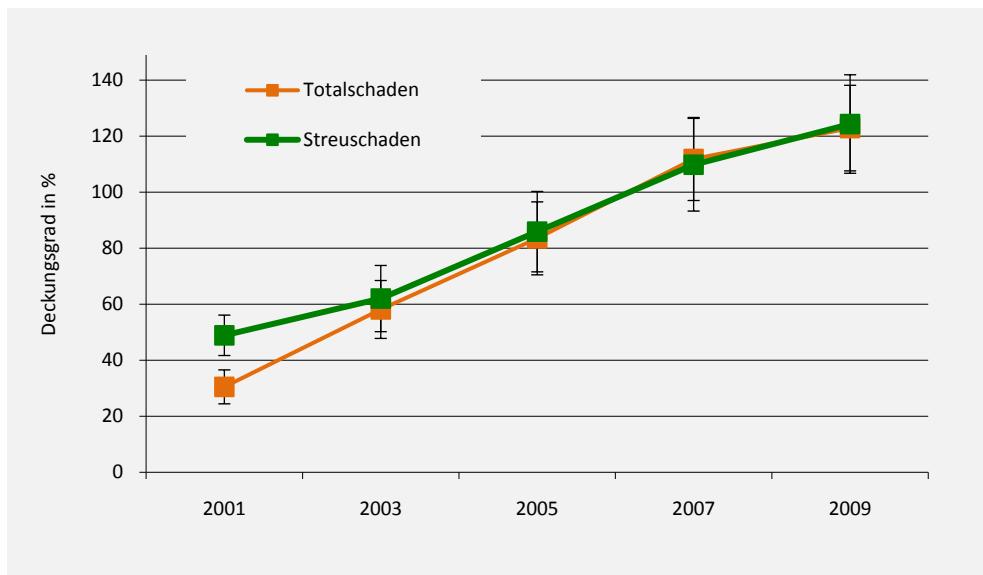


Abb. 48: Bodenbedeckung der wichtigsten Vegetationstypen im Projektperimeter nach Schadentyp. Der kumulierte Deckungsgrad übersteigt 100%, weil der Boden durch die verschiedenen Pflanzenarten oft mehrfach überschirmt wird.

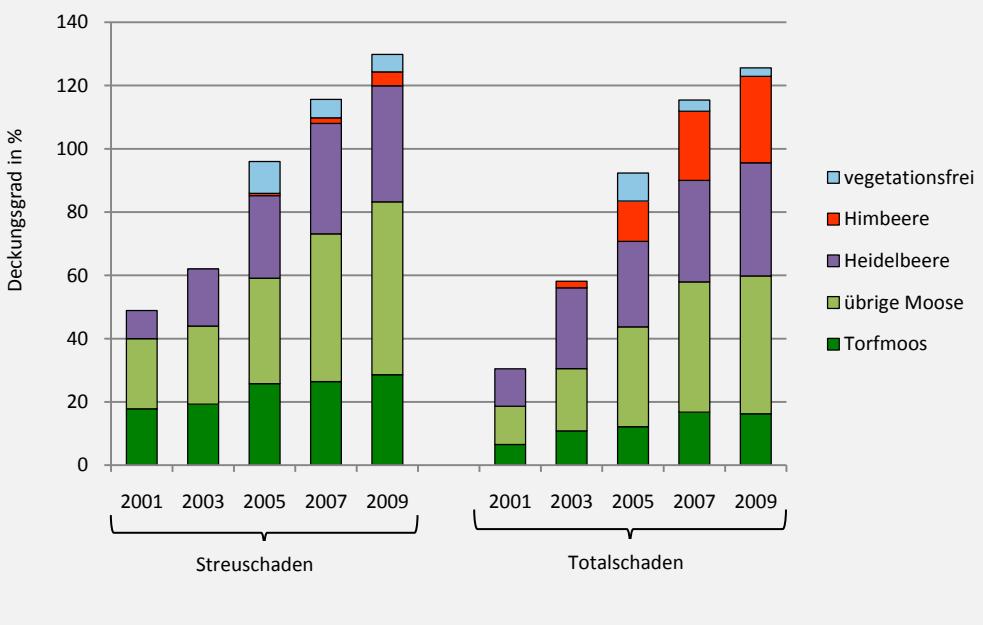


Abb. 49: Bodenbedeckung der wichtigsten Vegetationstypen im Projektperimeter nach Schadentyp und . Die Rubrik „vegetationsfrei“ wurde 2005 zum ersten Mal erhoben.

5 Ergebnisse aus anderen Untersuchungen im Rorwald

5.1 Borkenkäfer-Monitoring (Forster 2006)

Im Rahmen des Projekts „Lothar und Borkenkäfer: Untersuchungen zur Wirksamkeit von Bekämpfungsmassnahmen und natürlicher Regulation“ verfolgten Experten der Forschungsanstalt WSL in ausgewählten Gebieten und Geländekammern mit unterschiedlichen Räumungsintensitäten von Sturm- und Käferschäden die Entwicklung der Borkenkäfersituation, darunter im Rorwald. Weil sich die Verhältnisse regional stark unterscheiden, sind die Beobachtungen an den einzelnen Orten als Fallstudien zu betrachten. Verallgemeinernde Aussagen sind nur in beschränktem Masse möglich.

Das Borkenkäfer-Monitoring kam zum Schluss, dass nach dem Sturm ungefähr die gleiche Menge Holz durch Borkenkäfer abgestorben ist wie bereits vom Sturm geworfen wurde. Dies deckt sich mit unseren nicht quantifizierten Beobachtungen. Im kühlen Klima des Rorwalds entwickelte sich nur eine Käfergeneration pro Jahr. Dass der Buchdrucker auch die Bergföhre befällt, war bereits von verschiedenen Orten bekannt. Im Rorwald zeigte sich das flächige Absterben dieser Baumart aber besonders deutlich, weil es hier ausgedehnte Bergföhrenwälder gab.

Kernaussagen aus dem Projekt:

- Je mehr Sturmschäden, desto grösser auch der Borkenkäfer-Folgebefall.
- Die Witterung bremst oder begünstigt eine Massenvermehrung.
- In Berggebieten laufen Borkenkäfer-Epidemien langsamer ab als in Tieflagen, bzw. mit verzögerten Höhepunkten der Gradation.
- Das Aufräumen von Sturmschäden und insbesondere von Käfernernstern ist eine wirksame Methode, um den Folgebefall durch den Buchdrucker zu reduzieren, sofern konsequent eingegriffen wird und ein überwiegender Teil des Holzes rechtzeitig entrindet oder entfernt werden kann.
- Je mehr Windwürfe vorhanden sind, desto kleiner wird die vorbeugende Wirkung einer Sturmschaden-Räumung. Erstens kann aus logistischen Gründen nicht mehr alles Holz rechtzeitig aufgerüstet werden; zweitens steigt der Anteil bruttauglicher, geschwächter, stehengebliebener Bäume.
- Stehendbefall tritt in geräumten Sturmschadengebieten früher aber weniger heftig in Erscheinung als in ungeräumten.



Abb. 50: Borkenkäferfallen dienten dem Monitoring der Käferpopulation.

5.2 Nahrungsangebot und Nahrungsnutzung von Huftieren (Weber et al. 2006)

Im Projekt „Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Huftieren: Einfluss von Windwurf auf Nahrungsangebot und Nahrungsnutzung im Rorwald“, wurde der Einfluss von Windwurf auf das Nahrungsangebot und die Nahrungswahl der Huftiere in den Sturmflächen und im geschlossenen Wald untersucht. Im Sommer 2001 und 2003 fanden Verbiss- und Vegetationserhebungen auf insgesamt 28 Flächen von je 20 m² statt. Im Sommer 2003 sammelten die Wissenschaftlerinnen zusätzlich Kot, um diesen später im Labor zu analysieren.

Der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation (v. a. Farne, Gräser, Moose, Heidelbeere, Himbeere und Brombeere) nahm zwischen 2001 und 2003 in den Sturmflächen zu. In den Waldflächen blieb er unverändert. Die Waldflächen waren artenreicher als die Windwurfflächen.

Die Anzahl Frassspuren des Wildes hat zwischen 2001 und 2003 abgenommen. Die Autorinnen vermuten, dass die Hufterdichte entweder lokal niedriger war oder dass die Tiere zur Nahrungsaufnahme andere Flächen ausserhalb der untersuchten Gebiete genutzt haben. In den Waldflächen wurden mehr Frassspuren gefunden als in den Sturmflächen, am meisten an Heidelbeeren. Die Vegetationszusammensetzung war der wichtigste Faktor für Nahrungswahl der Huftiere. Die Waldstruktur ist nur insofern von Bedeutung, wie sie die Vegetationszusammensetzung beeinflusst.



