

Zum Umgang mit Borkenkäferkalamitäten im 21. Jahrhundert

Tomáš Hlásny | Tschechische Agraruniversität Prag, Fakultät für Forst- und Holzwissenschaften
Julia Haas | FOREST EUROPE Liaison Unit Bonn

Borkenkäfer und andere biotische Schadorganismen haben den europäischen Wäldern in den vergangenen Jahren unerwartet stark zugesetzt. Die schlimmsten Schäden liegen wahrscheinlich jedoch noch vor uns. Es ist dringend erforderlich Strategien zu entwickeln, die den Auswirkungen auf die gesamte forstliche Wertschöpfungskette vorbeugen und relevante Akteure und Institutionen bei der Planung von Maßnahmen besser einbinden. In jeder Krise steckt jedoch auch eine Chance. Wir sollten Sie ergreifen und nutzen, um die Wälder und den Forstsektor widerstands- und zukunftsfähig umzubauen.



Photo: Forest Management Institute of the Czech Republic.

Hintergrund

Die Großkalamitäten in den Wäldern in ganz Europa in den vergangenen Jahren haben das Niveau von vor dem Jahr 2000 um das nahezu Zehnfache überstiegen¹. Das beispiellose Ausmaß macht die Borkenkäferthematik zunehmend zu einem drängenden sozioökonomischen Problem. Es ist nicht mehr nur ein Problem das den Forstsektor und die internationalen Holzmärkte betrifft, sondern Einfluss auf die allgemeine Lebensqualität der Menschen nehmen wird und Fragen aufwirft hinsichtlich unserer Fähigkeit die Klimaschutzziele zu erreichen. Diese Entwicklungen haben uns dazu veranlasst, die derzeitigen Bewirtschaftungspläne, die Waldbau- und Waldschutzpraktiken und deren Angepasstheit an derart risikoreiche Rahmenbedingungen in Frage zu stellen. Der fortschreitende Klimawandel wird die Schäden durch Borkenkäfer noch verstärken, ein synchrones Auftreten auf großer Fläche bedingen und die Käfer in nördlichere Regionen vordringen lassen. Es reicht nicht aus, diese Entwicklungen nur auf Ebene der Forstpraxis anzugehen, sondern dies erfordert eine sektorübergreifende und internationale Zusammenarbeit mit starker und klarer Unterstützung durch die Politik.

Im Umgang mit künftigen Gefahren für die Wälder stoßen wir auf zahlreiche neue Herausforderungen. Bei der Bewältigung müssen wir immer neue Wechselwirkungen zwischen den Störfaktoren, sowie sich gegenseitig verstärkende Effekte verschiedener Ereignisse wie, Dürren, Windwurf, Waldbrände, Schädlingsbefall und Krankheiten berücksichtigen. Traditionelle Verfahren zur Schadabwehr und -bewältigung sind zumeist nicht mehr effektiv; das Arbeiten unter Hochrisikobedingungen ist zur neuen Norm geworden. Neue Technologien, unter anderem in den Bereichen der Forsteinrichtung, dem Monitoring und Modellierung, bergen das Potenzial das Risikomanagement zu revolutionieren. Die Bewältigung dieser Herausforderungen erfordert eine Stärkung der Schnittstellen zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis sowie Investitionen in die Aus- und Weiterbildung.

Management und politische Grundsätze

Eindimensionale Krisenreaktionsmaßnahmen durch umfassende Krisenmanagementkonzepte ersetzen

Kalamitätsbedingter Holzeinschlag und Sanitärhiebe waren stets ein Eckpfeiler der Bekämpfung von Borkenkäferbefall in Europa. Jedoch stellen sie nur ein Element eines Krisenmanagements zur Eindämmung aktueller und künftiger Kalamitäten dar. Eine effiziente Bekämpfung erfordert die Abstimmung von Monitoring- und waldbaulichen Maßnahmen, den Ausbau von Lager- und Transportkapazitäten für Holz, die Personalentwicklung und -schulung, sowie betriebliche Zonierungskonzepte und eine vorausschauende Wiederbewaldung, die das zukünftige Risiko minimiert. Der **Krisenmanagementzyklus**, der aus den Phasen Vorsorge, Vorbereitung, Bewältigung (Intervention) und Wiederherstellung (Nachbereitung) besteht, kann einen praktischen Rahmen für die Integration dieser Maßnahmen in kohärente nationale Krisenmanagementkonzepte bieten.

Der Bericht „Living with Bark Beetles: Impacts, Outlook and Management Options²“ aus der Reihe „Science to Policy“ des Europäischen Forstinstituts (EFI) und die anschließende [Folgestudie³](#) bieten nützliche Orientierungshilfen für die Forstpraxis und die zuständigen Behörden für die Überarbeitung der derzeitigen Konzepte auf nationaler Ebene.

Krisenmanagementstrategien müssen umfassend und nicht einseitig auf Borkenkäferbefall, Waldbrände oder Sturmschaden ausgerichtet sein. Diese Schadfaktoren interagieren und Maßnahmen zur Verringerung eines Faktors können andere verstärken.

Förderung sektorübergreifender Maßnahmenabstimmung und internationaler Zusammenarbeit

Die Bewältigung von Großkalamitäten, wie bei Borkenkäferkalamitäten, erfordert ein koordiniertes sektor- und akteursübergreifendes Vorgehen; Hierbei sollten unter anderem die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Naturschutz, Verkehr und Infrastruktur, Finanzen, Versicherungen, öffentliche Sicherheit und die Öffentlichkeit einbezogen werden. Im Gegensatz zu Waldbrand- oder Sturmereignissen baut sich die Schadsituation durch Borkenkäfer oftmals über viele Jahre hinweg auf, wobei die Ressourcen der Waldbesitzer stetig schwinden und ihre Handlungsfähigkeit gefährdet wird. Gut vorbereitete Versicherungs-, Entschädigungs- und Förderprogramme können wesentlich dazu beitragen, die Auswirkungen zu mindern. Kalamitäten und ihre Folgen für Umwelt und Wirtschaft machen nicht an Landesgrenzen halt. Die Einrichtung von Kommunikations- und Koordinationsplattformen für Staaten, die sich befallsgefährdete Gebiete teilen, kann die Effizienz des Managements stärken und dazu beitragen, mögliche Spannungen abzumildern.

Aus den tschechischen Erfahrungen im Umgang mit dem landesweiten Ausbruch des Fichtenborkenkäfers (2018-2023) können andere Länder einzigartige Lehren ziehen, einschließlich zum Umgang mit notwendigen Anpassungen in der Gesetzgebung, der Abmilderung sozialer Auswirkungen, des Umgangs mit schwankenden Holzpreisen und Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie. Plattformen wie die Forest Risk Facility (FoRISK) im Rahmen von FOREST EUROPE können eine wesentliche Rolle dabei spielen, dieses Know-How mit Entscheidungsträgern und Politikern in ganz Europa zu teilen.

„Resilienzdenken“ beim Krisenmanagement einführen

Borkenkäferkalamitäten und andere Schadereignisse sind unvermeidlich, und ihre Häufigkeit und Schwere werden in vielen Ländern in den kommenden Jahrzehnten zunehmen. Resiliente Wälder können die Auswirkungen auffangen und sich davon erholen; ein resilienter Forstsektor kann große Mengen an Schadholz aufnehmen und trotz schwankender Holzpreise und Verfügbarkeit von Arbeitskräften operieren; und eine resiliente Gesellschaft kann lernen, mit großflächigen Umweltveränderungen und einer veränderten Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen zu leben. Resilienz darf nicht als schwer fassbares wissenschaftliches Konzept begriffen werden, sondern als ein wichtiger Politik- und Managementrahmen für den Umgang mit zunehmenden Risiken und begrenztem Wissen über künftige Umwelt-, Markt- und gesellschaftliche Trends^{4,5}. Die Einführung von Resilienzdenken erlaubt uns, natürliche Störungen als Chance für die Schaffung neuer, resilienter Wälder zu sehen und Reformen umzusetzen, die die Fähigkeit des Forstsektors zur effizienteren Anpassung an und Erholung von künftigen Krisen verbessern.

Empfehlungen für politische Entscheidungsträger

- **Lernen und vorausdenken, anstatt nur zu reagieren.** Der europaweite Wissensaustausch, der Austausch bewährter Techniken und Verfahren, sowie Mängelanalysen im Schadensmanagement sind unerlässlich für die Erstellung angepasster Krisenmanagementkonzepte und um eine sektorübergreifende Unterstützung zu gewährleisten. Diese Pläne werden besser funktionieren als jede Ad-hoc-Lösung. Mit etwas Glück werden sie nie zum Einsatz kommen.
- **Ersetzen von „Einheitslösungen“** durch Ansätze, die auf unterschiedliche soziale und ökologische Rahmenbedingungen zugeschnitten sind. Berücksichtigt werden muss dabei, dass sich natürliche Störungen zwar nachteilig auf die meisten Ökosystemdienstleistungen⁶ auswirken, aber für die Biodiversität und natürliche Prozesse⁷ unerlässlich sind. Auf Standorten mit Fokus auf naturschutzfachliche Ziele sollten verstärkt Maßnahmen zur Förderung der natürlichen Dynamik, einschließlich das Belassen von Totholz im Wald und der natürlichen Verjüngung, geplant werden, während an Standorten, die vorwiegend auf die Rohstoffproduktion abzielen, der Fokus auf ein aktives Krisenmanagement gelegt werden sollte. Ein datengestütztes Zonierungskonzept ist für die Bewältigung großflächiger Kalamitäten entscheidend und erlaubt es innerhalb der Zonen unterschiedliche Prioritäten für die Bekämpfung festzulegen. Fälle, in denen ein kalamitätsbedingter Holzeinschlag wirtschaftlich nicht rentabel ist und es unwahrscheinlich ist einen Befall oder Ausbreitung durch Sanitärhiebe zu verhindern, fordern eine gesonderte Betrachtung bei Entscheidungen im Rahmen der Bekämpfung. Die hier thematisierten Ansätze unterscheiden sich von den üblichen Praktiken der Borkenkäferbekämpfung in vielen Ländern und erfordern Gesetzesänderungsverfahren mit branchenübergreifender Koordinierung.
- **Waldbau und Waldschutz in Einklang bringen** und in einem integrierten Krisenmanagementkonzept kombinieren. Waldbauliche Verfahren, die lange Umtriebszeiten, einen hohen Vorrat und eine geringe Alters- und Baumartenvielfalt fördern, schaffen Risiken, die nicht durch Maßnahmen wie die Schadholzaufarbeitung, Sanitärhiebe und den Einsatz von Pheromonfallen ausgeglichen werden können. Jedoch können aktive Maßnahmen zur Risikominimierung dazu beitragen, die Managementziele für einen vielfältigen, klimaangepassten und resilienten Wald zu erreichen. Denn in Zeiten des Klimawandels kommt es mehr denn je auf die Risikominimierung und Widerstandsfähigkeit an als auf die Maximierung der Produktivität.
- **Abschwächung der negativen Auswirkungen von Wildbeständen.** In vielen europäischen Ländern stellen große, herbivore Wildtierpopulationen, wie von Reh- und Rotwild, eine erhebliche Bedrohung für die Verjüngung der Waldbestände dar und können den natürlichen und vom Menschen unterstützten Waldumbau negativ beeinträchtigen. Sie können wiederaufgeforstete Schadflächen erheblich schädigen und zur Entmischung in der aufkommenden Verjüngung führen; In der Folge entstehen wieder führende Fichtenbestände. Daher ist ein aktives Jagdmanagement entscheidend für die Schaffung künftiger, klimaangepasster Wälder und für die Minderung künftiger Risiken.
- **Nutzen der natürlichen Walddynamik.** Die hohe natürliche Regenerations- und Anpassungsfähigkeit vieler Wälder wird oft unterschätzt, obgleich eine natürliche Wiederbewaldung viele ökologische und wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen kann. Angesichts der sich ausdehnenden Schadflächen und der begrenzt verfügbaren Arbeitskapazitäten ist es von essenzieller Bedeutung, sowohl aktiv künstliche Aufforstungsmaßnahmen in Wäldern durch Pflanzung

* Der Bericht „Living with Bark Beetles?“ und die anschließende Folgestudie³ unterscheiden klar zwischen Eingriffen in Wäldern, die auf die Holzproduktion ausgerichtet sind, und in Wäldern, bei denen die biologische Vielfalt und Naturschutzziele im Fokus stehen, und repräsentieren die beiden äußeren Enden des Bewirtschaftungskontinuums in Europa. Der Bericht hebt die Bedeutung natürlicher Störungen für die Schaffung von Lebensräumen für verschiedene waldbewohnende Arten, das Fortbestehen natürlicher Prozesse und die Steigerung der landschaftlichen Heterogenität hervor. Er zeigt auch Situationen auf, bei denen eine aktive Bekämpfung von Borkenkäfern in Wäldern mit Schutzstatus erwogen werden sollte, z.B. wenn neue invasive Arten eindringen, wenn natürlich vorkommende Borkenkäfer ihr Verbreitungsgebiet erheblich ausdehnen, wenn einzelne monumentale Bäume oder Überreste von Altbeständen geschützt werden müssen oder wenn besonders schützenswerte Arten durch die Störung unmittelbar bedroht sind.



oder Saat, als auch die Möglichkeiten der natürlichen Waldverjüngung voll auszuschöpfen. Die entstehenden räumlichen Mosaik können entscheidend zur Resilienz der Wälder beitragen und künftige Risiken mindern. Bei der Waldbewirtschaftung sollte aktiv die strukturelle und kompositionelle Vielfalt erhalten werden und Vorausverjüngung, Biotopbäume, Totholzinseln, sowie andere Elemente in die neu entstehende Waldgeneration einbezogen werden. Um eine breite Akzeptanz für diese Maßnahmen zu generieren, ist es entscheidend Bildungs-, Ausbildungs- und Sensibilisierungsinitiativen durchzuführen.

- **Die Zukunft im Auge behalten.** Entscheidungen bei der Wiederbewaldung nach Schadereignissen bestimmen die Zukunft des Waldes, einschließlich der Anfälligkeit für künftige Störungen. Daher ist die Schaffung von klimaangepassten und resilienten Wäldern auf Schadflächen eine elementare, aber oft übersehene Komponente des Krisenmanagements. Dies kann unpopuläre Maßnahmen erfordern, wie z.B. die Anpflanzung von derzeit ökonomisch weniger geschätzten, aber risikoarmen Arten, eine erhebliche Reduzierung des Wildbestands und die Anpassung der Artenzusammensetzung an künftige Klimabedingungen durch unterstützte Artwanderung („assisted migration“). Die Veränderungen im Baumartenspektrum müssen von einem entsprechenden Wandel in der Holzindustrie begleitet werden. Dieser Wandel kann als starker Anreiz für die Waldbewirtschaftenden dienen ihre Wälder anzupassen.
- **Schritthalten mit neuen technologischen Entwicklungen.** Das forstliche Krisenmanagement muss mit dem fortschreitenden digitalen Wandel Schritt halten. Fernerkundung mit Satelliten- und Luftbildern, künstliche Intelligenz, Ansätze der dynamischen Modellierung, zur strategischen Vorausschau bzw. Trendanalyse („horizon scanning“), sowie andere neue Technologien können die Überwachung von Störungen, die Risikobewertung, Forstplanung und Prognosen im operativen Geschäft maßgeblich unterstützen. Diese Technologien können insbesondere bei der Bewertung der künftigen Standorteignung und der Auswahl von Baumarten für die Wiederaufforstung von Schadflächen nützlich sein. Nationale Forschungseinrichtungen, Forstschutzdienste, Beratungsdienste (z.B. <https://forext.eu/>), und andere Stellen müssen an der Einführung und Anpassung bestehender Lösungen an die natürlichen, logistischen und personellen Gegebenheiten des Umfelds mitwirken.

Literaturhinweise

1. Patacca, M., Lindner, M., Lucas-Borja, M. E., Cordonnier, T., Fidej, G., Gardiner, B., Hauf, Y., Jasinevičius, G., Labonne, S., Linkevičius, E., Mahnken, M., Milanovic, S., Nabuurs, G.-J., Nagel, T. A., Nikinmaa, L., Panyatov, M., Berčák, R., Seidl, R., Ostrogović Sever, M. Z., Socha, J., Thom, D., Vuletic, D., Zudin, S., Schelhaas, M. 2023. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950. *Global Change Biology* 1359-1376.
2. Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M., Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. *From Science to Policy*. European Forest Institute 8, 50 p.
3. Hlásny, T., König, L., Krokene, P., Lindner, M., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., F., Schelhaas, M.-J., Svoboda, M., Viiri, H., Seidl, R. (2021). Bark Beetle Outbreaks in Europe: State of Knowledge and Ways Forward for Management. *Current Forestry Reports* 7, 138-165.
4. Messier, C., Bauhus, J., Doyon, F., Maure, F., Sousa-Silva, R., Nolet, P., Mina, M., Aquilué, N., Fortin, M.-J., Puettmann, K. (2019). The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *Forest Ecosystems*, 6, 21.
5. Lindner, M., Nikinmaa, L., Brang, P., Cantarello, E., Seidl, R. (2020). Enhancing resilience to address challenges in forest management. In F. Krumm, A. Schuck, & A. Rigling (Eds.), *How to balance forestry and biodiversity conservation. A view across Europe* (pp. 147-155). European Forest Institute; Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research.
6. Thom, D., Seidl, R. 2016. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews* 91, 760-781
7. <https://resilience-blog.com/2021/08/30/friends-or-foes-managing-bark-beetles-in-the-21st-century/>

Danksagungen

Dieses Grundsatzpapier wurde bei der Sitzung der Sachverständigengruppe FoRISK von FOREST EUROPE am 30. Juni 2023 angenommen. Die Arbeit an diesem Grundsatzpapier wurde zum Teil mittels des RESONATE-Projekts unterstützt, das durch das H2020-Programm [Finanzhilfvereinbarung Nr. 101000574] finanziert wird.



Technischer Anhang: Instrumentarium für das Krisenmanagement von Schadorganismen

Dieser Anhang ist eine aktualisierte Fassung des veröffentlichten Maßnahmenkatalogs aus dem Bericht „Living with bark beetles: Impacts, outlook and management options (Hlásny et al. 2019)“ und der Folgestudie „Bark beetle outbreaks in Europe: State of knowledge and ways forward for management (Hlásny et al. 2021)“. Der Übersichtlichkeit halber sind die Maßnahmen gemäß den vier Phasen des Krisenmanagementzyklus gegliedert: Krisenvorsorge - Vorbereitung - Bewältigung (Intervention) - Wiederherstellung (Nachbereitung). Die Phasen müssen nicht der Reihe nach durchlaufen werden, und ein und dieselbe Maßnahme kann in mehreren Phasen zur Anwendung kommen oder Maßnahmen können sich gegenseitig beeinflussen. So können z.B. Wiederherstellungsmaßnahmen nach einer Störung die Effizienz künftiger Vorsorgemaßnahmen bestimmen. Schadholzaufarbeitung und Sanitärhiebe können eingesetzt werden, sowohl um den Aufbau von Borkenkäferpopulationen zu verhindern, als auch um im laufenden Ausbruchgeschehen den wirtschaftlichen Verlust für Schadholz zu reduzieren. Alle Phasen erfordern ein hohes Maß an Vorbereitung im Hinblick auf personelle und technische Ressourcen, Gesetzgebungsverfahren, verbesserte Aus- und Weiterbildung, sektorübergreifende Krisenpläne und andere Aspekte.

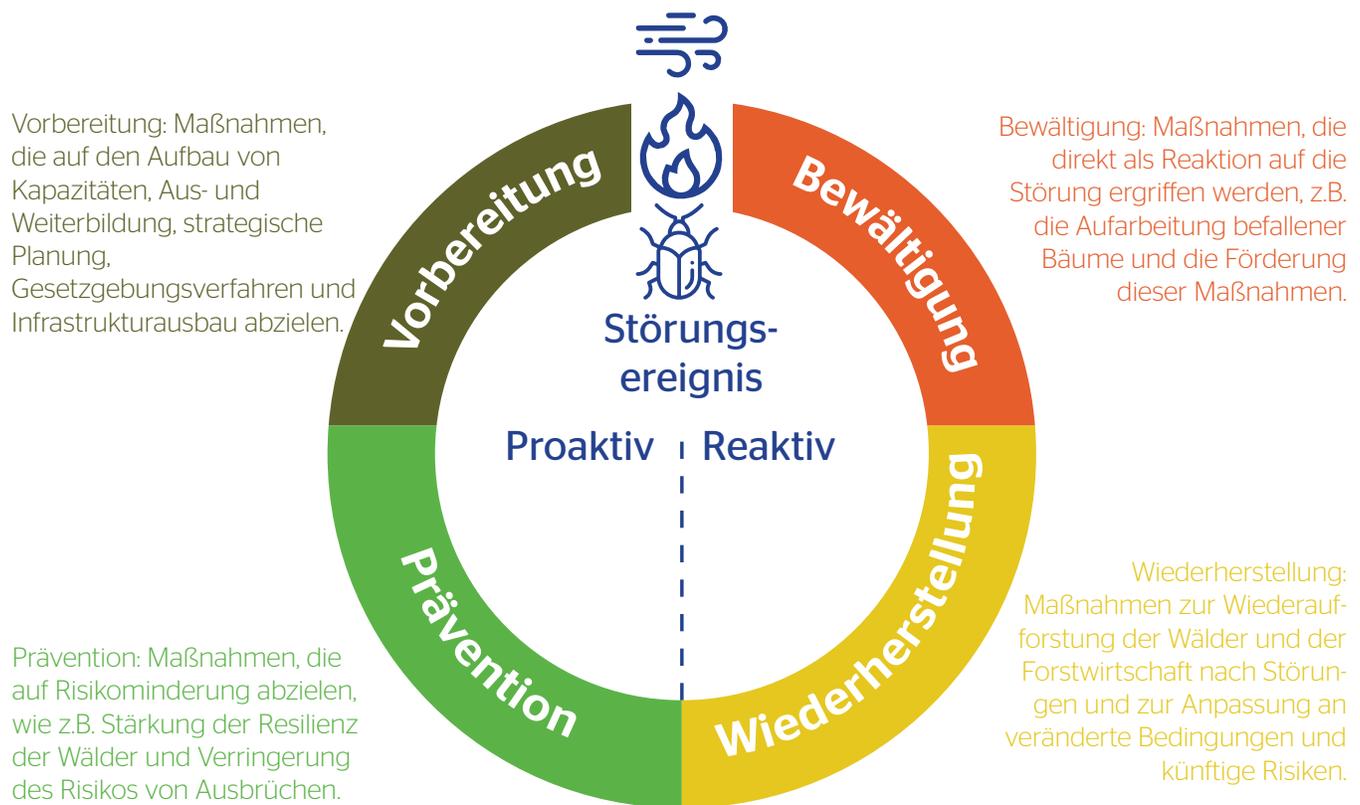


Abbildung 1: Die vier Phasen im Krisenmanagementzyklus zur Vorbeugung von Katastrophen. Angepasst nach Lindner, M. und Schuck, A. (2020). Towards holistic forest crisis management - adapting to changing disturbance regimes in Europe. EFI Policy Brief 08_2020. https://sure.efi.int/sites/default/files/2020-08/Policy%20Brief_Towards%20holistic%20forest%20crisis%20management.pdf



VORBEREITUNG		
#	Instrumente & Maßnahmen	Beschreibung
1.1	Verbesserung der Ausbildung	Zentrale Fachgebiete der Forstwissenschaft wie Waldschutz und Waldbau müssen über die neuesten Erkenntnissen sich ändernder Waldrisiken, neue Bewirtschaftungskonzepte- und Rahmenrichtlinien informieren, um mit dem sozio-ökologischen Wandel mithalten zu können. In Anlehnung daran, sollten auch für zukünftige Entscheidungsträger und Politiker Ausbildungsmodule zu diesen Themen ausgearbeitet und die Ausbildung systematisch organisiert werden.
1.2	Stärkung der internationalen Zusammenarbeit	Das grenzüberschreitende Ausmaß von Kalamitäten und die mögliche Einschleppung und Ausbreitung invasiver Schädlinge erfordern die verstärkte internationale Zusammenarbeit, den Austausch von Daten und Wissen, eine verbesserte Schädlingsüberwachung und Krisenmanagementkonzepte.
1.3	Verstärkung des Wissenstransfers von der Wissenschaft zur Politik und Praxis	Zunehmender Schädlingsbefall stellt die Wirksamkeit herkömmlicher Bekämpfungs- und Präventivmaßnahmen in Frage. Der Wissenstransfer von Wissenschaft zur Politik, Verwaltung und zur Forstpraxis muss intensiviert werden. Beispiele für bewährte Verfahren müssen erarbeitet und zwischen den Ländern ausgetauscht werden. Plattformen können als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis fungieren, und Maßnahmen in nationalen Aktionsplänen aufgegriffen werden.
1.4	Ausarbeitung effektiver Krisenmanagementkonzepte	Ausbrüche auf nationaler oder supranationaler Ebene erfordern gut vorbereitete, sektorübergreifende Strategien (Forstwirtschaft, Umweltschutz, Finanz- und Infrastrukturbereich, öffentliche Sicherheit usw.). Die derzeit getroffenen Vorkehrungen für solch umfassende Maßnahmen sind unzureichend, und in den meisten Ländern fehlen Rechtsvorschriften, die sektorübergreifende Maßnahmen ermöglichen. Für maximale Wirksamkeit und größtmögliche Akzeptanz müssen derartige Pläne bereits vor Borkenkäferausbrüchen oder anderen großflächigen Störungsereignissen erstellt werden.
1.5	Pufferzonen für Naturschutzgebiete	Um Naturschutzgebiete herum müssen angemessene Pufferzonen eingerichtet werden, um die Ausbreitung von Käfern zwischen stillgelegten oder anderweitig geschützten Wäldern und angrenzenden bewirtschafteten Wäldern besser kontrollieren und überwachen zu können. Dies wird, die Effizienz der Käferbekämpfung im Wirtschaftswald erhöhen und Konflikte zwischen den beteiligten Akteuren verringern.
1.6	Aufrechterhaltung des Dialogs mit allen Interessensgruppen und Aufbau von Beziehungen zu den lokalen Akteuren	Der Dialog muss mit allen an der Ausbruchsbekämpfung beteiligten oder anderweitig mit dem Wald befassten Akteuren gesucht und gepflegt werden, um die Wirksamkeit und die Akzeptanz für die Maßnahmen zu erhöhen, sowie um das Risiko von Konflikten zu mindern.
1.7	Verbesserung bzw. Einrichtung von Systemen zur Überwachung der Störanfälligkeit von Wäldern und der Veränderungen in den Schädlingspopulationen	Die meisten EU-Länder sind bisher nur in geringem Maße in der Lage, Veränderungen im Vorkommen von biotischen Schadfaktoren zu erkennen und koordinierte länderübergreifende Maßnahmen einzuleiten. Die rechtzeitige und effiziente Umsetzung von Bekämpfungsmaßnahmen erfordert ein frühzeitiges Erkennen für die Anfälligkeit eines Waldes etwa durch Änderung des Waldzustandes, die Möglichkeit durch Modelle und Beprobung Schädlingsdichten zu prognostizieren, sowie die Möglichkeit das Auftreten neuer Schädlinge festzustellen. Die Qualität der getroffenen Entscheidungen ist stark abhängig von der Qualität der erhobenen Daten und vorliegenden Informationen.

1.8	Aufrechterhaltung einer ausreichenden Anzahl gut ausgebildeter Fachkräfte	Die Beschäftigungszahlen in der Forstwirtschaft nehmen ab, die zunehmenden Risiken erfordern jedoch eine ausreichende Anzahl von Arbeitskräften. Es ist unerlässlich, gut ausgebildetes und erfahrenes Forstpersonal vor Ort verfügbar zu haben.
1.9	Förderung der Vorausverjüngung	Die Etablierung einer stabilen Vorausverjüngung erleichtert eine schnellere Erholung der Waldflächen nach Störungen, verringert den Bedarf an Saat- und Pflanzgut, sowie arbeitsintensiver Pflanzverfahren und Verjüngungsschutzmaßnahmen.
1.10	Erhaltung ausreichender Baumschulkapazitäten	Der erhöhte Bedarf an forstlichem Vermehrungsgut anderer Baumarten und Herkünfte als Fichte nach Großkalamitäten kann die bestehenden Kapazitäten von Baumschulen übersteigen und zu einer unzureichenden Wiederherstellung gestörter Flächen führen. Baumschulkapazitäten müssen gesteigert und ihre Produktion an den Anpassungsbedarf der Wälder angepasst werden.
1.11	Ausbau und Erhaltung eines angemessenen Waldwegenetzes	Ein gut ausgebautes Netz an Forststraßen erlaubt ein differenziertes Vorgehen bei Schäden, eine auf Resilienz ausgerichtete Bewirtschaftung, sowie eine effiziente Erkennung und Entnahme von befallenen Bäumen.
1.12	Erhöhung der Holzlagerkapazitäten	Ausreichend (Nass-) Holzlagerplätze können nach Windwürfen und Borkenkäferbefall verhindern, dass große Mengen an Holz den Markt überschwemmen.

PRÄVENTION		
#	Instrumente & Maßnahmen	Beschreibung
2.1	Entwicklung von Frühwarnsystemen und deren Integration in die Ausbruchsbekämpfung	Die Entwicklung und Pflege von Frühwarnsystemen, die auf echtzeitnahen Wetterdaten, automatisierten Monitoringsystemen für Käferpopulationen bzw. Fernerkundungsdaten beruhen, helfen bei der Ermittlung von Hochrisikogebieten und der Planung gezielter Präventivmaßnahmen.
2.2	Koordinierung des Käfermanagements auf Landschaftsebene	In Gebieten mit Kleinstbesitz und Besitzersplitterung erweist sich die Kontrolle von Ausbrüchen häufig als kompliziert. Um das Risiko einer Ausbreitung des Befalls zu mindern, sind Strategien für ein koordiniertes Vorgehen bei der Bekämpfung über Eigentumsgrenzen hinweg erforderlich.
2.3	Verringerung der Konnektivität von Wirtsbäumen auf Landschaftsebene	Die Minderung der Konnektivität gefährdeter Waldbestände und -komplexe auf Landschaftsebene kann dazu beitragen, die Ausbreitung von Borkenkäfern einzudämmen. Dies erfordert Strategien für die Raumordnung und eine Koordinierung zwischen Waldbesitzenden.
2.4	Einsatz von Pheromonfallen zur Überwachung der Schädlingspopulationen	Mit Hilfe von Pheromonfallen lassen sich die Käferpopulationen effizient überwachen. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse können in das Management einfließen und den optimalen Zeitpunkt und die Intensität von Bekämpfungsmaßnahmen bestimmen.
2.5	Herstellung und Erhaltung von Waldbeständen, die in Baumartenzusammensetzung und Struktur vielfältig sind	Mischbestände mit komplexen vertikalen und horizontalen Strukturen sind weniger anfällig für Borkenkäferbefall und weisen eine höhere Resilienz auf als homogene Monokulturen. Der Erhalt der Vielfalt in der Zusammensetzung und -struktur ist für das Risikomanagement in Zeiten des Klimawandels von herausragender Bedeutung.
2.6	Risikominderung durch Verkürzung der Umtriebszeit in den Wäldern	Die Gefährdung von Bäumen für Windwurf- und Borkenkäferschäden steigt mit dem Alter und der Baumhöhe. Eine Reduzierung der Fläche gefährdeter Altersklassen mindert das Gesamtrisiko eines Ausbruchs. Jedoch können damit unerwünschte Nebeneffekte verbunden sein, wie z.B. ein höheres Ernteaufkommen, ein geringerer Kohlenstoffvorrat auf Bestandesebene und der Verlust von Lebensräumen für Arten alter Bäume. Ein ausgewogenes Vorgehen kombiniert Maßnahmen der Umtriebszeitverkürzung mit anderen Maßnahmen zur Risikominderung, wie z.B. die Erhöhung der Vielfalt der Baumarten. Es ist sorgfältig auf potentielle Kollateralschäden zu prüfen.
2.7	Erhöhung der Widerstandskraft der Wirtsbäume durch Durchforstung	Waldbauliche Behandlungen, die die Konkurrenz zwischen Bäumen verringern, können die Wuchskraft der Bäume und ihre Widerstandskraft gegen Borkenkäfer erhöhen und die Borkenkäferpopulation unterhalb der Epidemieschwelle halten.
2.8	Reduzierung des Ausbruchsrisikos durch Sanitärhiebe	Die Entnahme befallener Brutbäume kann die Käferpopulation reduzieren und das Ausbruchsgeschehen verringern. Die Entnahme von Windwurf sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden, um den Aufbau von Käferpopulationen zu unterbinden, solange dies rechtzeitig und ohne Schäden am verbleibenden Bestand zu verursachen durchgeführt werden kann. Jedoch ist unklar, inwieweit kalamitätsbedingter Holzeinschlag und Sanitärhiebe Ausbrüche verhindern oder unterdrücken können, wenn der Klimawandel einerseits die Entwicklung der Borkenkäfer und andererseits die Widerstandskraft der Bäume schwächt.
2.9	Verhinderung der Gefahr der Ausbreitung durch gefällte Bäume und liegende Stämme	Mechanische oder chemische Behandlung befallener Stämme, verbunden mit rechtzeitiger Abfuhr, kann den Käferflug und erneuten Befall verhindern. Neue Verfahren, wie Rindenschlitzverfahren und Begasung, müssen weiter entwickelt und auf ihre Wirksamkeit, ihr Kosten-Nutzen-Verhältnis und ihre Nebenwirkungen geprüft werden.
2.10	Schaffung von Lebensräumen für die natürlichen Feinde des Borkenkäfers	Borkenkäfer haben zahlreiche natürliche Feinde (Vögel, Räuber, wie Laubkäfer, usw.). Schafft man vielfältige Bestände mit günstigen Lebensraumbedingungen für natürliche Feinde kann dies dazu beitragen die Käferpopulation in der endemischen Phase zu halten und das Ausbruchsrisiko mindern.

BEWÄLTIGUNG		
#	Instrumente & Maßnahmen	Beschreibung
3.1	Begrenzung wirtschaftlicher Verluste durch Schadholzentnahme	Die Entnahme befallener, windgefällter oder anderweitig geschädigter Bäume zielt vor allem auch darauf ab, wirtschaftliche Verluste zu begrenzen. Bei Großkalamitäten kann eine räumliche Planung helfen, die wertvollsten Bestände für die Schadholzernte zu identifizieren, bevor sich die Qualität des Holzes weiter verschlechtert. Planungsinstrumente, die die Wegenetze, die räumliche Verteilung der Schäden und Bestandscharakteristika berücksichtigen, können die Effizienz der Aufarbeitung erhöhen. Die nachteiligen Auswirkungen der Holzernte auf die Waldverjüngung, Böden und Biodiversität müssen berücksichtigt und mit dem Wert des Kalamitätsholzes abgewogen werden.
3.2	Eingrenzung des Befalls durch Entnahme befallener Bäume durch Sanitärhiebe	Die Identifizierung und Entnahme befallener Bäume können die Ausbreitung des Befalls verhindern, insbesondere wenn es sich um kleine Befallsherde handelt. Modelle zur Gefährdungseinstufung und der räumlichen Planung können das Vorgehen bei Sanitärhieben optimieren, die Verfügbarkeit von Wirtschaftsbäumen für Borkenkäfer reduzieren und zur schwerpunktmäßigen Behandlung von Gebieten beitragen, die als Ausgangspunkt für die Verbreitung von Borkenkäfern dienen.
3.3	Reduzierung geplanter Hiebe	Die Reduzierung geplanter Hiebe kann Kapazitäten für den Einschlag von Kalamitätsholz freisetzen und die nachteiligen Auswirkungen eines vorübergehenden Holzüberschusses auf dem Markt abmildern.
3.4	Förderung von Gegenmaßnahmen	Die Aufarbeitung eines großflächigen Borkenkäferbefalls kann eine erhebliche Investition darstellen, die die finanziellen Mittel der Waldbesitzenden übersteigen kann. Die Förderung der Holzabfuhr, der Lagerung und anderer Elemente des Ausbruchmanagements können die wirtschaftlichen Auswirkungen abmildern und die Wirksamkeit der Abhilfemaßnahmen erhöhen.
3.5	Erwägung von „Nichtstun“ als mögliche Reaktion	Der Verzicht auf Eingriffe ist als mögliche Reaktion in Situationen in Betracht zu ziehen, in denen eine Holzentnahme wirtschaftlich nicht rentabel ist, und ein Sanitärhieb, Käferfallen, sowie andere Maßnahmen nicht erfolgversprechend sind im Hinblick auf die Eindämmung des Ausbruchs und mit schwerwiegenden Nebenwirkungen (z.B. bei steiler Hanglage) zu rechnen ist. Mit Hilfe von Raumplanungsinstrumenten lässt sich die Planung der Eingriffe im Hinblick auf Logistik, Personal, Risikoniveau, sowie wirtschaftliche und ökologische Erwägungen optimieren.
3.6	Intensivierung des Dialogs mit allen Beteiligten und der Kommunikation gegenüber der Öffentlichkeit	Die Aufrechterhaltung des Dialogs mit allen beteiligten Akteuren wird die Effizienz der Bekämpfungsmaßnahmen und deren Akzeptanz verbessern. Die öffentliche Kommunikation der Bekämpfungsstrategien und der dabei erzielten Fortschritte wird das Bewusstsein der breiten Öffentlichkeit schärfen und das Risiko negativer Reaktionen mindern.

WIEDERHERSTELLUNG		
#	Instrumente & Maßnahmen	Beschreibung
4.1	Förderung vielfältiger Bestände	Die Regenerationsphase bietet Möglichkeiten Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung der nächsten Waldgeneration zu nehmen und die Anfälligkeit des Waldes für künftige Störungen zu verringern. Anreicherungspflanzung und unterstützte Artwanderung („assisted migration“) können Möglichkeiten darstellen, um Artenzusammensetzungen zu schaffen, die an die prognostizierten Klimaverhältnisse und neuartigen Waldschäden angepasst sind.
4.2	Förderung der Vorausverjüngung	Die Vorausverjüngung sollte bei der Schadholzaufarbeitung berücksichtigt werden, da sie eine schnellere Wiederbewaldung ermöglicht und das Mikroklima wiederherstellt. Eine stabile Vorausverjüngungsschicht senkt auch die Kosten für die Pflanzung und den Schutz der Setzlinge.
4.3	Nutzung von Pionierbaumarten	Die Verjüngung von Pionierbaumarten, wie Birke, Pappel und Lärche, kann schnell zur erneuten Schließung des Kronendachs führen. Der ökologische Nutzen dieser Arten sollte maximiert werden, wohingegen kommerziell wichtigere Arten später gepflanzt werden können. Die Erhaltung von Pionierbaumarten über einen längeren Zeitraum kann dazu beitragen das Altersspektrum des neuen Bestandes zu erhöhen.
4.4	Ausnutzen natürlicher Regenerationsprozesse	Wälder haben eine hohe natürliche Regenerationsfähigkeit nach Störungen. In Gebieten, in denen eine schnelle Wiederaufforstung nicht entscheidend ist, kann kostengünstig Naturverjüngung in Betracht gezogen werden und lokal relevante Ökosystemdienstleistungen erbringen. Die Kombination von Naturverjüngung und Pflanzung zur Anpassung der Artenzusammensetzung in verschiedenen Gebieten kann resiliente Wälder hervorbringen.
4.5	Anpflanzen von Setzlingen auf gestörten Standorten	In Abwesenheit von Naturverjüngung führt das Pflanzen von Baumsetzlingen zu einer schnelleren Erholung des Baumbestandes und erhöht den Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung. Die Anpassung der Artenzusammensetzung an künftige Klimaverhältnisse durch gezielte Artenauswahl und unterstützte Artwanderung ist von großer Bedeutung für die Minderung künftiger Risiken.
4.6	Schutz der Waldverjüngung	Der Schutz der Verjüngung vor Verbiss durch Wild und Konkurrenzvegetation verbessert die Wachstumsrate und die Qualität der Bäume. In vielen Ländern ist ein aktives Jagdmanagement eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Wiederaufforstung und Anpassung der Wälder.
4.7	Übernahme von Störungsstrukturen in den sich erholenden Wald	Überbleibsel von Schadereignissen, wie Altbäume, Vorausverjüngung, sowie stehendes und liegendes Totholz, sollten in den sich erholenden Wald integriert werden, anstatt sie zu entfernen. Diese Strukturen haben positive Effekte und erhöhen die strukturelle Vielfalt in dem sich erholenden Wald.
4.8	Aufrechterhaltung des Dialogs mit allen Beteiligten	Die Aufrechterhaltung des Dialogs mit den an der Ausbruchsbekämpfung beteiligten Interessengruppen ermöglicht es, sich verändernde Risikowahrnehmungen und -reaktionen zu verfolgen und die Management- und Kommunikationsstrategien dementsprechend anzupassen.
4.9	Einführung von Versicherungsprogrammen für Waldbesitzende	In einigen Ländern (z.B. Finnland und Norwegen) können Waldbesitzende gegen bestimmte Arten von Waldschäden und künftige Eigentumsverluste versichert werden. So kann das wirtschaftliche Risiko von Störungen effektiv unter allen Waldbesitzenden verteilt werden. Die Versicherungsprogramme können ihnen helfen sich besser von Störungsereignissen zu erholen.
4.10	Förderung von Wiederherstellungsmaßnahmen	Die Erholung von Großkalamitäten (oder Störungen im Allgemeinen) kann erhebliche Investitionen erfordern, die die Investitionsfähigkeit der Waldbesitzenden übersteigen. Die Förderung von Wiederherstellungsmaßnahmen, wie z.B. die Pflanzung gewünschter Baumarten und der Schutz der Verjüngung, kann für die erfolgreiche Regeneration sowohl der Wälder als auch Waldbesitzenden von entscheidender Bedeutung sein.