

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 63 (2022)
Heft: 2

Artikel: Waldbrand Leuk und Windwurf Rorwald : Auswirkungen auf die Avifauna
Autor: Grendelmeier, Alexander
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088061>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Waldbrand Leuk und Windwurf Rorwald: Auswirkungen auf die Avifauna

Alexander Grendelmeier

Zusammenfassung

Auf der Waldbrandfläche Leuk im Kanton Wallis sowie auf der Windwurffläche Rorwald im Kanton Obwalden wurden die jeweiligen Brutvogelbestände und deren zeitliche Entwicklung ermittelt. Die beiden Störereignisse schufen jeweils typische, offene und reichstrukturierte Lebensräume. Beide Flächen wiesen eine grosse Brutvogeldiversität auf, darunter auch Vogelarten, welche aufgrund des vorherrschenden geschlossenen Schweizer Waldes eher selten sind oder in ihrem Bestand abnehmen und deswegen auf spezifische Artenfördermassnahmen angewiesen sind. Störereignisse erhöhen die Lebensraumvielfalt und somit die Biodiversität, welche wiederum zu einem guten Ökosystemzustand beiträgt und letztlich Ökosystemdienstleistungen begünstigen kann.

1 Einleitung

Ökosysteme sind auf verschiedenen landschaftlichen Ebenen mehr oder weniger dynamisch und unterstehen Prozessen, welche Artgemeinschaften sowie deren Populationsgrössen und -entwicklungen beeinflussen (Sousa 1984). Grundsätzlich durchlaufen natürliche Ökosysteme diverse Sukzessionsstadien mit ihren jeweiligen Artgemeinschaften. Während die natürliche Sukzession meist langsam und kontinuierlich verläuft, können Veränderungen auch äusserst abrupt auftreten, durch sogenannte Störereignisse wie beispielsweise Stürme, Feuer, Überschwemmungen oder Trockenheit (White & Pickett 1985). Störereignisse treten sporadisch sowie mit variierender Intensität und räumlicher Ausdehnung auf, wodurch sie Ökosysteme mehr oder weniger stark verändern können (Turner 2010) – bestehende Nischen verändern sich und neue entstehen. Auf fast allen Standorten in der Schweiz unterhalb der alpinen Zone ist der Wald das Endstadium der Sukzession. Lediglich der Mensch und Störereignisse vermögen diesen Umstand kurzfristig zu beeinflussen. Störereignisse können für Mensch und Wirtschaft eine Katastrophe sein. Für Ökosysteme bedeuten Störereignisse je nach Ausmass oft eine Zunahme an Vielfalt. Manche Arten sind für ihren Fortbestand gar auf Störereignisse angewiesen. Stürme sind in der Schweiz das weitaus

Adresse des Autors: Alexander Grendelmeier, Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach; E-Mail: alex.grendelmeier@vogelwarte.ch

häufigste Störereignis, gefolgt von Borkenkäferbefall, Feuer (*Schelhaas et al. 2003*) und vermehrt Trockenstress (*Rigling et al. 2019*). Örtlich begrenzte Störereignisse führen meist zu einer grösseren Heterogenität von Lebensräumen und somit zu einer höheren Artenvielfalt. Beispielsweise konnte auf Versuchsflächen in Wäldern des Schweizer Mittellandes, welche 1999 vom Sturm Lothar betroffen waren, die höchste Artenvielfalt von Arthropoden (Gliederfüssler) nachgewiesen werden, wenn ein Mosaik von nicht betroffenen Flächen sowie vom Störereignis betroffene, geräumte und nicht geräumte Flächen beieinander lagen (*Wermelinger et al. 2017*). Durch grössere Lebensraumvielfalt steigt nicht nur die Diversität von Arthropoden, sondern auch jene anderer Taxa. Wie Störereignisse die Artengemeinschaft und Populationsentwicklung von Vögeln beeinflussen, wird vorliegend anhand zweier Beispiele der jüngeren Vergangenheit dargelegt: dem Waldbrand in der Walliser Gemeinde Leuk von 2003 und einem Lothar-Windwurf im Obwaldner Rorwald von 1999.

2 Waldbrand Leuk

Diverse Studien zeigen den Einfluss von Waldbränden auf die Artengemeinschaft (z. B. *Fontaine et al. 2009*, *Clavero et al. 2011*). Durch Brände öffnet sich das Habitat, es entsteht eine hohe Strukturvielfalt und es kommt zu einer Anreicherung von liegendem und stehendem Totholz. Somit profitieren Arten der lichten Wälder und frühen Sukzessionsstadien sowie solche, die auf viel Totholz, eine hohe Strukturvielfalt oder offene Bodenstellen angewiesen sind. Da Feuer eine Gefahr für uns Menschen und unsere Infrastruktur darstellen, werden sie vehement bekämpft und mit präventiven Massnahmen wird dafür gesorgt, dass sie gar nicht erst auftreten. Nach einem Brand wird durch allfällige, waldbauliche Eingriffe zudem meist die natürliche Dynamik unterbunden. Unter anderem deshalb sind frühe Sukzessionsphasen und ihre typischen Artgemeinschaften in der Schweiz oft selten oder bedroht (*Herrando et al. 2003*, *Knaus et al. 2018*).

Obwohl im Vergleich zu Windwurf die von Waldbränden jährlich betroffene Waldfläche in der Schweiz wesentlich kleiner ist (*Brändli et al. 2020*, *Plüss et al. 2016*), kommt es sporadisch zu grösseren Waldbränden wie beispielsweise am 13. August 2003 oberhalb der Ortschaft Leuk (VS). Als der Brand gelöscht war, betrug die Waldbrandfläche etwa 300 Hektaren und erstreckte sich von 850 bis 2'100 m ü. M. mit einem Vegetationsgradienten von Flaumeichen- (*Quercus pubescens*) und Föhrenwäldern (*Pinus sylvestris*), über Fichten- (*Picea abies*) bis Lärchenwäldern (*Larix decidua*). Zwischen 2006 und 2016 wurde in sieben Jahren die Brutvogelfauna entlang acht Transekten aufgenommen (*Rey et al. 2018*). Es wurde die Standardmethode für Vogelaufnahmen der Schweizerischen Vogelwarte und die Software Terrimap mit entsprechender Methodik zur Revierausscheidung angewendet (*Schmid et al. 2004*, *Rey et al. 2018*).

Insgesamt konnten auf der Waldbrandfläche 51 Vogelarten nachgewiesen werden, darunter Arten, welche wir in der Schweiz oft nicht mit Wäldern assoziieren. Beispielsweise haben Neuntöter (*Lanius collurio*) und Wendehals (*Jynx torquilla*; Abb. 1) wiederholt auf der Fläche gebrütet, obwohl beide in der Schweiz eher als Kulturlandarten gelten. Unter den drei häufigsten nachgewiesenen Vogelarten befanden sich mit durchschnittlich 55.7 Revieren pro Jahr der Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*), welcher als Prioritätsart Artenförderung auf besondere Massnahmen angewiesen ist, und mit 21.9 Revieren pro Jahr der Baumpieper (*Anthus trivialis*), welcher in den letzten Jahren erhebliche Bestandseinbussen verzeichnete. Acht weitere der 51 nachgewiesenen Vogelarten finden sich ebenfalls auf der Liste der Prioritätsarten Artenförderung. Ausserdem stehen 15 der nachgewiesenen Arten auf der neuen Roten Liste der Vögel Schweiz (*Knaus et al. 2021*), inklusive die "verletzlichen" Arten Steinhuhn (*Alectoris graeca*), Wiedehopf

Abb. 1 Der Wendehals ist auf bodenbewohnende Ameisen als Nahrung spezialisiert und brütet in Baumhöhlen. Diese Voraussetzungen kann die Spechtart auf Waldbrandflächen finden.