Abb. 51: Losung diente zur Analyse der Nahrungsnutzung im Rorwald. Foto: Ulrich Wasem

5.3 Erhebung der Kleinsäuger (Sjusko et al., unpubl.)

Im September 2002 erfasste der russischen Gastwissenschaftler Anatolji Sjusko im Rorwald Kleinsäuger (Nagetiere, Spitzmäuse) mit Lebendfallen. Als Ködermaterial diente ein Gemisch aus Haferflocken, Erdnussbutter, Rosinen und Haselnusskernen. In den beiden Behandlungsvarianten „geräumt“ und „belassen“, sowie in der Kontrollfläche (intakter Wald) wurden je 30 Fallen gestellt. Während drei Tagen kontrollierte der Experte jeweils einmal morgens und abends seine 90 Fallen. Die gefangenen Tiere wurden bestimmt und gewogen. Zudem markierte Sjusko die Tiere vor der Freilassung, um Wiederfänge feststellen zu können.

Insgesamt gingen in drei Fangtagen im Rorwald sieben Arten von Kleinsäugern in die Fallen (Tab. 6): fünf Nagetierarten und zwei Spitzmausarten. Auffällig wenige Arten hat der russische Gastwissenschaftler in der belassenen Windwurffläche gefunden, am meisten im intakten Wald. Der deutlich häufigste Nager war die Rötelmaus. Sie zog die Windwurfflächen dem intakten Wald vor, wobei die Individuenzahlen in der geräumten Fläche am höchsten waren. Die Zwergrötelmaus wurde gar ausschliesslich in den Windwurfflächen gefangen. Bei den anderen Arten sind die Fangzahlen zu gering, um auf Habitatpräferenzen schliessen zu



Abb. 52: Der russische Gastwissenschaftler Anatolji Sjusko untersucht eine gefangene Maus im Rorwald.

können. Die Daten über das Lebendgewicht zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten.

Am 16. September 2002 zeigte das Schweizer Fernsehen DRS in der Sendung MTW die Arbeit von Anatolji Sjusko im Rorwald.



Abb. 53: Einer von zwei gefangenen Gartenschläfern.

Tab. 6: Kleinsäugerfänge im Rorwald im September 2002. Arten- und Individuenzahlen für die Behandlungsvarianten „geräumt“ und „belassen“, sowie für die Kontrollfläche im intakten Wald.

Art	Wald	Windwurf		Total
		belassen	geräumt	
<i>Clethrionomys glareolus</i> (Rötelmaus)	11	17	23	51
<i>Apodemus sylvaticus</i> (Waldmaus)	2			2
<i>Apodemus flavicollis</i> (Gelbhalsmaus)	1			1
<i>Microtus agrestis</i> (Erdmaus)			1	1
<i>Eliomys quercinus</i> (Gartenschläfer)	2			2
<i>Sorex araneus</i> (Waldspitzmaus)	3		1	4
<i>Sorex minutus</i> (Zwergspitzmaus)		2	2	4
Artenzahl	5	2	4	7
Individuenzahl	19	19	27	65

5.4 Inventar der Avifauna (Mollet 2004)

Die Schweizerische Vogelwarte erhielt vom Kanton Obwalden den Auftrag, auf dem Perimeter des Projekts „Waldentwicklung nach Windwurf im Waldreservat Rorwald“ ein Inventar der Brutvögel zu erstellen. Im Mai und Juni 2002 sowie im Februar und Mai 2003 erfassen die Ornithologen mit verschiedenen Methoden die lokale Brutvogelfauna.

Die revieranzeigenden Singvogelarten wurden durch eine sogenannte Punkttaxierung erhoben. An 46 Punkten notierten die Forscher am frühen Morgen während 5 Minuten sämtliche visuell und akustisch festgestellten Vogelarten. Diese Aufnahme wurde an je drei Tagen durchgeführt. Um das Auerhuhn nachzuweisen, fanden zusätzliche Begehungen statt. Es wurde nach direkten Hinweisen (Losung, Federn, Sichtbeobachtungen) gesucht. Auch für Spechte, Eulen und die Waldschnepfe waren spezielle Begehungen nötig, weil diese Arten mit der Punkttaxierung nicht oder nur ungenügend erfasst werden können.



Abb. 54: Der Dreizehenspecht hat vom riesigen Angebot an stehendem Fichtentotholz profitiert.

