Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 147 (1996)

Heft: 8

Artikel: Die Entwicklung von Insekten in Fichten-Holzlagern oberhalb der Baumgrenze

Autor: Wermelinger, Beat / Hirschheydt, Johann v.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767054

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: 09.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

147. Jahrgang August 1996 Nummer 8

Die Entwicklung von Insekten in Fichten-Holzlagern oberhalb der Baumgrenze

Von *Beat Wermelinger* und *Johann v. Hirschheydt*

Keywords: Bark temperature; timber yard; xylophagous insects; wood insects; *Scolytidae; Cerambycidae; Siricidae.*

FDK 145.7: 174.7 Picea: 34: (23)

1. Einleitung

Im Februar 1990 fegte der «Jahrhundertsturm» *Vivian* über grosse Teile Mitteleuropas hinweg und hinterliess über 100 Mio. m^3 geworfenes oder gebrochenes Holz. In der Schweiz entstanden vor allem in den Gebirgswäldern bedeutende Flächenschäden (*Schönenberger et al.,* 1992; *Holenstein,* 1994), die landesweit mit rund 5 Mio. m^3 Sturmholz etwa einer Jahresnutzung entsprachen, in stark betroffenen Regionen jedoch das Sechs- (Kt. Glarus) bis Dreissigfache (Gemeinde Disentis GR) des jährlichen Hiebsatzes erreichen konnten. Bei der Aufarbeitung der Sturmschäden stellte sich dem Forstdienst das Problem, die gewaltigen Holzmengen solange zu konservieren, bis der übersättigte Markt die Sortimente wieder zu akzeptablen Preisen aufnehmen konnte. Zudem stellte sich die Frage nach dem Qualitätsverlust des Holzes durch Insektenbefall, Austrocknen oder Fäulnis während des Lagerungsprozesses. Zu diesen Problemen wurden bereits etliche Untersuchungen durchgeführt (*Graf,* 1993; *Kučera, Katuščák,* 1993; *Graf, Manser,* 1995).

Im Kanton Graubünden wurden neben zahlreichen Nasslagern auf dem 1900 m hohen Lukmanierpass (Alpenübergang Vorderrheintal–Bleniotal) grosse Trocken-Holzlager eingerichtet. Neben der zur Verfügung stehenden freien Fläche war der Lagerort insofern geeignet, als ein Befall durch Insekten auf dieser Höhe unbedeutend erschien und er sich am Transportweg nach Italien befand (der grösste Teil des bündnerischen Rundholzes wird nach Italien exportiert). Das hier vorgestellte Projekt sollte abklären, ob auf dieser Höhenlage oberhalb der lokalen Waldgrenze ein Befall von in Rinde gelagertem Fichtenholz durch holzbewohnende (xylobionte) Insekten und die Entwicklung deren Larven möglich sind.

2. Methodik

Am 21. August 1990 wurde auf der Passhöhe des Lukmaniers (1920 m ü. M.) ein kleines, einschichtiges Lager von 15 berindeten, 4 m langen Fichtenstämmen von etwa 30 cm Durchmesser errichtet *(Abbildung 1)*. Ein gleich bemessenes Vergleichspolter wurde bei Sedrun GR auf 1350 m ü. M. angelegt. Das Holz stammte aus den regionalen Sturmflächen. Beiderorts wurde eine Klima-Messstation eingerichtet, die folgende Parameter aufzeichnete: Niederschlag (Regensammler, Lambrecht), Luft- und Basttemperatur (Temperaturlogger, Squirrel) und Luftfeuchtigkeit (Thermohygrograph, Lambrecht). Die Basttemperaturen wurden mittels zweier Sonden gemessen, die an einem Stamm zwischen Holz und Rinde eingeführt waren. Eine Sonde befand sich auf dem besonnten Scheitel des liegenden Stammes, eine zweite an der beschatteten Unterkante des Stammes. Aus den stündlich erhobenen Temperaturdaten wurden Tages- und Monatsmittel, monatliche Stundenmaxima und -minima berechnet. Die monatlichen Basttemperaturwerte in *Tabelle 1* stellen das Mittel der unteren und oberen Sonden dar. Die Schneehöhen in *Abbildung 3* wurden von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) bezogen.

Um die Flugaktivitäten der Insekten zu messen, wurden 1990/91 in Sedrun, auf der Lukmanier-Passhöhe sowie 2 km südlich der Passhöhe in Casaccia (1800 m ü. M.) bei einem regulären, vom Forstdienst eingerichteten Holzlager Fensterfallen aufgestellt, jeweils unmittelbar neben dem Holzpolter sowie

Abbildung 1. Versuchspolter auf der Passhöhe des Lukmaniers (1920 m ü. M.); im Vordergrund der Regensammler, hinten eine Fensterfalle.

rund 100 m davon entfernt. Eine Fensterfalle bestand aus einer vertikalen Glasscheibe von 0,4 m^2, die von einem Holzrahmen in etwa 1,5 m Höhe getragen wird und auf unselektive Weise fliegende Insekten fängt. Die auf die Scheibe aufprallenden und abgleitenden Tiere fallen in die darunterliegenden Wasserbehälter. Die Fallen wurden wöchentlich geleert und die Insekten im Labor bestimmt.

Ebenfalls wöchentlich wurden die neu sichtbaren Ausbohrlöcher der geschlüpften Insekten protokolliert. Sie wurden unterteilt in Löcher von Borkenkäfern (kleine, runde Löcher), Bock- und Prachtkäfern (ovale Löcher) sowie von Holzwespen (grosse, kreisrunde Löcher).

Im Oktober 1992 wurden 12 Stämme von Sedrun und 11 vom Lukmanierpass ins Labor überführt, aufgeschnitten und der Befall (Frassgänge und lebende Tiere) analysiert. Dabei wurden folgende Gruppen unterschieden: Borkenkäfer *(Scolytidae)*, Bockkäfer *(Cerambycidae)*, Prachtkäfer *(Buprestidae)* und Holzwespen *(Siricidae)*. Die Lage der Frassgänge wurde nach deren Position im liegenden Stamm in «oben» und «unten» unterteilt.

Die statistische Analyse der Daten erfolgte, wo es sich als sinnvoll erwies, mit folgender Methode: Jeder Stamm stellte eine Wiederholung dar. Der Vergleich der Lagerorte wurde als Vergleich unabhängiger Verteilungen betrachtet; der grösste Wert pro Lagerort wurde als Ausreisser weggelassen. Mittels Bootstrap-Verfahren (*Efron,* 1982; n = 1000) wurden Mittelwerte der beiden Datensätze und die jeweiligen Differenzen («Lukmanier»–«Sedrun») berechnet. Das Weglassen von 2,5 % der kleinsten und 2,5 % der grössten Werte ergab das 95 %-Vertrauensintervall. Waren diese Werte ausschliesslich positiv oder negativ, bestand ein gesicherter Unterschied ($p<0,05$) zwischen den Lagerorten. Beim Vergleich der Stammhälften wurden die Werte als gepaarte Stichproben behandelt, von denen jeweils die Differenzen gebildet wurden; die grösste und die kleinste Differenz wurden weggelassen. Wiederum wurden mittels Bootstrap-Verfahren Mittelwerte erzeugt, deren Verteilung gegen Null (keine Unterschiede) mit dem analogen Vertrauensintervall getestet wurde.