Foto: M. Schäf



(*Upupa epops*), Gartengrasmücke (*Sylvia borin*), Heidelerche (*Lullula arborea*) und Ringdrossel (*Turdus torquatus*). Spannend sind auch die Populationsveränderungen einiger Arten (Abb. 2). Steinhuhn, Berglaubsänger (*Phylloscopus bonelli*), Zilpzalp (*Phylloscopus collybita*) und Amsel (*Turdus merula*) nahmen über die Jahre zu. Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*), Steinrötel (*Monticola saxatilis*), Heckenbraunelle (*Prunella modularis*), Waldbaumläufer (*Certhia familiaris*), Buchfink (*Fringilla coelebs*) und Girlitz (*Serinus serinus*) nahmen über die Jahre stetig ab. Der Zaunkönig (*Troglodytes troglodytes*) erreichte Höchstwerte vier bis fünf Jahre nach dem Waldbrand, während dies bei Baumpieper, Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*), Gartenrotschwanz und Zippammer (*Emberiza cia*) fünf bis sieben Jahre, beim Wendehals sieben bis neun Jahre und bei der Kohlmeise (*Parus major*) elf bis dreizehn Jahre nach dem Waldbrand der Fall war. Die Gesamtrevierzahl erreichte vier bis sieben Jahre nach dem Waldbrand einen Höchststand und nahm dann wieder ab.

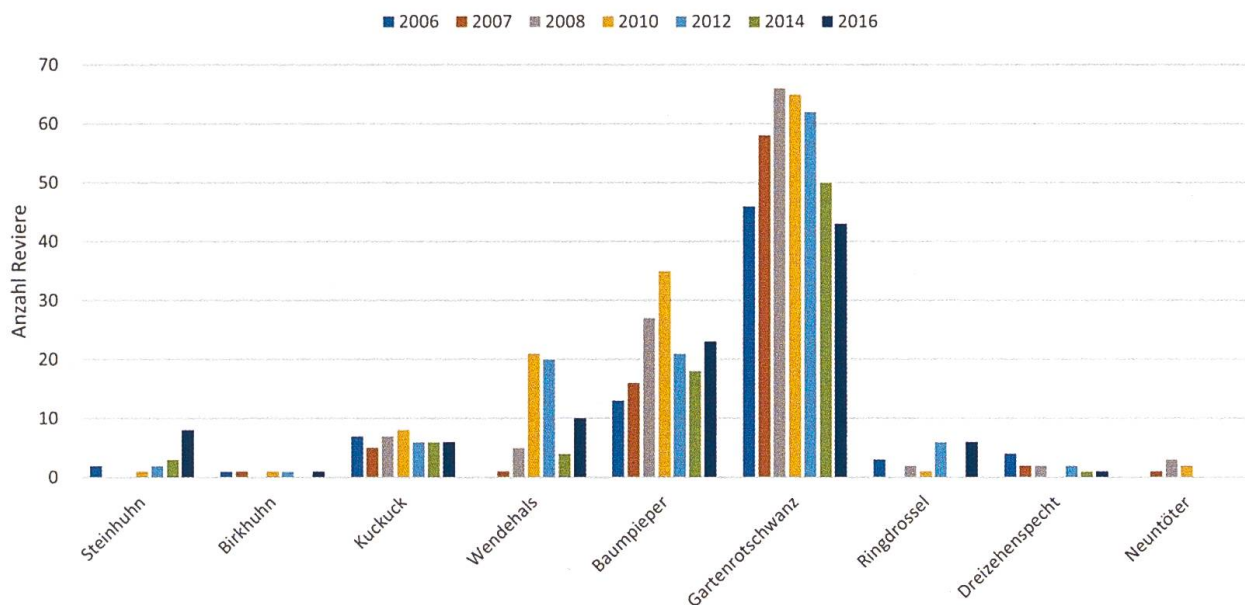


Abb. 2 Anzahl Reviere und deren Entwicklung über die Aufnahmeperiode einiger ausgewählter Vogelarten der Waldbrandfläche Leuk. *Grafik: Schweizerische Vogelwarte*