Auf einer Fläche von 200 ha zählten die Ornithologen insgesamt 41 Vogelarten, darunter Auerhuhn, Haselhuhn und Waldschnepfe (Tab. 7). 38 dieser Arten können im Rorwald brüten. Wanderfalke, Steinadler und Kolkrabe sind Nahrungsgäste.

Tab. 7: Liste aller im Rorwald nachgewiesenen Vogelarten

Alpenmeise	Heckenbraunelle	Sommergehähnchen
Amsel	Kleiber	Sperber
Auerhuhn	Kohlmeise	Steinadler
Buchfink	Kolkrabe	Tannenhäher
Buntspecht	Kuckuck	Tannenmeise
Dreizehenspecht	Mäusebussard	Waldbauläufer
Eichelhäher	Misteldrossel	Waldkauz
Erlenzeisig	Mönchsgrasmücke	Waldschnepfe
Fitis	Rabenkrähe	Wanderfalke
Gimpel	Ringdrossel	Weidenmeise
Grünspecht	Ringeltaube	Wintergoldhähnchen
Habicht	Rotkehlchen	Zaunkönig
Haselhuhn	Schwarzspecht	Zilpzalp
Haubenmeise	Singdrossel	

Für das Auerhuhn ist der Rorwald ein Lebensraum von aussergewöhnlicher Qualität. Aufgrund der Anzahl Nachweise für Schwarzspecht, Dreizehenspecht und Waldschnepfe gehen die Ornithologen davon aus, dass auch diese drei Arten im Rorwald in speziell hoher Dichte vorkommen. Insgesamt wird der Rorwald als vogelartenreiches Gebiet eingestuft, das im Vergleich zu anderen Schweizer Bergwäldern einen überdurchschnittlichen Wert für die Vogelwert hat.

6 Diskussion

6.1 Borkenkäferbefall

Sanitärhiebe im Sonderwaldreservat

Starke Stürme wie Lothar hinterlassen unweigerlich Spuren im Wald, insbesondere ein völlig verändertes, ungewohntes Waldbild und finanzielle Schäden. Nach jedem grossen Windwurf stellen sich deshalb viele Fragen. Soll man das Holz aufräumen oder liegen lassen? Wie entwickelt sich der Holzpreis? Innert welcher Frist steht wieder der gewohnte Wald mit den gewünschten Baumarten? Soll auf die Naturverjüngung gewartet werden oder ist Pflanzung angebracht? Kann der vom Sturm zerzauste Wald seine Schutzfunktion noch erfüllen? Auch zum Rorwald stellten sich die Forstbehörden derartige Fragen. Nach sorgfältigem Abwägen entschlossen sie sich, das Gebiet als Waldreservat auszuscheiden.



Abb. 55: Nach dem Windwurf folgt der Käfer. Wieviel natürliche Dynamik soll man zulassen?

Wie in vielen anderen Sturmregionen der Schweiz führte die warme, trockene Witterung im Sommer 2003 zu einer starken Vermehrung des Buchdruckers. In der Folge veränderte sich das Landschaftsbild durch grosse Mengen stehendes Käferholz, was zu lebhaften Diskussionen führte. Zudem gab es Befürchtungen, dass das Gebiet durch das flächige Absterben der Bäume anfälliger auf Erosionsprozesse würde. Der Rorwald liegt im Einzugsgebiet des berüchtigten Wildbachs „Giswiler Laui“ und ist von tiefen, aktiven Erosionsgräben umgeben.

Die Obwaldner Forstbehörden beschlossen deshalb, die Ausbreitung des Borkenkäfers durch konsequentes Eingreifen einzudämmen, um das Risiko eines grossflächigen Absterbens des Waldes klein zu halten. Die Bekämpfungsstrategie ist aufgegangen: die Massenvermehrung des Buchdruckers hat auch zehn Jahre nach dem Windwurfereignis nicht auf die umliegenden Schutzwälder übergegriffen.



Abb. 56: Die Bekämpfungsstrategie ist aufgegangen. Die umliegenden Schutzwälder blieben von grösserem Buchdruckerbefall verschont. Foto: Reinhard Lässig

Käfergradation auch im Naturwaldreservat zu Ende

Entgegen der Erwartung vieler ist der Absterbeprozess durch Borkenkäferbefall auch in der Kernzone der Waldreservats, in der keine forstlichen Eingriffe stattfanden, nach 2005 zum Erliegen gekommen. Die genauen Gründe kennen wir nicht, denn die Dichte von Borkenkäferpopulationen wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Die wichtigsten sind Standort und Witterung, das Angebot an Brutmaterial, die Widerstandskraft der Wirtsbäume (Disposition) und natürliche Feinde wie verschiedene räuberische und parasitische Insekten (Forster 2006). Die verbleibenden lebenden Bäume waren offensichtlich genügend widerstandsfähig, um dem Befallsdruck der zurückgehenden Käferpopulation zu trotzen.

Hätte man deshalb auf die aufwendigen Bekämpfungsmassen verzichten können? Die Frage muss unbeantwortet bleiben. Sicher ist, dass das Fällen, Entrinden oder Abtransportieren des Holzes die Entwicklung einer grossen Menge Käfer verhindert und damit vermutlich den Befallsdruck auf die lebenden Bäume im Naturwaldreservat deutlich vermindert hat. Daher sehen wir in der Käferbekämpfung einen mitentscheidenden regulierenden Faktor auf die Massenvermehrung, die 6 Jahre nach dem Sturm zum Erliegen gekommen ist.

Klarheit darüber, ob beim Verzicht auf Bekämpfungsmaßnahmen nicht nur alle Bäume im Waldreservat, sondern auch die umliegenden Wälder abgestorben wären, hätte nur das Experiment geschaffen. In der Schweiz gibt es aber schlicht zu viele Interessen am bestehenden (Schutz-)Wald, um ein solches Experiment zu wagen. Dass das Zulassen der natürlichen Dynamik mit Risiken verbunden gewesen wäre, zeigt aktuell der deutsche Nationalpark Bayerischer Wald, wo eine Borkenkäfer-Massenvermehrung in für Mitteleuropa bisher ungekanntem Ausmass im Gang ist (Müller et al. 2008).



Abb. 57: Lebende Fichte inmitten von abgestorbenen Bergföhren. Der Buchdrucker hat die Föhre gegenüber der Fichte bevorzugt.

Bergföhre bevorzugt

Besonders auffällig war im Rorwald der Befall der Bergföhre durch den Buchdrucker. Die Torfmoos-Bergföhrenwälder, die den Sturm noch zum grössten Teil unbeschadet überstanden hatten, sind dadurch flächig abgestorben (Abb. 60). Auch wenn der Befall von Bergföhre durch den Buchdrucker bereits von anderen Orten bekannt ist, scheint uns das Ausmass im Rorwald doch bemerkenswert. Der Buchdrucker hat die Bergföhren nicht nur gemeinsam mit der Fichte befallen, sondern diese gegenüber der Rottanne sogar bevorzugt (Abb. 57).

6.2 Wiederbewaldung

Grosse standörtliche Unterschiede

Zentraler Teil des Forschungsprojekts war die Waldverjüngung, insbesondere die Wiederbewaldung der Windwurflächen. Allein aufgrund der Höhenlage dauert die Regeneration des Rorwaldes deutlich länger als jene auf den meisten Lothar-Flächen im Mittelland (Wohlgemuth et al. 2008). So entsprechen die Baumhöhen auf den neunjährigen Rorwald-Schadenflächen mit viel Verjüngung etwa den Messwerten von Bäumen, die zwischen 2003 bis 2005 in Lothar-Flächen der Tieflagen festgestellt wurden. Die Wiederbewaldung schreitet im Rorwald im Vergleich mit den Mittellandstandorten also sichtbar langsamer voran. Auch die durchschnittliche Dichte der Baumverjüngung ist im Rorwald deutlich geringer als auf Windwurflächen des Mittellandes (Angst et al. 2003).

Im Untersuchungsgebiet stellten wir hinsichtlich der Verjüngungsdichte wiederum riesige Unterschiede auf den verschiedenen Stichprobenflächen fest. Während wir auf einigen Flächen keinen einzigen Baum zählten, wuchsen auf anderen Dutzende kleiner Fichten auf wenigen Quadratmetern, oder es entwickelten sich grosse Gruppen von Vogelbeeren (Abb. 24). Auf moorigen und vergrasten Flächen, vor allem in Kleinseggenrieden, wächst kaum ein Baum (Abb. 7). Dass die baumfreien Riede und Moore nicht verwalden, ist aus Sicht des Natur- und Artenschutzes erwünscht.

Wildverbiss beeinflusst Baumartenzusammensetzung

Bereits 1990 wurde starker Wildverbiss im Rorwald beobachtet (Grunder et al. 1997). Auch zwischen 2001 und 2009 taxierten wir den Verbissdruck durch Reh, Hirsch und Gämse aufgrund unserer Erhebungen als sehr hoch. Trotzdem scheint die Wiederbewaldung der grösseren Sturmflächen durch das Wild nicht in Frage gestellt, weil der Verbissdruck auf diesen Flächen offensichtlich nicht zu vollständigem Ausfall von Baumarten führt. Allerdings wirkt sich die selektive Äsungstätigkeit durch das Schalenwild generell auf die Zusammensetzung der zukünftigen Baumschicht aus. Bei tieferen Wilddichten dürfte insbesondere der Anteil der Weisstanne wesentlich höher sein.

Die Fichte wird im Rorwald mit wenigen Ausnahmen nicht verbissen und kann ungehindert wachsen. Laubgehölze wie Vogelbeere, Birke und Weide werden zwar stark verbissen, entwachsen aber auf Windwurflächen dank ihrer guten Ausschlagsfähigkeit und der enormen Wuchskraft innert einiger Jahre dem Äser. Die Weisstanne, deren Fähigkeit neu



Abb. 58: Auf den Windwurflächen vermögen Laubgehölze trotz starkem Verbissdruck dem Äser zu entwachsen.

auszutreiben und den Haupttrieb zu ersetzen beschränkt ist, wird hingegen in der Regel so stark verbissen, dass sie über kurz oder lang abstirbt. Diese Baumart kann nur aufwachsen, wenn sie zufällig an einem für das Wild schlecht erreichbaren Platz wächst, beispielsweise im Verhau zwischen mehreren liegenden Stämmen.

Auf Flächen mit wenig oder ohne Sturmschäden schafft es praktisch nur die Fichte, der Reichweite des Wildes zu entwachsen. Im Gegensatz zu den Windwürfen, wo die Laubgehölze dank des grossen Lichtangebots rasch wachsen, bleiben Vogelbeere, Birke und Weide an wenig besonnten Standorten durch den regelmässigen Verbiss klein. Die Bäumchen überleben zwar sehr lange, gedeihen aber kümmerlich und sterben unter diesen Bedingungen längerfristig meistens ab. Die Weisstanne kann im geschlossenen Wald dem Äser ebenfalls nicht entwachsen.

Im Rorwald spielt der Wildverbiss je nach den Lichtverhältnissen also eine unterschiedliche Rolle. Auf besonnten Flächen, d.h. auf grösseren Schadenflächen, mag der Verbiss die rasch wachsenden Bäume nur geringfügig zu limitieren. Lediglich die Weisstanne hat hier Mühe aufzukommen. In diesem Sinne wirkt Verbiss auf die Baumartenzusammensetzung des zukünftigen Waldes. Auf Streuschadenflächen und im geschlossenen Waldbestand wachsen hingegen auch Vogelbeere und anderes Laubholz als Folge von beschränktem Lichtgenuss und ständigem Verbiss nur langsam. Das Licht ist deshalb der wichtigste Faktor für die Baumverjüngung: sowohl die Häufigkeit der natürlichen Waldverjüngung als auch das Höhenwachstum ist vom verfügbaren Licht abhängig.

Ohne Regulierung des Schalenwildes wird die Weisstanne im Rorwald längerfristig zu einem seltenen Baum.

Fichtenverjüngung auf Moderholz

Totholz spielt für die Fichtenverjüngung im Rorwald eine wichtige Rolle. Rund ein Drittel der erhobenen Fichten wächst hier auf Wurzelstöcken und Moderholz (Abb. 59). Auf vernässtem Untergrund mit dichter Hochstauden-Vegetation ist dieser Anteil noch deutlich höher. Totholz bildet in genügend vermoderterem Zustand ein sehr gutes Keimbeet für Fichtensamen. Im Gegensatz zu den Fichtenkeimlingen sind Hochstauden auf Totholz jedoch nicht überlebensfähig. Die auf Moderholz gekeimten Fichten profitieren also von der fehlenden Konkurrenz. Somit trägt Totholz entscheidend dazu bei, dass es auch auf „verjüngungsfeindlichen“ Flächen Fichtennachwuchs gibt.

Im Gegensatz zur Fichte keimen Tannen kaum auf totem Holz, sondern hauptsächlich auf Waldboden. Besonders in tieferen Lagen des Rorwalds verzeichneten wir jeweils zahlreiche Weisstannenkeimlinge in der Nähe von grossen Tannen. Die Weisstanne kommt hier auf mittleren Böden vor, wo Totholz auch bei Fichte eine untergeordnete Rolle spielt.



Abb. 59: Auf vernässtem Untergrund verjüngen sich die Fichten besonders auf Moderholz. Foto: Christoph Angst

Verjüngung der Bergföhrenwälder braucht Zeit

Die Torfmoos-Bergföhrenwälder sind zum grössten Teil abgestorben (Abb. 60). Es ist zu erwarten, dass sich hier wieder ein Bergföhrenwald entwickelt, weil sich die Föhre in Hochmooren gegenüber der Fichte normalerweise auf Dauer durchsetzen kann. Untersuchungen von Schmid et al. (1995) zeigen, dass Licht eine wichtige Rolle im Hinblick auf die generative Verjüngung dieser staunässe-toleranten Art spielt. Auf mittlerem Untergrund unterliegt sie den wuchskräftigeren und schattentoleranteren Baumarten. Dagegen findet sie kaum Konkurrenten auf offenen Moosflächen in Hochmooren, wo extreme Keim- und Aufwuchsbedingungen herrschen: die Fichte kann sich hier nicht etablieren. Der Verjüngungsprozess dauert auf den moorigen Flächen allerdings lange. Bisher gibt es auf den Föhrenwaldstandorten trotz günstigen Lichtverhältnissen noch kaum junge Bäume.

Gründe für die spärliche Bergföhrenverjüngung könnten Samenmangel infolge fehlender Mastjahre oder die dichte Bodenvegetation mit zu wenig offenem Boden sein. Im Gegensatz zu den Windwurfflächen wurde der Boden nirgends durch umfallende Bäume aufgerissen. Es bestand daher keine vorübergehende Gunstsituation für die Keimung von Föhrensamen. Trotzdem nimmt die Zahl der kleinen Bergföhren im Rorwald langsam aber kontinuierlich zu (Tabelle 5).

Weil ausser der Bergföhre und teilweise der Birke auf den nassesten Flächen kaum andere Baumarten wachsen, dürften diese beiden Arten auf moorigen Böden den zukünftigen Wald bilden. Die Fichte ist hier nicht konkurrenzstark genug. Dies ändert sich jedoch, sobald die Böden trockeneren werden. Am Rand einiger Torfmoos-Bergföhrenwälder wachsen junge Fichten nach.



Abb. 60: Die Wiederbewaldung auf moorigen Flächen kommt im Vergleich zu den übrigen Flächen nur langsam voran.

Strukturreichtum dank unregelmässiger Verjüngung

Der Rorwald war schon vor dem Sturm Lothar für seine strukturierten Waldbestände bekannt (Grunder et al. 1997). Daran dürfte sich auch in Zukunft nichts ändern. Im Gegenteil: auf den ungeräumten Windwurfflächen wird sich in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich ein strukturreicher Gebirgswald mit einem erheblichen Laubholzanteil entwickeln.

Strukturvielfalt entsteht in erster Linie, weil die Verjüngung auf den grossen Sturmflächen nicht gleichzeitig wächst, sondern zeitlich und räumlich gestaffelt. An Orten, an denen schon 1999 Verjüngung vorhanden war (Vorverjüngung), ragten die Bäume im Jahr 2009 teilweise schon über fünf Meter in die Höhe. Auf unvernässtesten Standorten erreichten zahlreiche nach Lothar gekeimte Bäume Mannshöhe, während die Verjüngung auf anderen Flächen nur langsam vorankommt.



Abb. 61: Wo Baumstämme mehrschichtig aufeinander liegen, etablieren sich die Bäumchen mit Verzögerung. Dies fördert die Strukturvielfalt des künftigen Waldes.

Aufgeklappte Wurzelteller, auf denen zahlreiche Bäume wachsen, und stark vernässtest Stellen ohne Verjüngung verstärken diesen Effekt zusätzlich. Wo zwei oder gar drei Baumschichten übereinander

liegen oder wo Himbeere und Weidenröschen dichte Bestände gebildet haben, werden infolge Lichtmangels noch lange kaum Bäume nachwachsen (Abb. 61). Die zahlreichen Streuschadenflächen tragen ebenfalls zur Strukturvielfalt bei. In den verschiedenen grossen Lücken entwickelt sich die Waldverjüngung je nach den Lichtverhältnissen und je nach Wildverbissdruck unterschiedlich schnell. Die einzelnen Baumarten verstärken diesen Effekt dank ihres unterschiedlichen Wuchsverhaltens zusätzlich.

7 Literatur / Publikationen / Berichte

Zitierte Literatur

- Angst, C.; Bürgi, A.; Duelli, P.; Egli, S.; Heiniger, U.; Hindenlang, K.; Lässig, R.; Lüscher, P.; Moser, B.; Nobis, M.; Polomski, J.; Reich, T.; Wermelinger, B.; Wohlgemuth, T. (2004): Waldentwicklung nach Windwurf in tieferen Lagen der Schweiz. Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms „LOTHAR Evaluations- und Grundlagenprojekte“. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, 98 Seiten.
- Bürgi, F. (1994): Rohrwald 1850 - 1992. Bericht über die Geschichte des Rorwaldes. Oberforstamt Obwalden.
- Eiberle, K.; Nigg, H. (1987): Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz. Z. Forstwes. 738, 9: 747-785.
- Ellenberg, H.; Klötzli, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 48(4), S. 589-930.
- Forster, B. (2006): Lothar und Borkenkäfer: Untersuchungen zur Wirksamkeit von Bekämpfungsmassnahmen und natürlicher Regulation. Schlussbericht für die Finanzierungs-Tranche 2004-2006. Published online: http://www.wsl.ch/fe/walddynamik/projekte/buchdrucker_lothar/download/schlussbericht_20042006.pdf [19.08.2010].
- Grunder, K.; Righetti, A.; von Wyl, B. (1997): Schutz- und Nutzungsplanung „Rorwald“. Hrsg.: Pro Natura Unterwalden, Giswil, und Oberforstamt Obwalden, Sarnen. 35 S. + Anhänge.
- Mollet, P. (2004): Inventar der Avifauna im Waldreservat Rorwald, Kanton Obwalden. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Müller, J.; Bussler, H.; Gossner, M.; Rettelbach, T.; Duelli, P. (2008): The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species. Biodivers. Conserv. 17: 2979-3001.
- Schmid, J., Bogenrieder, A. & Schweingruber, F.H. (1995): Verjüngung und Wachstum von Moor-Kiefern (*Pinus rotundata* Link) und Fichten (*Picea abies* (L.) H. Karsten) in Mooren des südöstlichen Schwarzwaldes (Süddeutschland). - Mitt. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 70, H. 2: 177-223.
- Schwitter et al. (2002): Waldverjüngung und Verbiss auf Sturmflächen. Wald Holz 83, 4: 47-50.
- Stehli, A.; Giss, W. (1979): Wald-Wirtschaftsplan „Rorwald“. Basierend auf Flugaufnahmen von 1968. Oberforstamt Obwalden.
- Weber, E. et al. (2006): Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Huftieren: Einfluss von Windwurf auf Nahrungsangebot und Nahrungsnutzung im Rorwald. Auswertung und Bericht zu Handen Rahmenprojekt Lothar, WSL und Kanton Obwalden. April 2006. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.
- Wohlgemuth T., Conedera M., Kupferschmid Albisetti A., Moser B., Usbeck T., Brang P., Dobbertin M. (2008): Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald. Schweiz. Z. Forstwes. 159: 326-334.

Publikationen über dieses Projekt

- Denzler, L. (2007): Generationenwechsel im Rorwald. Neue Zür. Ztg. 228, 266:19.
- Reich, T.; Lässig, R.; Angst, C. (2004): Vielfalt und Urtümlichkeit erhalten. Das Waldreservat Rorwald. - Wald Holz 85, 7: 32-36.
- Reich, T.; Wohlgemuth, T. (2009): Forschung im Waldreservat Rorwald/OW. Die Fichten trotzen dem Käfer. Wald Holz 90, 5: 39-41.
- Reich, T. (2010): „Lothar“ brachte Zerstörung, aber auch neues Leben. Geosciences Actuel 2/2010: 21-24.

Interne Projektberichte (einzusehen bei Thomas Reich)

- Reich, T.; Angst, C. (2003). Methode der Erhebungen. Dezember 2003.
- Reich, T. (2003): Erste Ergebnisse. Mai 2003.
- Reich, T. (2006): Zwischenbericht 2006. Juni 2006.
- Reich, T. (2008): Zwischenbericht 2008. Dezember 2008.