3. Resultate

3.1 Witterung und Basttemperaturen

Die monatlichen Mittel der Witterungsdaten der beiden Versuchsstandorte sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Im Winter lagen die Monatsmittel der Lufttemperatur auf dem Lukmanier ungefähr 4–5 °C tiefer als in Sedrun und blieben bis April unter Null, während in Sedrun bereits ab März positive Werte erreicht wurden. Die absoluten Minima lagen an beiden Orten tiefer als –20 °C. Im Sommer lagen die Monatsmittel in Sedrun durchschnittlich 4 °C über denjenigen auf dem Lukmanier, die Maxima waren bis 7 °C höher. Auf dem Luk-

manier lagen die Minimaltemperaturen lediglich in den Monaten Juli und August oberhalb des Gefrierpunkts!

Tabelle 1. Monatliche Witterungsdaten 1990/91 auf dem Lukmanierpass (1900 m ü. M.) und in Sedrun (1350 m ü. M.): Mittel und Stundenextreme der Luft- und Basttemperatur, Niederschlagssumme und mittlere Luftfeuchtigkeit.

	Lufttemperaturen			*Basttemperaturen*			*Regen*
	Mittel [°C]	*Min. [°C]*	*Max. [°C]*	*Mittel [°C]*	*Min. [°C]*	*Max. [°C]*	*[mm]*
Lukmanier							
Sept. 1990	–	–	–	6,9	–2,0	20,6	104,6
Okt.	–	–	–	3,7	–3,4	17,6	208,1
Nov.	–	–	–	–2,1	–7,6	0,2	–
Dez.	–	–	–	–3,6	–7,8	–2,2	–
Jan. 1991	–6,3	–18,2	4,2	–1,5	–2,2	–1,0	–
Febr.	–9,0	–23,4	10,2	–2,3	–2,6	–1,2	–
März	–1,6	–13,0	6,6	–0,3	–1,2	0,0	–
April	–2,5	–12,6	7,0	–	–	–	–
Mai	0,5	–7,0	13,0	–	–	–	–
Juni	6,9	–1,8	20,6	–	–	–	193,7
Juli	12,3	3,8	23,4	14,5	2,8	33,0	128,4
Aug.	12,4	2,6	21,8	14,1	1,6	30,0	79,7
Sept.	9,0	–2,6	17,8	10,1	–2,8	26,4	46,0
Sedrun							
Sept. 1990	–	–	–	10,2	–9,9	21,4	89,4
Okt.	–	–	–	8,0	–0,2	18,3	84,2
Nov.	–	–	–	0,4	–3,1	5,8	–
Dez.	–	–	–	–	–	–	–
Jan. 1991	–3,9	–12,6	7,4	0,1	–1,0	0,7	–
Febr.	–5,2	–21,8	10,2	–0,8	–1,4	0,4	–
März	3,4	–7,8	14,2	2,7	–2,4	14,4	–
April	3,1	–7,4	15,8	5,8	–2,5	20,3	–
Mai	5,4	–3,0	19,4	7,1	–0,4	24,8	80,1
Juni	11,7	0,2	26,2	14,1	1,4	32,4	125,9
Juli	16,3	4,2	29,4	19,3	5,8	34,0	87,3
Aug.	15,7	4,6	29,0	17,8	6,2	30,8	82,8
Sept.	12,8	0,2	27,0	13,8	2,4	27,4	39,8

Die Basttemperaturen, d. h. die für die rindenbewohnenden Insekten massgebenden Temperaturen, waren durchschnittlich höher als die Lufttemperaturen. Dies ist die Folge der direkten Erwärmung der Rindenoberfläche durch die Strahlungsenergie der Sonne. Dieser Effekt ist deutlich ersichtlich aus den monatlichen Maxima. So erreichte z. B. auf dem Lukmanier im Juli 1991 der aus der Basttemperatur der besonnten und beschatteten Stammhälfte berechnete Mittelwert ein Maximum von 33 °C, während das entsprechende Maximum der Lufttemperatur lediglich 23,4 °C betrug. *Abbildung 2* illustriert diese Unterschiede zwischen Luft- und Rindentemperaturen anhand eines Ausschnitts der Temperaturverläufe im Juli 1991. Neben den täglichen Tag/Nachtschwankungen der Lufttemperatur von rund 10 °C auf dem Lukmanierpass

(Abbildung 2A) und 15 °C in Sedrun *(Abbildung 2B)* fallen die markanten Spitzen der mittäglichen Rindentemperaturen im besonnten Bereich auf. Diese erreichen durch die direkte Einstrahlung Werte von über 40 °C. An bedeckten Tagen, wie dem 14. Juli, blieben solche Extremwerte aus. Die Rindentemperatur der beschatteten Stammhälfte verhielt sich ähnlich wie die Lufttemperatur. Die Differenz zwischen Luft- und oberer Basttemperatur *(Abbildung 2C)* war generell auf dem Lukmanier etwas grösser als in Sedrun. Der obere Bast war bis 23 °C wärmer als die umgebende Luft. Auch der Tagesverlauf war etwas verschieden: Auf dem Lukmanier kühlte die Rinde schneller ab als im tiefer gelegenen Sedrun. Dies könnte die Folge des auf der Passhöhe stets herrschenden kühlenden Windes sein. Nachts war die Rindentemperatur sogar tiefer als die Lufttemperatur (negative Differenz). Das absolute Stundenmaximum der oberen Basttemperatur betrug an beiden Lagerorten 44 °C.

In *Tabelle 1* fällt die geringe saisonale Variation der Minimalwerte der Rindentemperaturen auf. Zudem sind z.B. die November- und Dezemberminima auf dem Lukmanier tiefer als diejenigen der Wintermonate Januar bis März. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine isolierende Schneedecke grosse Schwankungen der Rindentemperatur verhindert. *Abbildung 3* zeigt dies für den Fall Sedrun: Das tägliche Lufttemperaturmittel von Mitte Januar bis Mitte Februar schwankte stets zwischen etwa –5 und –15 °C, die Rindentemperatur jedoch nur zwischen 0 und –3 °C. In dieser Zeit betrug die Schneehöhe (Daten vom benachbarten Ort Disentis) mindestens einen halben Meter. Mit dem Einsetzen von positiven Lufttemperaturen gegen Ende Februar stieg die Basttemperatur bis 0 °C und blieb dort bis zur Ausaperung gegen Mitte März. Sofort nach der Ausaperung begann die Rindentemperatur auf die täglichen Lufttemperaturschwankungen zu reagieren. Auch auf dem Lukmanier fielen die Rindentemperaturen unter der Schneedecke nie unter –2,6 °C (vgl. *Tabelle 1)*.

Im untersuchten Zeitraum wies der Standort Lukmanier höhere Niederschläge auf als der Standort Sedrun *(Tabelle 1)*. Die Luftfeuchtigkeit lag auf dem Lukmanier durchschnittlich 10 Prozentpunkte höher.

3.2 Insektenfänge

Tabelle 2 listet die Anzahl der in den Fensterfallen gefangenen, holzqualitätsmindernden Insektengruppen auf. An beiden Versuchsstandorten in Sedrun und auf dem Lukmanier wurden nur wenige Borken- und Bockkäfer gefangen, unmittelbar neben den Poltern mehr als im freien Feld. Hingegen flogen sehr viele Borkenkäfer in die polternahe Falle in Casaccia. Diese Falle befand sich unmittelbar neben einem grossen Holzlager von 7000 m^3. Bei diesen Borkenkäfern handelte es sich vor allem um den Schwarzen Fichtenbastkäfer *(Hylastes cunicularius* Er., 48 %) und den Linierten Nutzholzborkenkäfer *(Trypodendron lineatum* (Oliv.), 38 %). Der Schwarze Fichtenbastkäfer flog in

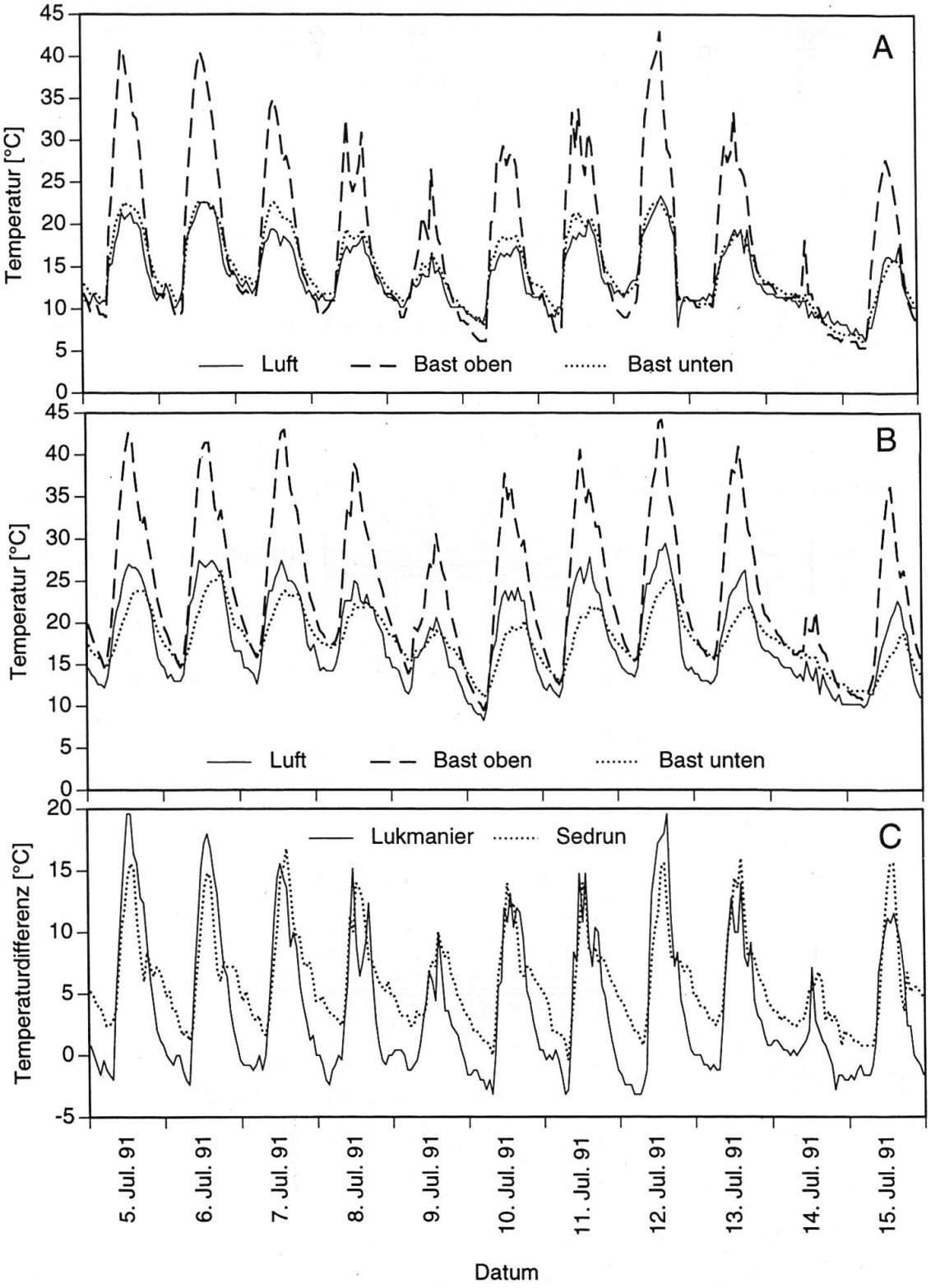

Abbildung 2. Zweiwöchiger Ausschnitt der Temperaturverläufe der Luft und im Bast der oberen Stammhälfte auf dem Lukmanier (A) und in Sedrun (B) sowie Temperaturunterschiede Bast-Luft (obere Basttemperatur minus Lufttemperatur) (C).

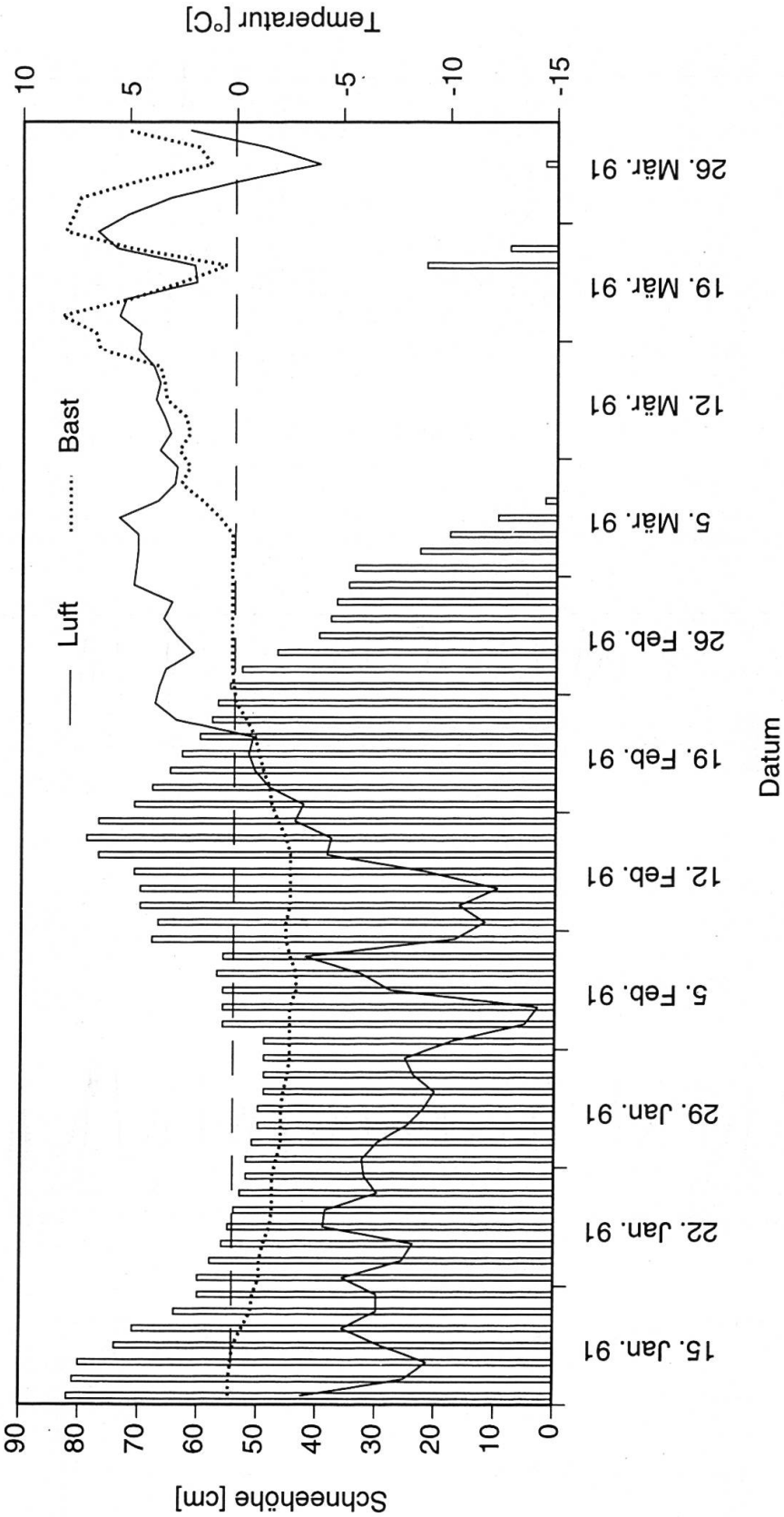

Abbildung 3. Verlauf der Tagesmittel der Luft- und oberen Basttemperatur (Linien) im Winter im Versuchspolter von Sedrun sowie Schneehöhe im benachbarten Disentis (Säulen).

Casaccia Ende Juni/Anfang Juli, der Linierte Nutzholzborkenkäfer im Juni und im September. Der erste Flug dieses univoltinen (1 Generation/Jahr) Käfers ging der Besiedlung und dem Anlegen der Bruten voraus, der zweite war der Flug zum Überwinterungsort ausserhalb der Stämme. *T. lineatum* als einziger technischer Schädling unter den gefundenen Borkenkäfern wurde ausschliesslich in Casaccia gefangen. Der Schwarze Fichtenbastkäfer war auch in Sedrun die häufigste Borkenkäferart. Am Standort Lukmanier, von den grossen Holzlagern entfernt, wurden kaum Insekten gefangen *(Tabelle 3)*. Am tieferen Standort Sedrun waren mehr Arten vorhanden als an den höheren. Die Casaccia-Fallen fingen allerdings sehr viele der höchstwahrscheinlich aus dem regulären Holzlager ausgeschlüpften Insektenarten.

Tabelle 2. Fangzahlen (Individuen pro Falle) und Anzahl Arten (in Klammern) von rinden- und holzbrütenden Käfern und Holzwespen in Fensterfallen an den Versuchsorten Sedrun GR (1350 m, kleines Versuchspolter) und Lukmanier-Passhöhe GR/TI (1900 m, kleines Versuchspolter) sowie in Casaccia TI (1800 m, grosses reguläres Holzlager) des Jahres 1991; die Fallen befanden sich in unmittelbarer Holzlagernähe («Polter») und in einigen hundert Metern Entfernung («Feld»).

	Sedrun		*Lukmanier*		*Casaccia*	
	Polter	*Feld*	*Polter*	*Feld*	*Polter*	*Feld*
Borkenkäfer *(Scolytidae)*	7,5 (3)	1 (1)	4 (2)	0	180 (6)	5 (2)
Bockkäfer *(Cerambycidae)*	8,5 (12)	0,5 (1)	0	0	7 (4)	1 (1)
Prachtkäfer *(Buprestidae)*	2 (3)	1 (1)	0	0	4 (2)	8 (3)
Nagekäfer *(Anobiidae)*	1 (1)	0	0	0	0	0
Rüsselkäfer *(Curculionidae)*	0	0	1 (1)	0	4 (2)	0
Holzwespen *(Siricidae)*	0,5 (1)	0	0	0	0	0

3.3 Befall

Die laufende Zählung der Ein- und Ausbohrlöcher im Feld zeigte im Jahr des Versuchsbeginns (1990) praktisch nur Borkenkäferbefall an *(Abbildung 4)*. Im ersten Jahr nach dem Windwurf (1991) blieb der Neubefall durch Borkenkäfer ungefähr gleich. Neu entstanden viele Bockkäfer- und einige Holzwespenlöcher, verursacht durch Arten mit einjähriger Entwicklungsdauer. Diese eher bescheidenen Zahlen erklären sich einerseits durch die inhomogene Besiedelung der Stämme (einzelne Stämme wurden verschont), was den Befallsdurchschnitt pro Stamm hinunterdrückt. Zudem weist die Befallsanalyse bei Versuchsende (vgl. *Tabelle 4)* deutlich höhere Werte auf. Zeitlich entstanden 1991 die Borkenkäferlöcher (Ausbohrlöcher) in Sedrun von Mai bis Juli, auf dem Lukmanier im Juli und August. Ähnliches gilt für den Ausflug

der Bockkäfer: In Sedrun begann er schon im April und dauerte bis Ende September, auf dem Lukmanier fand er vom Juli bis Anfang Oktober statt. Holzwespen flogen in Sedrun vom August bis Oktober aus.

Tabelle 3. Artenliste der xylobionten Insekten: Fänge in Fensterfallen bzw. Labor-Befallsanalyse (im Labor nur identifizierbare Larven/Adulttiere); potentielle technische Schädlinge sind mit einem Punkt markiert.

	Fallen 1991			*Befall 1990–92*	
	Sedrun	*Lukmanier*	*Casaccia*	*Sedrun*	*Lukmanier*
Borkenkäfer					
Dryocoetes autographus (Ratz.)			x	x	x
Hylastes cunicularius Er.	x	x	x		x
Ips amitinus (Eichh.)		x	x		
Ips typographus (L.)			x	x	x
Leperesinus varius (F.)	x				
Pityophthorus lichtensteini (Ratz.)	x				
Polygraphus poligraphus (L.)			x		
Scolytus ratzeburgi Jans.	x				
• *Trypodendron lineatum* (Oliv.)			x	x	
Bockkäfer					
• *Clytus arietis* (L.)	x				
• *Clytus lama* Muls.	x				
Evodinus interrogationis L.	x				
Gaurotes virginea L.	x		x		
Judolia cerambyciformis (Schrk.)	x				
Leptura maculicornis Deg.	x				
• *Leptura rubra* L.	x				
• *Molorchus minor* (L.)	x				
• *Monochamus sutor* (L.)			x		
Pachyta quadrimaculata (L.)	x				
Rhagium inquisitor L.	x		x	x	x
Strangalia maculata (Poda)	x				
Strangalia melanura (L.)	x				
Strangalia quadrifasciata (L.)	x				
• *Tetropium castaneum* (L.)			x	x	x
Toxotus cursor (L.)			x		
Prachtkäfer					
• *Anthaxia quadripunctata* L.	x		x		
• *Buprestis rustica* L.			x		
• *Chrysobothris affinis* (F.)	x				
• *Chrysobothris chrysostigma* L.	x		x		
Rüsselkäfer					
Hylobius abietis L.			x		
Cleoninae sp.		x	x		
Nagekäfer					
Anobium nitidum Herbst	x				
Holzwespen					
• *Sirex juvencus* L.				x	
• *Urocerus gigas* L.				x	x
• *Xeris spectrum* L.	x				
Artentotal	**22**	**3**	**16**	**7**	**6**

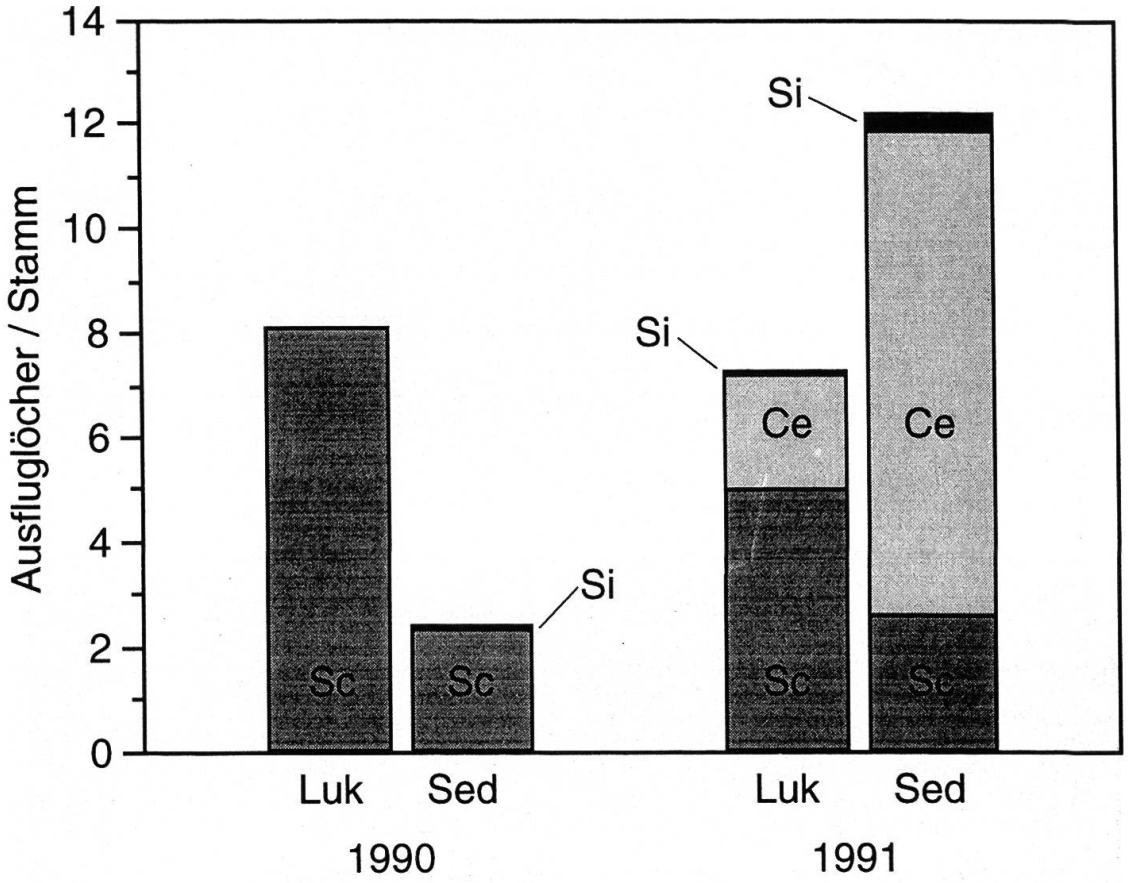

Abbildung 4. Vergleich der Ausfluglöcher pro 4-m-Stamm der häufigsten Xylobionten 1990/91 auf dem Lukmanier (Luk) und in Sedrun (Sed): Borkenkäfer *(Scolytidae,* Sc), Bockkäfer *(Cerambycidae,* Ce) und Holzwespen *(Siricidae,* Si).

Bei der abschliessenden Untersuchung der Stämme bezüglich Gesamtbefall der Jahre 1990 bis 1992 im Labor wiesen die Versuchspolter auf dem Lukmanier und in Sedrun unterschiedliche Befallsmuster auf *(Tabelle 4)*. Bei den Borkenkäfern gab es tendenzmässig stärkeren Befall auf dem Lukmanier. Dabei handelte es sich fast ausschliesslich um den Buchdrucker *(Ips typographus* (L.)). In Sedrun war es eher der Zottige Fichtenborkenkäfer *(Dryocoetes autographus* (Ratz.)) und der Linierte Nutzholzborkenkäfer *(T. lineatum)*. Die Holzwespen *(Abbildung 5)*, vor allem die Blaue Holzwespe *(Sirex juvencus* L.) und die Riesenholzwespe *(Urocerus gigas* L.) waren am tieferen Standort Sedrun häufiger, ebenso die Prachtkäfer (letztere allerdings mit schwach gesichertem Unterschied). An Bockkäfern entwickelten sich auf dem Lukmanier fast ausschliesslich Fichtenböcke *(Tetropium castaneum* (L.); 97% der bestimmten Arten), in Sedrun vor allem der Spürende Zangenbock *(Rhagium inquisitor* L.; 62%), der allerdings das Holz nicht entwertet, da er sich zwischen Rinde und Splint verpuppt. Die Arten, die anhand der Larven bestimmt werden konnten, sind in *Tabelle 3* aufgelistet.

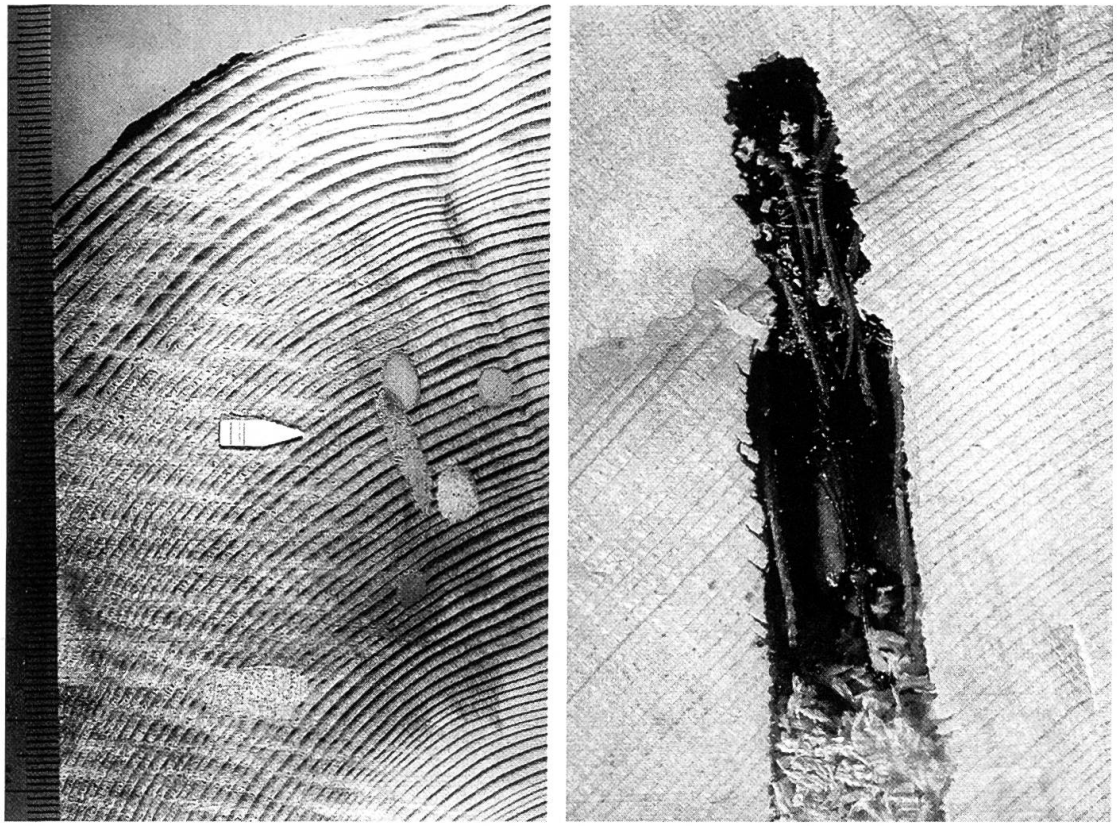

Abbildung 5. Die Larven der Holzwespen bohren sich bis 10 cm tief in den Splint hinein (links), bevor sie sich zur Verpuppung wieder der Oberfläche nähern. Als geschlüpftes Adulttier (rechts) nagen sich die Wespen anschliessend durch die verbleibenden 1–2 cm Holz und Rinde ins Freie.

Tabelle 4. Vergleich des Befalls von gelagerten Fichtenstämmen nach 2 Jahren auf dem Lukmanier und in Sedrun (Befall = Ausbohrlöcher, Gänge, lebende oder tote Stadien): Durchschnitt pro 4-m-Stammstück, in Klammern Gesamtzahl Gänge/Löcher.

	Borkenkäfer (Scolytidae)	*Bockkäfer (Cerambycidae)*	*Prachtkäfer (Buprestidae)*	*Holzwespen (Siricidae)*	*Total*
Lukmanier	29,2 (321)	39,5 (435)	0,5* (6)	1,6* (18)	70,9 (780)
Sedrun	5,9 (71)	38,9 (467)	0,9* (11)	18,8* (225)	64,5 (774)

*Mittelwerte verschieden ($p<0,05$)

Die Lage der Frassgänge zeigte, dass die Insekten generell die untere, beschattete Stammhälfte bevorzugten *(Tabelle 5)*. Für die Borken- und Bockkäfer sowie knapp für die Holzwespen waren die Unterschiede signifikant. Aufgeschlüsselt nach Arten zeigten vor allem der Schwarze Fichtenbastkäfer

und der Fichtenbock eine starke Bevorzugung der unteren Hälfte. Allgemein fiel auf, dass einzelne Stämme bevorzugt befallen wurden. Erstaunlich ist, dass sich in jedem 4-Meter-Stammstück nach zweieinhalb Jahren durchschnittlich gegen 40 Bockkäfer entwickelt hatten. Umgerechnet auf das Volumen ergab dies rund 140 Bockkäfergänge pro m^3. Die vielen Holzwespenlarven, die beim Auftrennen der Stämme gefunden wurden, zeigten, dass ein Jahr später (1993) viele Holzwespen mit mehrjähriger Entwicklung geschlüpft wären.

Tabelle 5. Anzahl und Lage der von 1990 bis 1992 entstandenen Bohrgänge in 23 Fichtenstämmen, aufgeteilt in untere (beschattete) und obere (besonnte) Hälfte.

Lage	*Borkenkäfer (Scolytidae)*	*Bockkäfer (Cerambycidae)*	*Prachtkäfer (Buprestidae)*	*Holzwespen (Siricidae)*	*Total*
oben	36 (9%)	253* (28%)	12 (71%)	98 (40%)	400* (26%)
unten	354* (91%)	650* (72%)	5 (29%)	145* (60%)	1154* (74%)
Total	390 (100%)	903 (100%)	17 (100%)	243 (100%)	1554 (100%)

*Mittelwerte verschieden ($p<0,05$)

4. Diskussion

Einer Beurteilung der Befallswahrscheinlichkeit von Lagerholz auf Alpenpässen durch Insekten standen zwei Hindernisse entgegen: Erstens konnten die Versuchspolter aus organisatorischen Gründen erst im August des Windwurfjahres angelegt werden. Dies bedeutet, dass die Stämme noch ein halbes Jahr im Wurfgebiet verblieben und bereits dort befallen wurden. Als zweites kam hinzu, dass auf dem Lukmanierpass riesige Holzlager von insgesamt 38 000 m^3 errichtet wurden. Diese Stämme waren ebenso im Wurfgebiet befallen worden und sorgten somit für eine «eingeschleppte» Insektenfauna auf dem Pass, die mindestens in diesem Ausmass natürlicherweise nicht vorhanden gewesen wäre. In Sedrun fehlten solche reguläre, grosse Lager in der unmittelbaren Versuchsumgebung. Hingegen konnten die Fragen nach der Entwicklungsmöglichkeit von xylobionten Insekten und dem Neubefall von Rundholz in solchen Höhenlagen beantwortet werden.

Auf dem 550 m höher als Sedrun gelegenen Lukmanier war die Lufttemperatur generell tiefer und damit die Insektenentwicklung verlangsamt, wie die später in der Saison erscheinenden Ausfluglöcher zeigen. Der Bast der besonnten Stammhälfte erreichte zwar stets deutlich höhere Temperaturwerte als die Luft (vgl. *Wild,* 1953), eine Beschleunigung der Entwicklung durch

Sonneneinstrahlung betrifft aber nur die oberste, sonnenbeschienene Hülle eines Polters. Ausserdem bevorzugen die Insekten sowieso eher die unteren, beschatteten Stammregionen. Da der Wärmetod adulter Buchdrucker erst bei rund 55 °C eintritt (*Vité,* 1952), dürften die erreichten Spitzenwerte der Basttemperaturen von 40°C auch keine bleibende Schädigung der Käfer zur Folge haben. Hingegen fallen die Tiere dann in Wärmestarre. Die Puppen und wahrscheinlich auch die Larven sind allerdings empfindlicher *(Annila,* 1969). Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt haben eine erhöhte Mortalität zur Folge *(Annila,* 1969). Diese Situation tritt aber nur ein, wenn die Stämme nicht mit Schnee bedeckt sind. Andernfalls können auch extreme Lufttemperaturen infolge der guten Isolationswirkung der Schneedecke den Larven kaum mehr etwas anhaben.

Die Befallsdichten der Stämme auf dem Lukmanier und in Sedrun sind schwierig zu interpretieren. Die meisten Stämme wurden noch im Windwurfgebiet befallen, und die Insekten entwickelten sich auch noch in der Höhe des Lukmaniers. Darauf weisen die hohen Borkenkäferfänge beim regulären Holzlager Casaccia hin oder die erhöhte Anzahl Ausbohrlöcher von Bockkäfern mit einjähriger Entwicklung im ersten Jahr nach dem Sturm. Die tiefen Fangzahlen der Lukmanier-Fallen in einiger Entfernung von grossen Holzlagern zeigen aber, dass in dieser Höhenlage nur wenige xylobionte Insekten vorhanden waren. Allerdings kommen fast alle der am häufigsten gefundenen Arten von Borken-, Bock- und Prachtkäfern auch natürlicherweise auf dieser Höhe vor *(Pochon,* 1964; *Allenspach,* 1973; *Bovey,* 1987), kaum hingegen die Holzwespen *(Keller,* 1903).

Die meisten Holzwespen müssen die Stämme erst nach dem Transport zu den Versuchsorten besiedelt haben, da in Sedrun mehr Larven im Holz gefunden wurden als auf dem Lukmanier. Auch viele Borken- und Bockkäfer befielen die Stämme erst nach Beginn des Versuchs. Die Bevorzugung der beschatteten Stammhälften kann nämlich nur durch Befall am Lagerplatz erklärt werden, da die Stämme beim Einrichten der Versuchslager unabhängig von der ursprünglichen Lage im Windwurfgebiet hingelegt wurden.

Bei der Wahl der oberen oder unteren Stammseite müssen Insekten verschiedene Vor- und Nachteile abwägen. Einerseits ist die Oberseite wärmer (normalerweise liegen geworfene Bäume einzeln und exponieren ihre Oberseite der Sonne), und dies fördert die Entwicklung. Anderseits besteht die Gefahr von zu hohen, letalen Temperaturen und schnell austrocknender Rinde. Offenbar wählten die untersuchten Insektengruppen eher die zwar kühlere Unterseite, die aber nicht so schnell austrocknet, was gerade für Arten mit mehrjähriger Entwicklung wichtig ist.

Der Befall durch Borkenkäfer und Holzwespen scheint auf dem Lukmanier und in Sedrun auf den ersten Blick gegenläufig zu sein. Dies wird jedoch dadurch erklärt, dass sich auf dem Lukmanier das Befallspotential an Insekten, die sich in den regulären Holzlagern entwickelten, bei den Borkenkäfern

mit kurzer Entwicklungsdauer bereits in den ersten Jahren auf die Versuchspolter auswirkte. Die kühleren Temperaturen auf dem Lukmanier verlangsamten aber die mehrjährige Entwicklung der Holzwespen und den anschliessenden Neubefall durch die schlüpfenden Tiere so stark, dass die Versuchspolter vor dem Abtransport nicht mehr befallen werden konnten. Hingegen konnten in Sedrun natürlicherweise vorkommende Wespen die Versuchspolter besiedeln.

Generell lässt sich sagen, dass sowohl Befall (ausgehend von vorher befallenem Lagerholz) als auch Entwicklung von xylobionten Insekten auch auf 1900 m ü. M. möglich ist. Die Entwicklung ist zwar verlangsamt, die isolierende Schneedecke verhindert aber extrem tiefe Rindentemperaturen mit erhöhter Mortalität der Insekten. Können die Stämme rechtzeitig, d.h. befallsfrei in hohe Lagen gebracht werden, ist über längere Zeit nur mit einem geringen Befall zu rechnen. Wird hingegen bereits befallenes Holz gelagert, muss im Auge behalten werden, dass ab Juni des ersten Jahres nach dem Sturm die Stämme erneut durch die aus dem Sturmholz schlüpfenden Borkenkäfer und einzelne Bockkäferarten befallen werden können. Im Falle der Bockkäfer tritt eine zusätzliche Entwertung des Holzes allerdings erst im zweiten Jahr ein, wenn die Larven der zweiten Fichtenbockgeneration für die Verpuppung in den Splint eindringen.

Zusammenfassung

Um die Möglichkeit eines Befalls durch Insekten und deren Entwicklung in auf Alpenpässen gelagertem Sturmholz zu beurteilen, wurden auf dem Lukmanierpass (1900 m ü.M.) und in Sedrun (1350 m ü.M.) im angrenzenden Vorderrheintal je ein kleines Holzlager von Fichtenstämmen errichtet. Während rund zweier Jahre wurden Temperaturen, Insektenflug und Befall der Stämme erhoben.

Die Basttemperatur der besonnten Stammhälften konnte infolge der intensiven Sonneneinstrahlung auf dem Lukmanier bis 23 °C wärmer sein als die Lufttemperatur. Sobald sich im Winter eine isolierende Schneeschicht auf den Stämmen befand, blieb die Basttemperatur konstant zwischen rund –2 und 0 °C.

Da die untersuchten Stämme bereits vor Versuchsbeginn im Windwurfgebiet befallen wurden und sich auf dem Pass zusätzlich riesige reguläre Holzlager desselben Holzes befanden, wurden die Insektenfang- und Befallserhebungen davon erheblich beeinflusst. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass ein Neubefall von gelagertem Rundholz durch qualitätsmindernde Insekten auch auf 1900 m ü.M. möglich ist. Es wurden bevorzugt die beschatteten, unten liegenden Stammhälften befallen. Die Insekten können ihre Entwicklung, wenn auch wegen der tiefen Temperaturen etwas verlangsamt, vollständig durchlaufen. Der Befall ging jedoch vermutlich grösstenteils vom befallenen Holz der regulären Holzlager aus und weniger von autochthonen Populationen. Dies zeigten die tiefen Fangzahlen der Flugfallen an fliegenden, xylobionten Käfern auf dem Lukmanier abseits der Holzlager. Könnten die Stämme befallsfrei in

hohe Lagen transportiert werden, wäre der Befallsdruck durch holzentwertende Insekten dort deutlich geringer als in den Niederungen.

Résumé

Le développement d'insectes dans les parcs à bois d'épicéas au-dessus de la limite des forêts

Afin d'évaluer le danger que représentent les insectes pour les grumes de chablis entreposées dans des parcs à bois aménagés sur les cols des Alpes, deux petits stocks de bois d'épicéas ont été constitués l'un sur le col du Lukmanier (1900 m d'altitude) et l'autre à Sedrun aux abords du Rhin antérieur (1350 m d'altitude). Au cours du suivi qui a duré deux ans, nous avons régulièrement relevé les températures, les essaimages d'insectes et les attaques de grumes.

Sous l'effet d'un rayonnement solaire intense enregistré au Lukmanier, la température du liber de la partie des grumes exposée au soleil a dépassé de 23°C celle de l'air. Dès qu'en hiver une couche de neige isolante a recouvert les troncs, la température du liber est restée constante entre –2 et 0° C.

Le résultat des captures et des attaques d'insectes a été considérablement modifié par le fait que les grumes observées avaient déjà été colonisées dans les chablis avant le début de l'expérience. Sans compter que d'énormes quantités de bois de même essence se trouvaient dans les parcs officiels du Service forestier. Toutefois, il a été constaté que les insectes nuisibles sont capables de coloniser des bois ronds stockés, même à 1900 m d'altitude. Ils s'attaquent de préférence à la partie inférieure de la grume, c'est-à-dire sur son côté ombragé. En dépit des basses températures qui ralentissent quelque peu leur cycle évolutif, ces insectes arrivent parfaitement à se développer. Étant donné la faible quantité d'insectes xylophages capturés à une certaine distance des parcs à bois officiels au Lukmanier, il est à supposer que la plupart des attaquants proviennent des grumes entreposées dans ces endroits plutôt que des populations autochtones. Si les grumes non colonisées pouvaient être transportées en haute altitude, les attaques d'insectes nuisibles seraient nettement moins fortes qu'elles ne le sont en plaine.

Traduction: *Monique Dousse*

Summary

Insect development in spruce logs stored above the timberline

In order to evaluate the hazard posed by insects on windthrow timber preserved on alpine passes, spruce logs were placed on the Lukmanier Pass (1900 m a.s.l.) and in Sedrun (1350 m a.s.l.) in the adjacent Anterior Rhine Valley in the Canton of Graubünden. Over a period of two years, temperature, insect flight activity and log infestation were recorded.

On the Lukmanier Pass, phloem temperature of the upper, sun-exposed log halves exceeded ambient air temperature by as much as 23 °C as a result of the intense sun radiation. As long as a snow cover insulated the logs, phloem temperature constantly remained between –2 and 0 °C.

The fact, that the investigated logs had already been infested in the windthrow area and that large amounts of infested timber were stored nearby on the pass by the forest service, rendered the interpretation of the results rather difficult. However, the data made clear that an infestation of logs by detrimental insects was possible even at high elevations. Moreover, larvae were able to complete their development, though retarded by low temperatures. The insects preferred the lower, shaded parts of the logs. Infestation presumably originated from the pre-infested timber rather than from autochthonous populations. This was suggested by the low numbers of xylobiontic insects caught in flight traps placed at a distance from the timber yards. If non-infested logs were transported to high altitudes, infestation pressure would be significantly lower than in valleys.

Verdankungen

Beat Fecker und Doris Schneider danken wir für die Mithilfe bei der Betreuung des Versuchs und die Labor-Analysen der Bohrgänge (BF) bzw. der Fallenfänge (DS). Rita Ghosh führte die statistische Auswertung durch. Beat Forster und Peter Duelli sowie Erwin Graf (EMPA) besorgten die Durchsicht des Manuskripts. Die Schneehöhenangaben stammen von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt.

Literatur

Allenspach, V. (1973): *Coleoptera Cerambycidae.* Insecta Helvetica, Catalogus, Bd. 3; Schweiz. Entomol. Ges., Zürich.

Annila, E. (1969): Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. *(Coleoptera, Scolytidae)*. Ann. Zool. Fenn. *6:* 161–208.

Bovey, P. (1987): *Coleoptera Scolytidae, Platypodidae.* Insecta Helvetica, Catalogus, Bd. 6; Schweiz. Entomol. Ges., Zürich.

Efron, B. (1982): The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans. CBMS-NSF, Regional Conf. Ser. Appl. Math., Philadelphia USA.

Graf, E. (1993): Einfluss von Forstinsekten auf die Holzqualität. Schweiz. Z. Forstwes. *144* (10): 789–802.

Graf, E., Manser, P. (1995): Frischholzinsekten am berindeten Rundholz. Bull. K-Holz *3* (1): 17–19.

Holenstein, B. (1994): Sturmschäden 1990 im Schweizer Wald. BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 218, Bern CH.

Keller, C. (1903): Untersuchungen über die Höhenverbreitung forstschädlicher Tiere in der Schweiz. Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Vers.wes. *8* (1): 1–80.

Kučera, L.J., Katuščák, S. (1993): Zustand des sturmgeworfenen Fichten-Rundholzes nach einjähriger Trockenlagerung am Lukmanier/GR. Schweiz. Z. Forstwes. *144* (11): 873–892.

Pochon, H. (1964). *Coleoptera Buprestidae.* Insecta Helvetica, Fauna, Bd. 2; Schweiz. Entomol. Ges., Zürich.

Schönenberger, W., Kasper, H., Lässig, R. (1992): Forschungsprojekte zur Wiederbewaldung von Sturmschadenflächen. Schweiz. Z. Forstwes. *143* (10): 829–847.
Vité, J.P. (1952): Temperaturversuche an *Ips typographus* L. Zool. Anz. *149:* 195–206.
Wild, M. (1953): Die Entwicklung des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. im Hochschwarzwald (1000–1200 m ü.M.) und ihre Abhängigkeit vom Klima 1947–1950. Ber. Nat.forsch. Ges. Freiburg *43:* 121–176.

Abbildungen gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf.

Verfasser: Dr. Beat Wermelinger; Johann von Hirschheydt, dipl. Forsting. ETH; Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.