Waldbrände führen durch das Entstehen kleinräumiger Unterschiede von Nährstoffkonzentrationen zu einem Mosaik vielfältiger Kleinlebensräume, von ganz offenen Bodenstellen bis zu mit Pionierpflanzen bewachsenen Bereichen (Abb. 3). Insekten sind so nicht nur häufiger, sondern für Vögel auch besser erreichbar. Hiervon profitieren Vögel, die eine Vorliebe haben für offene und halboffene Landschaften. Waldbrände wirken sich ausserdem in vielen Baumskeletten aus, was zu mehr Nisthöhlen im stehenden Totholz führt und so diverse Höhlenbrüter begünstigt. Das liegende Totholz erhöht die strukturelle Vielfalt, wovon Arten mit hohem Deckungsbedürfnis profitieren. Nachweislich nutzte beispielsweise auch der auf der Roten Liste als “stark gefährdet” eingestufte Ziegenmelker den offenen, aber reich strukturierten Lebensraum der Waldbrandfläche Leuk (Knaus et al. 2018). Durch die Sukzession verändert sich die Artgemeinschaft kontinuierlich und dürfte letztendlich wieder durch “Waldarten” bestimmt sein – der spezielle Charakter der Leuker Waldbrandfläche geht wieder verloren. Deshalb sind periodisch neu entstehende Waldbrandflächen aus Sicht der Schweizer Arten- und Lebensraumvielfalt sehr wertvoll. Die Waldbrandfläche Leuk dient als Langzeitbeobachtungsfläche, auf welcher die natürliche Dynamik nach einem Waldbrand verfolgt werden kann. Hier sollten deshalb keine Massnahmen umgesetzt werden, um die Landschaft offen zu halten. Anderswo kann die von offenen und halboffenen Landschaften profitierende Biodiversität aber durch Massnahmen wie Sonderwaldreservate mit gezielten Eingriffen oder Waldbeweidung gefördert werden. Künstliche Waldbrände durch kontrolliertes Feuer als Fördermassnahme wird weltweit genutzt, bedarf in der Schweiz aber einem Paradigmenwechsel im Verständnis des Waldschutzes, Änderungen gesetzlicher Vorlagen, entsprechend ausgebildete Fachkräfte und Informationskampagnen zur Sensibilisierung der Bevölkerung.



Abb. 3 Die Waldbrandfläche Leuk bietet einer diversen und meist seltenen Flora und Fauna ein Mosaik aus lichtem und strukturreichem Wald mit offenen wie auch bewachsenen Bodenstellen. *Foto: A. Sierro*

3 Windwurf Rorwald

Stürme sind in Europa das prägendste und häufigste Störereignis und resultieren immer wieder in klein- bis sehr grossflächigen Windwürfen (*Schelhaas et al. 2003*). Betroffene Flächen verändern sich drastisch in ihrer Ökologie gegenüber benachbarten, nicht betroffenen Flächen. Geschlossene Bestände werden meist komplett geöffnet und das einfallende Sonnenlicht begünstigt Pionierpflanzen. Durch die geworfenen Bäume entsteht ausserdem viel Totholz, je nach Bestand in diversen Grössen. Die hohe Vielfalt an Strukturen, Nischen und Totholz zusammen mit der aufkommenden Pioniervegetation bietet einen diversen Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen, welche oft nicht im geschlossenen Wald zu finden sind (*Duelli et al. 2002, Wermelinger et al. 2017*). Die mit Windwürfen einhergehende Sukzessionsdynamik und Erhöhung der Lebensraumvielfalt ist somit von grosser ökologischer Wichtigkeit für Waldökosysteme. Die beiden Orkane Vivian (1990) und Lothar (1999) warfen in der Schweiz etwa 12.5 Millionen m³ Holz, was ungefähr 3 % des Schweizer Holzvorrats entsprach (*WSL & BAFU 2001*). Unter den betroffenen Flächen befand sich ebenfalls eine abgelegene 70 Hektaren grosse Nadelwaldfläche im Rorwald (Gemeinde Giswil im Kanton Obwalden), in welchem rund 20'000 m³ Holz auf etwa 27 Hektaren und einem Höhengradienten von 1'260 m bis 1'550 m ü. M. geworfen wurden. Die wichtigsten Waldgesellschaften waren "subalpiner Fichtenwald mit Torfmoos", "Schachtelhalm-Tannemischwald" und "Torfmoos-Bergföhrenwald". 2002 und 2013 wurde zur Brutzeit im Mai und Juni der Brutvogelbestand mittels der Methode Punkt-Stopp-Zählung erhoben (*Mollet et al.*

2017), welche bei schwierigem Gelände Anwendung findet. Wenn möglich wurden auch Beobachtungen ausserhalb der ordentlichen Zählungen notiert, zum Beispiel während der Verschiebung zwischen Zählpunkten.

Auf den Zählpunkten liessen sich 633 Individuen von 29 Arten im Jahr 2002 und 1'016 Individuen von 34 Arten im Jahr 2013 nachweisen. Dies resultierte in insgesamt 41 Vogelarten auf und zusätzlich 10 Vogelarten zwischen den Zählpunkten, wobei Steinadler (*Aquila chrysaetos*), Rotmilan (*Milvus milvus*) und Strassentaube (*Columba livia domestica*) mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht im Untersuchungsgebiet brüteten. Auf der Untersuchungsfläche konnten einige heimlich lebende und z. T. bedrohte Arten wie Auerhuhn (*Tetrao urogallus*, Abb. 4), Birkhuhn, Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*), Sperlingskauz (*Glaucidium passerinum*), Sperber (*Accipiter nisus*) und Habicht (*Accipiter gentilis*) nachgewiesen werden. Bei 15 Arten mit genügend grosser Stichprobe konnten Entdeckungswahrscheinlichkeiten und Bestandsveränderungen zwischen den Zählperioden errechnet werden (Abb. 5).

48 der 51 nachgewiesenen Vogelarten brüteten mit hoher Wahrscheinlichkeit im Studiengebiet – eine beachtliche Artenzahl für montane-subalpine Bergwälder. Als Brutvögel zusätzlich erwartet, aber nicht nachgewiesen, hätte man Wacholderdrossel (*Turdus pilaris*), Zitronenzeisig (*Serinus citrinella*) und Raufusskauz (*Aegolius funereus*), was die Gesamtzahl nochmals erhöht hätte. Dennoch konnten mehr Arten nachgewiesen werden als in vergleichbaren Studien bei beispielsweise von Meier (1954) mit 21 bis 23 Arten auf 50 ha, Bernet (1997) mit 30 Arten auf 54.6 ha und Schaffner (1990) mit 28 Arten (ohne Eulen, Greifvögel und Waldschnepfe) auf 70 ha. Nur Moning & Müller (2008) fanden mit 50 Arten einen ähnlich hohen Vogelbestand in einem struktu-



Abb. 4 Das “stark gefährdete” Auerhuhn ist in der Schweiz auf intensive waldbauliche Massnahmen angewiesen. Die Sturmfläche Rorwald hingegen nutzte die Vogelart ohne menschliches Zutun.

Foto: M. Siegrist

Abb. 5 Bei 15 Vogelarten mit genügend grosser Stichprobe konnten Bestandsveränderungen zwischen den zwei Aufnahmeperioden 3 und 14 Jahre nach Lothar errechnet werden. Rot: signifikante Abnahme; orange: tendenzielle Abnahme; hellgrün: tendenzielle Zunahme; dunkelgrün: signifikante Zunahme; keine Farbe: keine Veränderung.

Grafik: Schweizerische Vogelwarte



rell sehr heterogenen Fichtenwald mit vielen Lücken und etlichen Borkenkäferflächen. Diese Resultate zeigen, wie bedeutsam die Heterogenität eines Waldbestands für die Waldbiodiversität ist, auch wenn der Mensch Windwürfe meist als Katastrophe wahrnimmt. Das Mosaik aus Windwurf- und intakten Flächen im Rorwald begünstigt eine reichhaltigere Brutvogelfauna als dies in einem homogenen, montanen-subalpinen Wald der Fall ist. Wenn immer möglich sollte deshalb auf die Räumung betroffener Flächen verzichtet, diese nur teilgeräumt oder alternative Lösungen gesucht werden. Im vorliegenden Fall hat die Eigentümerin mit dem Kanton ein Waldreservat aus- geschieden und das Gebiet zusätzlich mit einer Wildruhezone vor Störung geschützt.

4 Fazit und Ausblick

Die beiden hier erläuterten Studien *Rey et al. (2018)* und *Mollet et al. (2017)* stehen stellvertretend für einen umfangreichen Literaturbestand, welcher die ökologische Wichtigkeit von Störereignissen aufzeigt. Dabei resultieren unterschiedliche Störereignisse in unterschiedlichen Lebensräumen und schaffen meist die bei uns in der Schweiz seltenen Zerfalls- und Pionierphasen. Da Störereignisse im Wald trotz stark variierendem Schweregrad oft nur punktuell auftreten, entsteht auf Landschaftsebene ein Mosaik diverser Waldstadien und -bilder sowie Sukzessionsphasen. Damit einhergehend unterscheidet sich die Flora und Fauna je nach Ereignis mit jeweils typischen Arten. Die meisten Störereignisse haben eine Öffnung des Waldbestands zur Folge, wodurch Arten des lichten Waldes begünstigt werden. Weil letzterer in der Schweiz eher selten ist, profitieren oft bedrohte Arten, welche auf Artenfördermassnahmen angewiesen sind. Werden von Störereignissen betroffene Bestände belassen und nicht oder nur zum Teil geräumt, können direkt seltene Arten und Lebensräume gefördert werden. Die für die Zukunft prognostizierte Zunahme von Störereignissen (*Seidl et al. 2014*) kann sich also positiv auf die Biodiversität auswirken, aber nur wenn ein Teil der betroffenen Flächen von der Räumung ausgenommen wird. Die gesamte Biodiversität ist hierbei ein wichtiges Schlagwort. Denn nicht nur einzelne Arten oder Gilden profitieren von Störereignissen. Dynamische Prozesse wie Störereignisse als grundlegender Bestandteil von Ökosystemen tragen zur Erhöhung der Lebensraumvielfalt und dadurch zur Erhöhung der natürlichen Artenvielfalt bei. Eine hohe Biodiversität verbessert den Ökosystemzustand und dessen Funktionsfähigkeit (z. B. *Liquete et al. 2016* und darin genannte Literatur). Eine wachsende Anzahl an Studien legt eine starke Beziehung zwischen Biodiversität, Ökosystemfunktionen und den davon abgeleiteten für uns Menschen wichtigen Ökosystemdienstleistungen nah – nur ein gut funktionierendes Ökosystem kann Ökosystemdienstleistungen in zufriedenstellendem Masse erbringen. Es sollte also in unserem Interesse liegen, Störereignisflächen zu erhalten. Zurzeit gibt es diverse kantonale und privatrechtliche Instrumente sowie interessierte Eigentümerschaften und Forstfachleute, um einen Teil der Störereignisflächen mittel- bis langfristig zu belassen.

Literatur

- Bernet D. 1997. Brutvogelkartierung eines voralpinen Wirtschaftswaldes. Ökologische Studie als Beitrag zum Entscheid über die künftige Bewirtschaftung standörtlich schwieriger Bestände. *Ornithol. Beob.* 94: 233–256.
- Brändli U.-B., Abegg M. & Allgaier Leuch B. 2020. *Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017*. Birmensdorf & Bern, 1–341.
- Clavero M., Brotons L. & Herrando S. 2011. Bird community specialization, bird conservation and disturbance: the role of wildfires. *J Anim Ecol* 80: 128–136.
- Duelli P., Obrist M. K. & Wermelinger B. 2002. Windthrow-induced changes in faunistic biodiversity in alpine spruce forests. *For. Snow Landsc. Res.* 77: 117–131.
- Fontaine J. B., Donato D. C., Robinson W. D., Law B. E. & Kauffman J. B. 2009. Bird communities following high-severity fire: response to single and repeat fires in a mixed-evergreen forest, Oregon, USA. *For Ecol Manage* 257: 1496–1504.
- Herrando S., Brotons L. & Llacuna S. 2003. Does fire increase the spatial heterogeneity of bird communities in Mediterranean landscapes? *Ibis* 145: 307–317.
- Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T., Schmid H. & Strebel N. 2021. *Rote Liste der Vögel. Gefährdete Arten der Schweiz*. Bern, 1–53.
- Knaus P., Antoniazza S., Wechsler S., Guélat J., Kéry M., Strebel N. & Sattler T. 2018. *Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein*. Sempach, 1–648.

- Liquete C., Cid N., Lanzasova D., Grizzetti B. & Reynaud A. 2016. Perspectives on the link between ecosystem services and biodiversity: The assessment of the nursery function. *Ecological Indicators* 63: 249–257.
- Meier H. 1954. Über den Vogelbestand eines subalpinen Fichtenwaldes. *Ornithol. Beob.* 51: 133–134.
- Mollet P., Hardegger R., Altwegg R., Korner P. & Birrer S. 2017. Die Brutvogelfauna eines Nadelwaldes der nördlichen Voralpen nach dem Sturm Lothar. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 168: 59–66.
- Moning C. & Müller J. 2008. Environmental key factors and their thresholds for the avifauna of temperate montane forests. *For Ecol Manage* 256: 1198–1208.
- Plüss A. R., Augustin S. & Brang P. 2016. *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien*. Bern, 1–447.
- Rey L., Kéry M., Sierro A., Posse B., Arlettaz R. & Jacot A. 2018. Effects of forest wildfire on inner-Alpine bird community dynamics. *PloSone* 14: 1–20. Online verfügbar: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214644>
- Rigling A., Etzold S., Bebi P., Brang P., Ferretti M., Forrester D., Gärtner H., Gessler A., Ginzler C., Moser B., Schaub M., Stroheker S., Trotsiuk V., Walthert L., Zweifel R. & Wohlgemuth T. 2019. Wie viel Trockenheit ertragen unsere Wälder? Lehren aus extremen Trockenjahren. In: Bründle M. & Schweizer J. (Red.): *Lernen aus Extremereignissen*. WSL Berichte 78, Birmensdorf, 39–51.
- Schaffner U. 1990. Die Avifauna des Naturwaldreservates Combe-Grède (Berner Jura). *Ornithol. Beob.* 87: 107–129.
- Schelhaas M. J., Nabuurs G. J. & Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9: 1620–1633.
- Schmid H., Zbinden N. & Keller V. 2004. *Überwachung der Bestandsentwicklung häufiger Brutvögel in der Schweiz / Surveillance de l'évolution des effectifs des oiseaux nicheurs répandus en Suisse*. Sempach, 1–24.
- Seidl R., Schelhaas M.-J., Rammer W. & Verkerk P. J. 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nat. Clim. Chang.* 4: 806–810.
- Sousa W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 15: 353–391.
- Turner M. G. 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91: 2833–2849.
- Wermelinger B., Moretti M., Duelli P., Lachat T., Pezzatti G. B. & Obrist M. K. 2017. Impact of windthrow and salvage-logging on taxonomic and functional diversity of forest arthropods. *Forest Ecology and Management* 391: 9–18.
- White P. S. & Pickett S. T. A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: Pickett S. T. A. & White P. S. (Hrsg.): *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Orlando, 3–13.
- WSL & BAFU 2001. *Lothar. Der Orkan 1999, Ereignisanalyse*. Birmensdorf & Bern, 1–398.

