

Bläue an Fichtenrundholz – Schadensquantifizierung und Auswirkung auf die Lagerungsdauer

Klaus Friedl

Institut für Forsttechnik, Department für Wald- und Bodenwissenschaften,
Universität für Bodenkultur Wien.

Abstract

Austrian's forestry and timber industry is subjected to enormous losses caused by blue stain fungi. Up to now, blue stain has been known and documented as a major problem particularly on pine. In recent years, discoloration has also become a serious economical problem on Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.].

This study aimed to determine the factors related to the amount and intensity of blue stain on spruce logs. The maximum storage time – from felling to the occurrence of discoloration – on the logs caused by blue stain fungi as well as the spectrum of fungal species are documented as the main results of this investigation.

Based on this field study a model to estimate the maximum storage time of spruce logs was developed. This model, which is based on the parameters season of harvest and mean daily air temperature, represents a feasible tool for forest management and decision making in forest companies.

Kurzfassung

Österreichs Forst- und Holzwirtschaft erleidet jährlich erhebliche Verluste durch Bläuepilze. Bläue war bisher vor allem bei der Kiefer bekannt. In den letzten Jahren wird die Verblauung aber auch bei der Fichte [*Picea abies* (L.) Karst.] als überaus großes wirtschaftliches Problem wahrgenommen.

Diese Studie zeigt die Faktoren auf, welche für die Entwicklung und das Ausmaß von Bläue auf Fichtenrundholz von entscheidender Bedeutung sind. Die maximale Lagerungsdauer, von der Fällung bis zur Verblauung der Bloche, sowie die Dokumentation des Pilzartenspektrums sind maßgebliche Resultate dieser Untersuchung.

Ein Modell, mit den Eingangsgrößen Jahreszeit und Tagesmitteltemperatur, zur Abschätzung der maximalen Lagerungsdauer stellt eine praktikable Entscheidungshilfe für die Praxis dar.

Schlagwörter: Lagerungsdauer, Bläue, *Ophiostoma*, *Ceratocystis*, Entscheidungsunterstützung

1. Einleitung und Problemstellung

Die Forst- und Holzwirtschaft erleidet weltweit große Verluste durch Bläuepilze (Pechmann & Wutz 1963; Andrae 1989; Seifert 1993; Uzunovic *et al.* 1999). Das Schadbild der Bläue beschränkt sich in der Regel auf das Splintholz (Abbildung 1) und stellt lediglich ein „kosmetisches“ Problem dar, da es zu keinen nennenswerten Einschränkungen der technologischen Holzeigenschaften kommt (Münch 1907, 1908; Seifert 1993).

Dennoch ist bei verblautem Holz mit erheblichen Preisabschlägen zu rechnen. Während Millonig (1984) die Verluste durch Verblauung nach dem Einschnitt Österreichweit auf 500 Millionen Schilling (umgerechnet 36,3 Millionen Euro) pro Jahr einschätzt, sind Quantifizierungen der Einbußen bei Rundholz vor dem Eingang zur Industrie in der Literatur bisher nur unzureichend dokumentiert.



Abbildung 1: Bläue im Splintholz der Fichte.

Die Blauverfärbung des Nadelholzes wird von einer Vielzahl von Pilzarten innerhalb der *Ascomyceten* und *Fungi Imperfecti* hervorgerufen (Seifert 1993; Wingfield *et al.* 1993). Auf Rund- und Schnittholz sind vorwiegend Arten der *Ascomyceten*-Gattungen *Ceratocystis* und *Ophiostoma* für die Verblauung verantwortlich (Münch 1907, 1908; Seifert 1993; Butin 1996). Die Übertragung von Bläuepilzen erfolgt durch rinden- und holzbrütende Borkenkäfer (Abbildung 2), die mit den Pilzen eine Symbiose eingegangen sind, oder auf abiotischem Wege durch die Luft und durch Regentropfen.



Abbildung 2: Bläue ausgehend vom Brutsystem des Buchdruckers.

Bläue kann bereits am stehenden Stamm auftreten, beispielsweise nach dem Befall durch rindenbrütende Borkenkäfer oder als Folge von Stammverletzungen im Zuge der Holzernte. Aus der Sicht der Forstbetriebe und der Holzindustrie erlangt die Bläue aber vorwiegend als Lagerholzschaden Bedeutung, der nach der Holzfällung und während der anschließenden Lagerung im Wald oder am Holzlagerplatz, sowie nach dem Einschnitt im Sägewerk, auftritt (Pechmann & Wutz 1963; Neumüller & Brandstätter 1995; Seifert 1993; Butin 1996; Uzunovic *et al.* 1999).

Begünstigt durch die Durchführung der Holzernte während des ganzen Jahres und damit auch in den warmen Frühjahrs- und Sommermonaten, in denen Bläuepilze besonders günstige Bedingungen zur Infektion vorfinden, erlangt die Bläue in den Nadelwaldgebieten der gemäßigten und borealen Breiten immer größere Bedeutung und stellt eine Herausforderung für die Logistik dar. Der rasche Abtransport und die baldige Aufarbeitung des Rundholzes sowie die rasche Trocknung des Schnittholzes sind die wirksamsten Maßnahmen zur Vermeidung von Bläue (Butin 1996; Seifert 1993).

Frühere Untersuchungen in Mitteleuropa haben sich vor allem mit der Bläue – Problematik an der Kiefer auseinandergesetzt (Pechmann & Wutz 1963; Pechmann *et al.* 1966; Aufsess 1980). Bei der Fichte liegen zwar umfangreiche Befunde über das Artenspektrum an Bläuepilzen vor (Kirisits 1996, 2001; Grubelnik 1998; Kirisits *et al.* 2000; Lin 2003), es gibt aber große Wissensdefizite über das Ausmaß der Verbläueung von Fichten-Rundholz in Abhängigkeit von der Lagerungszeit am Waldlager und des Schlägerungstermins. Dieser Mangel an fundierten Informationen über die Bläue an der Fichte und die Berichte aus der Praxis, dass Schäden durch Bläuepilze auch an der Fichte ein immer größer werdendes Problem darstellen, gaben Anlass zu diesen Untersuchungen.

2. Ziele der Untersuchung

Die Schadensentwicklung über die Zeit ist eine wichtige Eingangsgröße für jedes Logistiksystem, da sie den maximalen Aktionszeitraum definiert. Bei einer modellhaften Darstellung der Holzerntekette ist sie eine wesentliche Größe in der Entscheidungsunterstützung, da sie die Erlöseinbußen in Abhängigkeit von der Lagerdauer wiedergibt.

Im Detail sollten in dieser Untersuchung folgende Fragen geklärt werden:

- Ausmaß der Verbläueung in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer.
- Einfluss des Erntezeitpunktes (Winter – Sommer) auf die Verbläueung.
- Geographische Unterschiede in der Besiedelung des Rundholzes durch Bläuepilze.
- Bedeutung von Luft- und Käferbläue.
- Artenspektrum der Bläuepilze an der Fichte.
- Zusammenhang zwischen Holzfeuchtigkeit und Verbläueung.

3. Versuchslayout

Die wichtigsten Einflussgrößen auf die Entwicklung von Bläue, nämlich die Übertragungsart der Pilze („Käfer- und Luftbläue“) und der jahreszeitliche Unterschied der Verbläueung, wurden wie folgt berücksichtigt:

In 4 Forstbetrieben wurde ein Lagerungsversuch mit jeweils 4 Varianten (Käferbläue/Winterschlägerung, Käferbläue/Sommerschlägerung, Luftbläue/Winterschlägerung, Luftbläue/Sommerschlägerung) angelegt. Die erste Versuchsanlage („Winter“) erfolgte im März (vor Flugbeginn der Borkenkäfer). Die Wiederholung der Versuchsanlage – die Versuchsreihe „Sommer“ – wurde beginnend mit Juni durchgeführt.

Pro Schlägerungstermin wurden 30 Probeblöcke (MDM 25-30 cm) mit einer Länge von 2 Metern ausgelegt. Durch die Voranflugspritzung mit dem Pyrethroid Ripcord 40 wurde der Käferbefall bei den Luftbläuevarianten verhindert.

3.1. Forstbetriebe

Zur Abschätzung eventueller geographischer Unterschiede in der Besiedlungsdynamik des Fichtenrundholzes durch Bläuepilze wurden die Freilandarbeiten in 4 verschiedenen Forstbetrieben durchgeführt.

3.2. Datenerhebung

Solheim (1992) hat nachgewiesen, dass in den ersten beiden Wochen nach Käferbefall keine Bläueentwicklung stattfindet. Resultierend daraus wurden die Untersuchungstermine pro Variante wie in Tabelle 1 dargestellt, festgelegt.

Bei jedem Kontrolltermin wurden von 5 Blochen pro Variante nach einem fix festgelegten Schema (Abbildung 3 und Abbildung 4) Stammscheiben entnommen.

Tabelle 1: Untersuchungstermine pro Variante.

<i>Kontrolltermin</i>	<i>Lagerdauer</i>
T1	2 Wochen
T2	4 Wochen
T3	6 Wochen
T4	8 Wochen
T5	10 Wochen
T6	15 Wochen

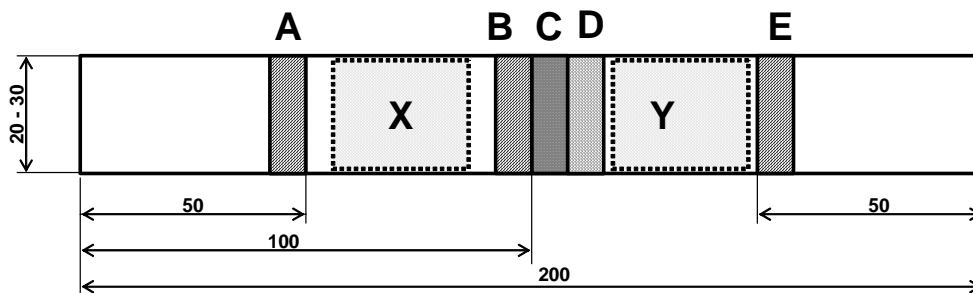


Abbildung 3: Einschnittschema in den „Käfervarianten“ zur Gewinnung der Querschnitte (A – E) und der Rindenstücke (x, y) zur Bestimmung des Spektrums rindenbrütender Käfer.

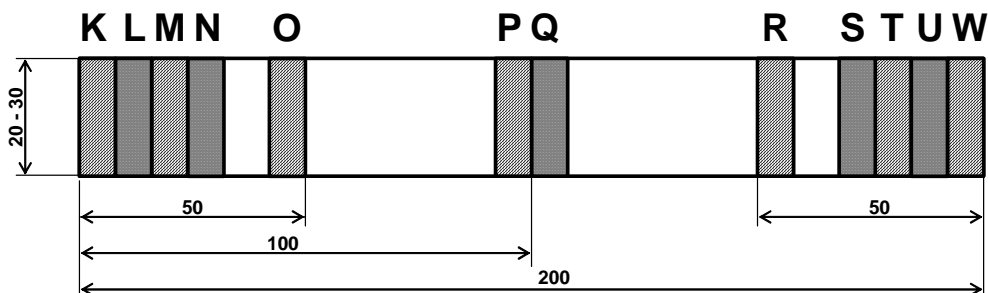


Abbildung 4: Einschnittschema in den „Luftvarianten“ zur Gewinnung der Querschnitte (K – W).

An den gewonnenen Stammscheiben wurden folgende Parameter erhoben:

- Verletzung der Mantelfläche¹.
- Verblauung der Mantelfläche.
- Verblauung der Querschnittsfläche.
- Kennzeichnung und Vermessung des Splintholzes.

Als Kenngröße zur Quantifizierung der Bläue dient der prozentuelle Anteil der verblauten Splintholzfläche. Jede Scheibe wurde nummeriert und fotografiert.

¹ Die Mantelfläche gilt dann als verletzt, wenn der Holzkörper freiliegt, und somit eine Eintrittspforte für die Pilzsporen gegeben ist (gilt für die Luftbläue – Varianten).

3.3. Datenaufbereitung

Pilzartenspektrum

Die Bestimmung des Pilzartenspektrums erfolgte an jeweils einer Scheibe pro Bloch (Querschnitt „D“ bei den Käfervarianten und Querschnitt „U“ bei den Luftvarianten). Im Labor wurden die jeweiligen Stammquerschnitte nach festgelegtem Schema aufgespaltet, und an mehreren definierten Radien in fixen Tiefenstufen Holzspäne entnommen und auf ein Malz-Agar-Medium gelegt. Auf den künstlichen Nährmedien bildeten die in den Proben vorhandenen Pilze ihr Mycel und ihre Fruchtkörper aus, anhand welcher sie bestimmt werden konnten.

Feuchtigkeit

Für die Ermittlung der mittleren Holzfeuchtigkeit eines Probestückes mittels der Darmmethode wurde jeweils ein Stammquerschnitt herangezogen (Querschnitt „C“ bei den Käfervarianten und Querschnitt „Q“ bei den Luftvarianten).

Temperatur

Die Temperatur der einzelnen Standorte wurde stündlich gemessen und von *Tiny Datenloggern* der Firma Gemini aufgezeichnet. Diese Werte sind über die Server Software OTML in MS-Excel importiert und zu Tagesmitteltemperaturen aggregiert worden. Durch Aufsummieren dieser Tagesmitteltemperaturen wurden die Temperatursummen für die jeweiligen Versuchsvarianten berechnet und in die weitere Auswertung aufgenommen.

Flächenbestimmung

Zur Darstellung des Ausmaßes der Verblauung in Prozent verblauter Fläche im Verhältnis zur Splintholzfläche, war es notwendig die Bilddaten digital weiter zu verarbeiten.

Mit dem Grafikprogramm *Paint Shop Pro 6* wurden die Gesamt-, Reifholz- und verblaute Fläche der Stammscheibe mit verschiedenen Farben eingefärbt. Als Analysesoftware für die Flächenbestimmung stand das Programm *Lucia32 V4.21 for Laboratory imaging* zur Verfügung. Eine Referenzierung der Grafik erfolgte über einen Maßstab. Zur Flächenbestimmung wurde der Bildraster abgetastet und mit vordefinierten Farbwerten verglichen.

Da in den Luftvarianten lediglich an 2 von 4 Stammscheiben (O und R) pro Probestück das Reifholz eingezeichnet wurde, errechneten sich Splint- und Kernholzflächen der beiden anderen Querschnitte (L und U) durch Extrapolation mit den Eingangsgrößen Gesamtfläche von L und U, sowie dem Verhältnis Reifholz zu Splintholz von O und R. Somit ist die Änderung des

Durchmessers über die Blochlänge berücksichtigt.

4. Ergebnisse

4.1. Eckdaten der Untersuchung

Die Datenerhebung erfolgte von März bis Oktober 2003. Insgesamt wurden aus den 480 ausgelegten Probestücken 4.080 Stammscheiben gewonnen, für welche die Parameter Holzfeuchtigkeit, Splintholz-, Reifholz- sowie verblaute Fläche bestimmt wurden.

Durch die etwa 5.000 im Labor angelegten Abimpfungen aus dem Splintholz konnten erhebliche Unterschiede im Artenspektrum der Bläuepilze zwischen den Käfer- und Luftvarianten dokumentiert werden (Tabelle 2). Das Artenspektrum in den Käfervarianten ist mit 13 festgestellten Bläuepilzen umfangreicher als das der Luftvarianten, bei denen lediglich 5 verschiedene Arten festgestellt werden konnten. Von den dominanten Pilzarten ist *Ceratocystis coerulescens* besonders hervorzuheben, da diese Pilzart bei den Wintervarianten nicht vorkommt, dafür aber in den Sommervarianten dominiert und durch seine intensive Bläufärbung entscheidend für die rasche Verblauung ist.

Als maßgebliche Überträger von Bläuepilzen in den „Käfervarianten“ konnten folgende Käferarten identifiziert werden:

- *Ips typographus* (Buchdrucker)
- *Pityogenes chalcographus* (Kupferstecher)
- *Hylurgops palliatus* (Fichtenbastkäfer)

Bei den Sommervarianten konnte ein zusätzliches Auftreten von Bockkäfern (Cerambycidae) und Rüsselkäfern (Curculionidae) beobachtet werden.

Tabelle 2: Isolierte Bläuepilzarten bei den Varianten „Käfer- und Luftbläue“.

<i>Infektionsart</i>	<i>Anzahl festgestellter Bläuepilzarten</i>	<i>Dominante Bläuepilzarten</i>
Sporenübertragung durch Käfer	13	<i>Ceratocystis polonica</i>
		<i>Ophiostoma ainoae</i>
		<i>Ophiostoma bicolor</i>
		<i>Ophiostoma penicillatum</i>
		<i>Ophiostoma piceaperdum</i>
Abiotische Sporenübertragung	5	<i>Ceratocystis coerulescens</i>
		<i>Ophiostoma piceae</i>

Der Temperaturverlauf für den Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit vom Standort ist in Abbildung 5 dargestellt. Der Standort Wittgenstein weist eine deutlich geringere Monatsmitteltemperatur auf. Frankenburg und Mayr-Melnhof unterscheiden sich kaum voneinander. Der Standort Esterházy weist zu

Beginn des Versuchs höhere Temperaturen auf, folgt aber ab August einem ähnlichen Verlauf wie die Standorte Frankenburg und Mayr-Melnhof. Der Standort Esterházy unterscheidet sich von den übrigen Varianten durch eine geringere Seehöhe bei höheren Temperatursummen.

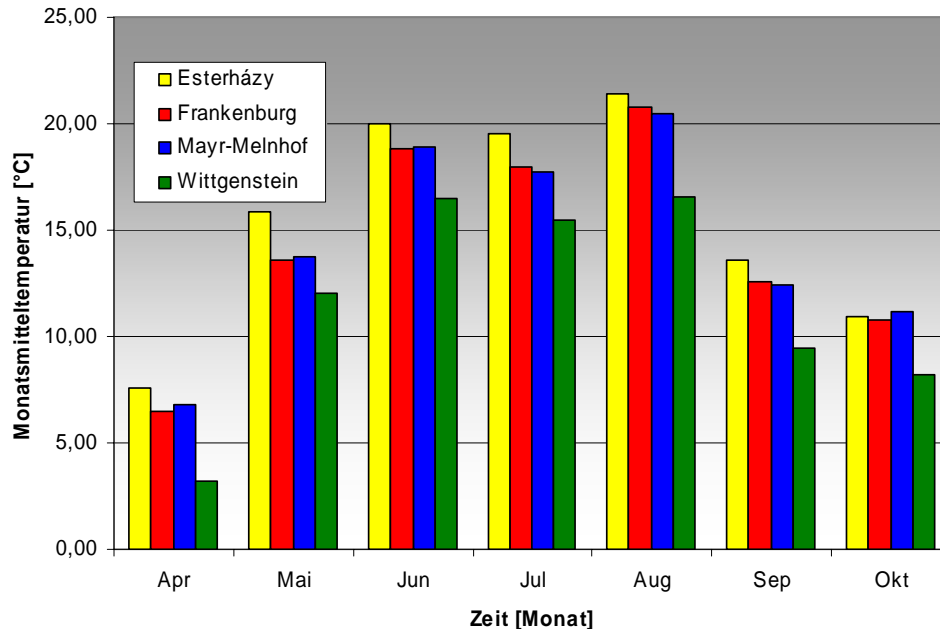


Abbildung 5: Darstellung der Monatsmitteltemperaturen für die jeweiligen Standorte.

Da die Besiedelung und die Ausbreitung der Bläupilze auf das Splintholz beschränkt ist (Butin 1996; Kirisits, 1996), wurde nur die Holzfeuchtigkeit des Splintes zur Interpretation der Entwicklung der Verblauung herangezogen.

Die Änderung über den Querschnitt ist beträchtlich. Während im Reifholz eine annähernd konstante Feuchtigkeit von etwa 30% herrscht, erreicht sie im Splintbereich Werte bis zu 140%.

Die Betrachtung der Holzfeuchtigkeit – gemessen über die mittlere Splintfeuchte – würde aufgrund der hohen Temperaturen während der Sommermonate eine starke Feuchtigkeitsabnahme erwarten lassen. Eine Abnahme der mittleren Splintfeuchte über die Lagerungsdauer von 15 Wochen mit 13 % für die Sommer- und 26 % für die Wintervarianten ist als überraschend gering zu bewerten.

4.2. Entwicklung eines Prognosemodells

Mit den zur Verfügung stehenden Daten wurde eine Kovarianzanalyse mit dem Parameter „% verblaute Splintholzfläche“ als abhängige und mit der Temperatursumme als unabhängige Variable gerechnet. Der Einfluss der Temperatursumme auf die Verblauung erwies sich als signifikant. Ein Einfluss der Holzfeuchtigkeit auf das Verblauungsmaß konnte

für das vorliegende Datenmaterial nicht nachgewiesen werden.

Da es zwischen den Sommer- und den Wintervarianten erhebliche Unterschiede in der Verblauungsgeschwindigkeit gab, war es notwendig, zwei getrennte Modelle anzupassen (siehe Gleichung 1 und 2). Die Varianten Luft-Winter wurden dabei nicht berücksichtigt, weil sie durch das niedrige Verblauungsprozent bis Untersuchungstermin T5 nicht aussagekräftig sind.

$$(1) \text{ verbl_1} = -9,486 + 0,02817 * \text{tempsu_2} \\ R^2=0,65$$

$$(2) \text{ verbl_1} = -8,130 + 0,0188 * \text{tempsu_2} \\ R^2=0,81$$

verhbl_1..... Verblaute Splintfläche [%]

tempsu_2..... Summe der Tagesmitteltemperatur von der Fällung bis zum Kontrolltermin [dd]

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die entsprechenden Streudiagramme für die Sommer- und Wintervarianten. Die Streuung der Werte in den Sommervarianten ist zwar größer, dennoch

lässt sich das raschere Auftreten und das höhere Ausmaß der Verblauung deutlich ablesen.

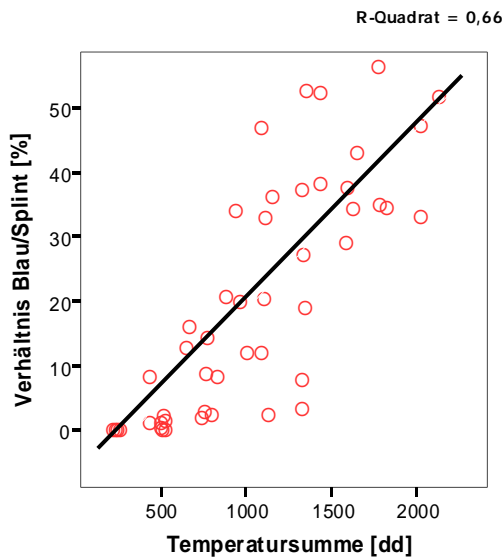


Abbildung 6: Streudiagramm mit linearer Regression der Sommervarianten.

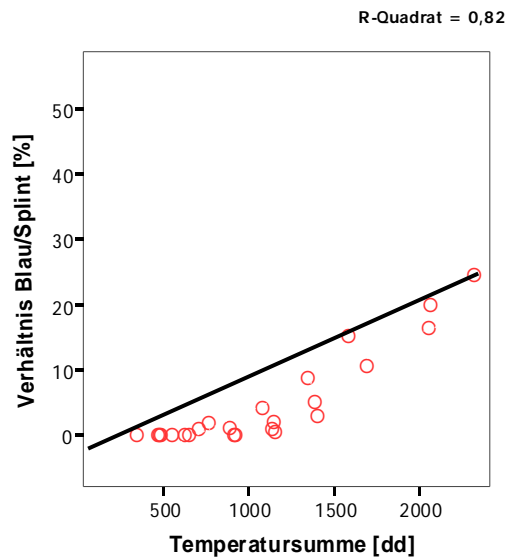


Abbildung 7: Streudiagramm mit linearer Regression der Wintervarianten.

In Abbildung 8 ist die kritische Lagerungsdauer für Fichtenrundholz bei der Sommervariante in Abhängigkeit von der Tagesmitteltemperatur und unterschiedlichen Schwellenwerten für die Verblauung dargestellt. Die maximal mögliche

Lagerungsdauer vor Eintritt einer 5%igen Verblauung des Splintes sinkt mit zunehmender Temperatur und ergibt bei einer Temperatur von 18°C eine Lagerungsdauer von etwa 30 Tagen.

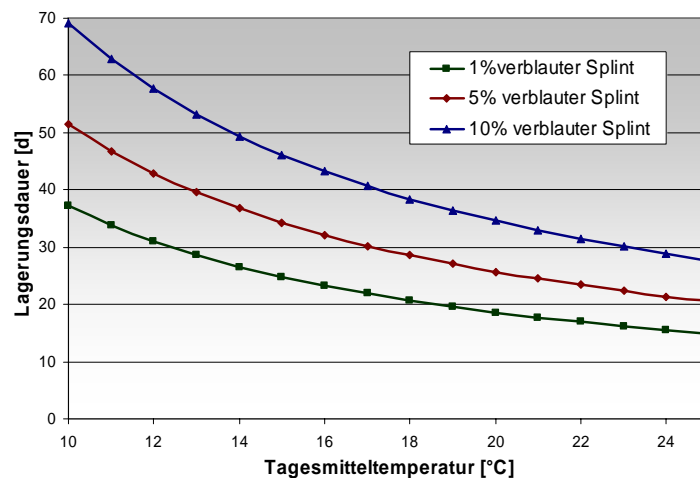


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen der durchschnittliche Tagesmitteltemperatur und der Lagerungsdauer von Fichtenrundholz bei verschiedenen Schwellenwerten der Verblauung des Splintholzes für die Sommervarianten.

Abbildung 9 stellt die Verbindung zwischen dem oben genannten Modell und aufgezeichneten Temperaturdaten eines Gebietes dar. An der roten Linie ist die jeweilige Lagerdauer bis zum Eintreten der Verblauung (gewählt mit 5 %) für den jeweiligen Erntetermin abzulesen. Für dieses Beispiel wurden Temperaturauf-

zeichnungen der Klimastation Puchberg am Schneeberg (Seehöhe 595 m) aus dem Jahr 1996 von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ausgewählt. Unterstellt sind Schwellenwerte für die Verblauung von 1 und 5 %.

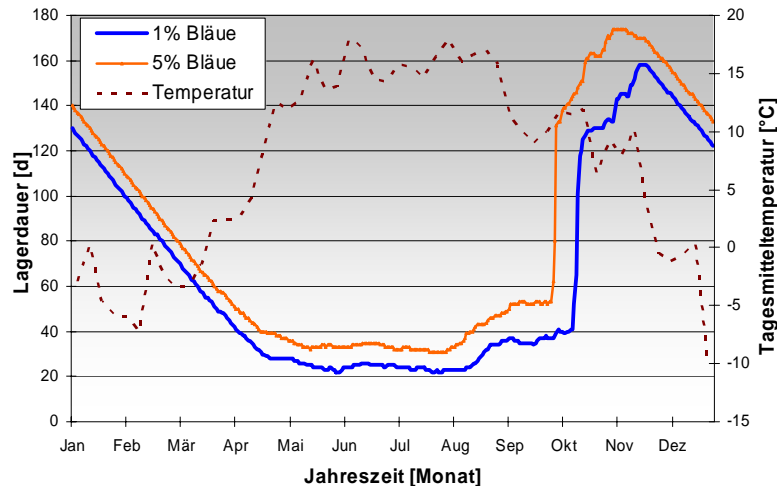


Abbildung 9: Maximale Lagerungsdauer von Fichtenrundholz in Abhängigkeit von Erntezeitpunkt und Verblauungsgrad.

5. Zusammenfassung

- In einem Lagerungsversuch wurde das Ausmaß der Verblauung von Fichtenrundholz in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt (Winter, Sommer), der Lagerungsdauer und der Übertragungsart der Bläuepilze („Käfer- und Luftbläue“), sowie das Spektrum an Bläuepilzen untersucht.
- Abhängig vom kritischen Schwellenwert für die Verblauung (1 und 5%) liegt die maximale Lagerungsdauer, in den Monaten Mai bis September, zwischen 3 und 4 Wochen.
- Für die Sommervarianten gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Verblauungsentwicklung zwischen Käfer- und Luftvarianten (Ausnahme Esterházy).
- Bei den Luft-Wintervarianten wurde der Schwellenwert von 5 % Verblauung erst nach einer Lagerdauer von 15 Wochen überschritten.
- Das Ausmaß der Verblauung ist im Sommer generell höher. Das maximale mittlere Verblauungsausmaß pro Fichtenblock liegt etwa bei 50 % der Splintholzfläche.
- Nach einer Lagerdauer von 15 Wochen wurde bei alle Varianten den Schwellenwert von 5 % überschritten.
- Das Spektrum der Bläuepilze wies in den Varianten „Käferbläue“ und Luftbläue deutliche qualitative und quantitative Unterschiede auf.
- Drei Borkenkäferarten wurden als wichtigste Überträger von Bläuepilzen identifiziert.

6. Danksagung

Dem Kooperationsabkommen FPP danke ich für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen im Rahmen des laufenden Projektes „Netzwerk Holz“.

Die Untersuchungen wurden weiters durch die Stiftung „120 Jahre Universität für Bodenkultur“ gefördert.

Den Forstbetrieben Mayr-Melnhof Salzburg, Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lockenhaus, Forstverwaltung Frankenburg, Forstverwaltung Wittgenstein und der Forstverwaltung Freiland danke ich für die Bereitstellung der Probestücke, und dem Institut für Forstschutz, Forstentomologie und Forstpathologie für die gute Zusammenarbeit.

Bei den Landesforstdirektionen Oberösterreich und Salzburg bedanke ich mich für die Unterstützung.

7. Kontaktanschrift

Dipl.- Ing. Klaus Friedl
 Peter Jordan – Straße 82
 A – 1190 Wien
 E – Mail: klaus.friedl@boku.ac.at

8. Anhang

8.1. Literaturverzeichnis

Andrae, F., 1989. Schutz von Fichten-Rundholz gegen Verblauung am Schlagort. *Holzforschung und Holzverwertung* 41 (3): 39-42.

- Butin, H., 1996. Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Diagnose – Biologie – Bekämpfung. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Deutschland, New York, USA, 261 S.
- Grubelnik, R., 1998. Untersuchungen über die Zusammensetzung der Mycoflora von *Ips typographus* auf ausgewählten Wald-Standorten in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der pathogenen Art *Ceratocystis polonica*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich, 62 S.
- Kirisits, T., 1996. Untersuchungen über die Vergesellschaftung von Bläuepilzen (*Ceratocystis/Ophiostoma* spp.) mit den rindenbrütenden Fichtenborkenkäfern *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus* und *Hylurgops glabratus* in Österreich. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich, 175 S.
- Kirisits T., 2001. Studies on the association of ophiostomatoid fungi with bark beetles in Austria with special emphasis on *Ips typographus* and *Ips cembrae* and their associated fungi *Ceratocystis polonica* and *Ceratocystis laricicola*. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich. 69 pp. + appendix (individual papers).
- Kirisits, T., Wingfield, M.J., & Redfern, D.B., 1998b. Ophiostomatoid fungi associated with the larch bark beetle *Ips cembrae* in Central Europe and in Scotland. In: Proceedings of the 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland, 9-16 August 1998, Volume 3, Abstract no. 3.7.35.
- Kirisits, T., Grubelnik, R., & Führer E., 2000. Die ökologische Bedeutung von Bläuepilzen für rindenbrütende Borkenkäfer. In: Müller F., Hrsg. Mariabrunner Waldbautage 1999 – Umbau sekundärer Nadelwälder. FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Wien, