

BERICHTE
FREIBURGER FORSTLICHE FORSCHUNG

HEFT 26

Die Ausbreitung des Borkenkäferbefalls
im Bereich von Sturmwurf-Sukzessionsflächen

Eine Untersuchung in Sturmwurfbannwäldern
Baden-Württembergs

Thilo Becker und Hansjochen Schröter

FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT
BADEN-WÜRTTEMBERG
ABT. WALDSCHUTZ

Freiburg, 2001

ISSN 1436-1566

Die Herausgeber:

Forstwissenschaftliche Fakultät der
Universität Freiburg und
Forstliche Versuchs- und
Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Autoren:

Thilo Becker
Dr. Hansjochen Schröter
Abteilung Waldschutz

Umschlagsgestaltung:

Bernhard Kunkler Design, Freiburg

Bestellung an:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Wonnhaldestraße 4 79100
Freiburg Tel. 0761/4018-0 Fax 0761/4018-333 e-mail: poststelle@fva.bwl.de

Alle-Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Gedruckt auf 100 % chlorfrei gebleichtem Papier

INHALT	Seite	
1	EINLEITUNG	3
2	MATERIAL UND METHODEN	5
2.1	UNTERSUCHUNGEN DER LIEGENDEN STÄMME	5
2.2	UNTERSUCHUNGEN DES STEHENDEN BEFALLS	5
2.3	PHEROMONFALLEN	7
3	DIE RAHMENBEDINGUNGEN IN DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN	8
3.1	STANDORTSVERHÄLTNISSE	8
3.1.1	STANDORTSEINHEITEN	8
3.1.2	WITTERUNGSVERLAUF	9
3.2	DIE AUSWIRKUNGEN DER STÜRME 1990	17
3.2.1	REGIONALE BEDEUTUNG DER STURMEREIGNISSE	17
3.3	BESTANDESVERHÄLTNISSE	19
3.3.1	BESTANDESVERHÄLTNISSE IN DEN BANNWALDFLÄCHEN NACH 1990	19
3.3.2	DIE BESTANDESVERHÄLTNISSE IM UNTERSUCHTEN WIRTSCHAFTSWALD UND DIE AUSWIRKUNGEN DER STÜRME 1990	20
3.4	DAS RELATIVE BEFALLSRISIKO IN DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN ALS FOLGE DER RAHMENBEDINGUNGEN	25
4	ERGEBNISSE	29
4.1	BESIEDLUNG DER LIEGENDEN STÄMME	29
4.2	ENTWICKLUNG DES STEHENDBEFALLS	31
4.2.1	SUKZESSIONSFLÄCHE "SILBERSANDGRUBE"	31
4.2.2	SUKZESSIONSFLÄCHE "BAYRISCHER SCHLAG"	34
4.2.3	SUKZESSIONSFLÄCHE "JOHLENHAUS"	37
4.2.4	SUKZESSIONSFLÄCHE "STIMPFACH"	40
4.2.5	SUKZESSIONSFLÄCHE "JEUFELSRIES"	43
4.3	ENTWICKLUNG DER PHEROMONFALLENFÄNGE	45
4.3.1	BUCHDRUCKER (<i>IPS TYPOGRAPHUS</i>)	46
4.3.2	KUPFERSTECHER (<i>PITYOGENES CHALCOGRAPHUS</i>)	50
5	DISKUSSION	52
5.1	BESIEDLUNG DER LIEGENDEN STÄMME	52
5.2	STEHENDBEFALL	54
5.2.1	STEHENDBEFALL INNERHALB DER SUKZESSIONSFLÄCHEN	54
5.2.2	DIE ZEITLICHE ENTWICKLUNG DES STEHENDBEFALLS AUF DER UNTERSUCHUNGSFLÄCHE (BANNWALD UND WIRTSCHAFTSWALD)	56
5.2.3	DIE ENTWICKLUNG DES STEHENDBEFALLS IN ABHÄNGIGKEIT VON ENTFERNUNG UND HIMMELSRICHTUNG	59
5.3	PHEROMONFALLEN	63
6	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY / RESUMÉE	64
7	ANHANG	73
8	LITERATUR	78

6 ZUSAMMENFASSUNG

Methode

Die Landesforstverwaltung Baden-Württemberg wies in den Folgejahren der Stürme 1990 ("Vivian" und "Wiebke") insgesamt 5 Sturmschadensflächen als Bannwälder aus (siehe Tab. 1) und ermöglichte somit die Untersuchung verhältnismäßig ungestörter Populationsentwicklungen des Buchdruckers (*ips typographus* L.) in der Gradationsphase. Die Besiedlung der geworfenen bzw. gebrochenen Fichten insbesondere durch den Buchdrucker sowie Lage und Umfang des Stehendbefalls innerhalb der Sukzessionsfläche und in den angrenzenden Wirtschaftswäldern wurde von 1991 bis 1996 dokumentiert. Außerdem wurde ein Monitoring der Borkenkäferpopulation mittels Pheromonfallen durchgeführt. Zu den detailliert beschriebenen Einflussfaktoren für die Populationsentwicklung des Buchdruckers bzw. die Disposition der Fichtenbestände zählen:

- die Standortverhältnisse,
- der Witterungsverlauf während des Untersuchungszeitraumes,
- die Bestandesverhältnisse auf den Untersuchungsflächen, d. die regionale Waldschutzsituation.

Befallsausbreitung

Die geworfenen bzw. gebrochenen Fichten wurden innerhalb von 2 Vegetationsperioden, Bruchholz zum Großteil bereits in der ersten Vegetationsperiode, von rindenbrütenden Borkenkäfern vollständig besiedelt. Die Populationsentwicklung v. a. des Buchdruckers setzte sich anschließend in den angrenzenden Wirtschaftswäldern fort. Die Kulminationszonen (Befallsfronten) entfernten sich im Zeitverlauf zunehmend von den Sukzessionsflächen und der absolute Stehendbefall nahm mit wachsender Entfernung zur Sukzessionsfläche ab. Anhand dieses Ausbreitungsmusters konnten die untersuchten Sukzessionsflächen, mit Ausnahme des Bannwaldes (BW) "Bayrischer Schlag", zumindest in Teilbereichen als dominierende Ausgangsherde für den Stehendbefall durch Borkenkäfer in den benachbarten Wirtschaftswäldern identifiziert werden. In diesen Bannwäldern lag die Entfernung, ab der eine deutliche Abnahme des Stehendbefalls beobachtet wurde bzw. die Auswirkungen anderer originärer Befallsherde dominierten, bei weniger als 500 m.

Einflussfaktoren

Die Ausbreitung des Stehendbefalls verläuft bei hohen Populationsdichten relativ undifferenziert, weshalb in unmittelbarer Umgebung der Befallsherde kaum Aussagen über Zusammenhänge zwischen Käferisiko und den **Standortseinheiten** möglich waren. Lediglich ein Zusammenhang zwischen Sturmgefährdung bzw. extremer Flachgründigkeit der Böden und dem Befallsrisiko konnte sicher abgeleitet werden.

Der **Witterungsverlauf während des Untersuchungszeitraums** beeinflusste die Befallsdisposition der Fichtenbestände und die Entwicklung der Borkenkäferpopulation wesentlich. Die aussagekräftigsten Klimaparameter waren die Abweichungen des Ariditätsindex nach De Martonne vom unteren Grenzwert 40 und die Anzahl der Trockenperioden (Monate < 40 mm Niederschlag) in Verbindung mit dem Niederschlag in der Vegetationsperiode.

Die **Befallsflächengröße bzw. Sturmholzmasse in der Sukzessionsfläche sowie der Bruchanteil** beeinflussten das absolute Ausmaß, den zeitlichen Verlauf und die räumliche Ausbreitung des Stehendbefalls entscheidend:

- Je höher die Sturmholzmasse, desto umfassender war der Stehendbefall. Dies verhielt sich jedoch, wie im Falle des BW "Bayrischer Schlag" diskutiert, nicht uneingeschränkt proportional.
- Je höher die Sturmholzmasse, desto gleichmäßiger war die räumliche Ausbreitung, da bei hoher Populationsdichte auch suboptimal geeignete Bestände befallen wurden.
- Je höher der Bruchanteil (BW "Fohlenhaus"), desto früher kulminierte die Gradation und desto schmaler war die Kulminationszone.
- Eine Zuordnung des Stehendbefalls zu einem originären Befallsherd als Borkenkäferquelle war bei schnell verlaufender Gradation eindeutiger.

Die **Baurnartenzusammensetzung und Altersstruktur** der Wirtschaftswälder war ausschlaggebend für die Ausbreitungsmuster des Buchdruckerbefalls:

Entfernungsintervalle, in denen die Buchdrucker keine befallstauglichen Fichten zur Verfügung hatte, wirkten sich aufgrund der Dispersionsverluste bereits ab einer Distanz von 100 m hemmend auf die Ausbreitungsdynamik der Befallsherde aus.

- Der Buchdrucker befiel ausschließlich Bestände, die älter als 50 Jahre waren. Bis zu 70 Jahre alte Bestände waren jedoch nur bei sehr hoher Populationsdichte und mangelnden Brutraumalternativen gefährdet. Bestände in einem Alter von 70 - 90 Jahren wiesen zwar ein deutlich höheres Befallsrisiko auf, sie wurden aber trotz hoher Populationsdichten des Buchdruckers häufig nicht befallen. Ab einem Bestandesalter von 100 Jahren nimmt das Befallsrisiko erheblich zu. Diese Bestände waren entsprechend für die Beobachtung einer entfernungsabhängigen Ausbreitungsdynamik am geeignetsten.
- Die vom Kupferstecher ausgehende Gefahr für Jungbestände war verhältnismäßig gering.
- Das Befallsrisiko der Bestände nahm generell mit sinkendem Fichtenanteil ab. Es wurden jedoch bei trupp- bis horstweiser Mischung auch Befallsschwerpunkte in Beständen mit einem Fichtenanteil von max. 30 - 50 % festgestellt.
- Als extrem befallsgefährdet haben sich nach Südwesten exponierte Bestandesränder erwiesen.

Schlussfolgerungen für die Praxis

Grundsätzlich geht von jeder Fichten-Sturmfläche, die nicht oder verzögert aufgearbeitet wird, ein erhebliches Befallsrisiko für den verbleibenden Bestand durch Borkenkäfer aus.

Flächen mit hohem Bruchanteil müssen zuerst aufgearbeitet werden, da hier die Entwicklung wesentlich schneller abläuft als in überwiegend geworfenen Flächen. Auf diese Weise werden zwei Entwicklungswellen ausgelöst, die sich zeitlich überschneiden und somit potenzieren können.

Die Aufarbeitung kleiner Sturmflächen (Nester) und solcher mittlerer Größe hat Priorität (ca. 0,1 bis 2 ha), da hier einerseits die Ausnutzung des Brutraums optimal ist und andererseits die absolute Sturmholzmasse ausreicht, um Befallsherde mit Eigendynamik auszulösen.

Die Aufarbeitung von Fichten-Sturmflächen, in deren Nachbarschaft (500 m) Bestände mit geringen Anteilen an über 50 Jahre alten Fichten dominieren, kann bei mangelnder Arbeitskapazität zurückgestellt werden. In diese Entscheidung müssen jedoch die absoluten Fichtenflächen im angrenzenden Bestand und die Mischungsformen mit eingehen.

SUMMARY

After the storm 1990 the State Forest Administration of Baden-Württemberg declared five forest areas as strict forest reserves (completely unmanaged areas), in which the wind thrown and broken spruces were not or only partly harvested:

1. "Silbersandgrube" (Forest district Tübingen-Bebenhausen)
2. „Bayrischer Schlag" (Forest district Bad Waldsee)
3. "Fohlenhaus" (Forest district Langenau)
4. "Stimpfach" (Forest district Rosenberg)
5. "Teufeisries" (Forest district Bad Rippoldsau-Schapbach)

In these strict forest reserves it was possible to investigate the natural dynamics of bark beetle infestation, mainly caused by *Ips typographus* L., without the impact of pest management. The investigation described was carried out by the Department of Forest Protection of the Forest Research Institute of Baden-Württemberg from 1991 till 1996. The aim of the investigation was to verify the importance of wind thrown succession areas as source of bark beetle gradations in the surrounding managed forest. Therefore colonization of thrown trunks, the local distribution and the temporal spread of infestation within the reserve areas and in the surrounding managed forest were documented. The development of the bark beetle population was monitored by pheromone traps.

The following factors had been considered important for the development of the bark beetle populations and the fitness of spruce stands:

- the site conditions
- the weather conditions during the investigation
- the stand structure and composition
 - the size of storm damages in the reserve areas
 - the regional situation of forest protection

A great number of broken spruces was colonized by bark beetles within the first vegetation period after the storm. The colonization of thrown trunks was definitely completed throughout the second vegetation period. Subsequently to the finished colonization of the wind thrown spruces and the infestable stands in the reserve areas the gradation continued in the surrounding managed forests.

The distance of the gradation zone (zone with maximum infestation level) from the reserve area increased depending on time. The infestation level in the gradation zone decreased with increasing distance from the reserve areas. In account of that local distribution and temporal spread of bark beetle infestation the reserve areas, with the exception of the reserve area „Bayrischer Schlag"; could be identified as a predominate cause of the bark beetle gradation within the investigation area. This connection was obvious within a distance of less than 500 m. Beyond a distance of 500 m from the reserve area the influence was not provable independent on the quantity of wind thrown wood in the succession areas.

For the local distribution and temporal spread of bark beetle infestation the significance of the influencing factors was different:

While bark beetle population density was high, the infestation of standing spruces was diffuse. It was not possible to relate **site conditions** with the risk of bark beetle infestation. Only the connection of storm risk and bark beetle infestation could be derived.

Weather conditions during the investigation period were very important for the local distribution and spread of infestation. It is essential to distinguish the influence of weather on the development of bark beetles on one hand and on the fitness of the spruces on the other hand. For example high temperatures and a comparatively long vegetation period resulted in an

increase of bark beetle population but as long as there was substantial precipitation the increasing bark beetle attacks were kept away successfully by the spruces. In contrast extensive drought periods impaired spruce fitness over several vegetation periods. Within the following period the infestation risk increased in spite of poor conditions for bark beetle development. The aridity index according to De Martonne, the amount of drought periods (precipitation / month < 40 mm) and the precipitation in the vegetation period were most accurate to underline the impact of weather conditions on the development of infestation.

There was seen, that the **size of infested areas, the quantity of wind thrown spruces and the amount of broken trunks** in the reserve area had distinct effects on the temporal spread and local distribution of bark beetle infestation throughout all investigation areas:

Generally the risk of bark beetle infestation increased with the quantity of wind thrown timber. But there was no linear correlation, because, in extensive wind thrown areas the supply of breeding material was not exploited completely.

A high quantity of wind thrown timber caused increasing bark beetle infestation in regularly less infestable spruce stands. Consequently the local spread of bark beetle infestation was proportionally more even.

A high amount of broken trunks resulted in a fast development of gradation. The maximum level of the bark beetle infestation was proportionally high but the gradation zone was less extensive. Consequently the relationship between the bark beetle infestation and the succession area as a source of the bark beetle gradation was more explicit.

The **stand structure** was the predominating factor influencing the spread of bark beetle infestation. The proportion of infestable spruces (depending on age and distribution) in the surrounding stands determined the spread of infestation in that way, that the influence of wind and direction could not be proved.

The temporal spread and local distribution of bark beetle infestation permits the following conclusions:

- The risk of bark beetle infestation decreases remarkably, when the distance from infested to infestable spruces exceeds 100 m.
- Infestability of spruces is closely related to their age. Most spruces in the age of 50 years or less had been resistant to bark beetle infestation. If stand age is ranging from of 70 to 90 years bark beetle infestation is more probable, whereas the risk of infestation increases highly as soon as spruce stands pass the age of 100 years.
- Stands with a small proportion of spruces are generally less endangered, but the mixture distribution of the separate stands was of great importance for the actual infestation risk.

South-west exposed spruce stand edges of corresponding age are highly endangered.

Consequences for the forest management

Generally the development of bark beetle population in predominantly broken spruce stands exceeds faster than in predominantly thrown spruce stands. Consequently the forest management has to harvest those storm damage areas at first. In this way a reinforcing effect of the different expirations of colonization will be prevented anyway.

Small or middle sized wind thrown areas (0,1 - 2 ha) have to be harvested at first, because there is found sufficient breed material to initiate an infestation in the surrounding stands and the supply of breed material will be exploited by the bark beetles more efficient.

If working capacity or the timber market do not allow to harvest all storm damages, the forest management should delay harvesting of the less dangerous wind thrown areas. In these cases the priority must be given to wind thrown areas with not infestable stands in vicinity or young spruces. In the spruce stands adjacent to the reserve areas the infestation by *Pityogenes chalcographus* L. constituted a significantly minor risk compared to the infestation by *Ips typo-graphus*. Consequently wind thrown areas with young spruces can be considered as comparatively safe.

Übersetzung: Thilo Becker und Holger Veit

RESUMÉE

Méthodes

Suite aux deux grandes tempêtes de l'an 1990, la Direction des Forêts du Land Bade Wurtemberg a décidé de laisser en l'état et d'en faire des réserves intégrales 5 chablis. Ainsi on a pu procéder au suivi des populations de typographes (*Ips typographus*) en phase de gradation. On a documenté de 1991 à 1996 la colonisation par les typographes des épicéas déracinés ou cassés. Par ailleurs on a procédé à des observations des attaques d'arbres encore en place au sein même des successions et dans les forêts voisines exploitées. Le développement des bostryches a également été documenté grâce à l'utilisation de pièges à phéromones. Divers agents susceptibles d'influencer la dynamique des populations de typographes et la vulnérabilité des peuplements d'épicéas ont été décrits de manière détaillée:

- les conditions de site,
- les conditions météorologiques pendant la période d'observation,
- la structure des peuplements dans les parcelles concernées,
- la situation régionale sur le plan phytosanitaire.

La propagation des infestations

Les épicéas déracinés ont été infestés par les scolytes corticoles en l'espace de deux ans, alors que la partie la plus grande des arbres brisés l'était déjà au bout de la première saison. La propagation a ensuite affecté les forêts exploitées voisines. Les zones soumises aux plus fortes attaques se sont par la suite éloignées des chablis et les attaques d'arbres encore en place ont concerné des arbres de plus en plus distants. Au vu des vagues de propagation, on a pu, à l'exception de la réserve forestière «Bayrischer Schlag», identifier au moins partiellement le foyer d'origine à partir duquel les scolytes ont entamé leur colonisation des forêts exploitées. Les distances à partir desquelles on a observé une diminution sensible des attaques d'arbres encore en place étaient inférieures à 500 mètres.

Principaux facteurs

La propagation des infestations des arbres encore en place s'opère de manière indifférente en cas de fortes densités. C'est pourquoi aux abords des foyers d'infestation il est difficile d'appréhender une quelconque relation entre les risques d'une attaque par les coléoptères et l'unité stationnelle. Seule une relation a pu être bien établie entre le risque d'une attaque et la vulnérabilité des arbres par rapport aux chablis sur des sols très superficiels.

Les conditions météorologiques jouent un rôle important pour la sensibilité des épicéas aux attaques ainsi que pour le développement des populations de bostryches. Les paramètres climatiques les plus influents sont les écarts par rapport au seuil inférieur (=40) du niveau de l'indice d'aridité de Do Martonne ainsi que le nombre total de périodes sèches (précipitations mensuelles inférieures à 40 mm) par rapport aux précipitations totales pendant la période de végétation.

La surface des aires infestées ou plus précisément le volume de bois par hectare dans la parcelle ou succession ainsi que la proportion de bois brisé influent de manière décisive l'ampleur des attaques, la

vitesse de leur propagation ainsi que les modalités d'extension spatiale des infestations de bois sur pied:

- Les attaques d'arbres sur pied sont d'autant plus importantes que le volume de chablis par hectare est grand. Cette relation n'est toutefois pas toujours linéaire.
- L'onde de propagation des attaques est d'autant plus uniforme que le volume de chablis par hectare est grand. Cela s'explique du fait qu'en présence de fortes densités on assiste aussi à une infestation de sites présentant des conditions suboptimales.
- Plus la proportion de bois brisé est grande (par.ex. réserve du "Fohlenhaus"), plus précoce est la gradation, et on conséquence plus étroite aura été la zone affectée par la culmination des attaques.

Lorsque la gradation est très rapide on peut retracer avec une grande certitude l'origine d'une attaque d'un arbre sur pied par rapport au foyer d'infestation initial.

La composition dendrologique et la structure par classe d'âges des forêts exploitées jouent un rôle déterminant dans les modalités de la propagation des attaques de typographe:

La distance séparant un foyer d'infestation des épicéas sujet à risques les plus proches est un facteur important pour les pertes lors de la dispersion. Lorsque cette distance est de l'ordre de 100 mètres la dynamique de la propagation s'en trouve déjà ralentie.

Les attaques de typographes se concentrent exclusivement sur des peuplements dépassant 50 ans d'âge. Jusqu'à 70 ans, seuls des peuplements en présence de fortes densités ou alors par manque d'autres sites de ponte ont été menacés. Les peuplements âgés de 70 à 90 ans étaient certes plus vulnérables, mais une grande partie a échappé aux attaques en dépit des densités relativement fortes de typographes. A partir de 100 ans les risques d'une attaque augmentent considérablement. C'est la raison pour laquelle ce sont ces peuplements qui se prêtaient le mieux à un suivi des modalités de propagation en fonction de l'éloignement par rapport aux foyers d'infestation.

- Les risques d'attaques par le chalcographe peuvent être considérés comme relativement faibles pour les jeunes peuplements.
- Dès lors que les proportions d'épicéas diminuent on assiste à une diminution des risques. En présence de mélanges par troupes on a constaté que les foyers d'attaques pouvaient affecter des peuplements dont la proportion des épicéas oscillait entre 30 et 50 %.
- Une grande vulnérabilité a été mise en évidence pour les zones en bordure des peuplements exposés vers le sud-ouest.

Conséquences pour les pratiques sylvicoles

- Tout chablis de peuplement d'épicéa qui n'est pas exploité ou qui fait l'objet d'une exploitation trop tardif constitue un risque en matière de propagation des bostryches.
- Les sites présentant une forte proportion de bois brisé doivent être exploités de manière prioritaire, car les infestations y sont plus rapides que dans les sites sur lesquels les arbres ont été simplement déracinés (couchés). En raison des différences de vitesse de propagation on peut assister à deux ondes de propagation susceptibles de se superposer ce qui peut entraîner un renforcement du phénomène.

- Le traitement de petits chablis (nids) ou de chablis de taille moyenne (de 0,1 à 2 hectares) est prioritaire. Cela tient au fait que d'une part l'utilisation des sites de ponte est optimale, et d'autre part que le volume de chablis disponible est suffisant pour doter des foyers d'infestation d'une dynamique propre.
- L'exploitation de chablis d'épicéas dans le voisinage (<500 m) desquels des peuplements à faible proportion d'épiedas de plus de 50 ans sont dominants peut être différée lorsque les capacités en main d'oeuvre sont limitées. Il convient toutefois de prendre en compte la taille absolue des peuplements d'épicéas dans les zones voisines ainsi que la composition des mélanges.

Übersetzung: Thomas Fillbrandt und Benoît Sittler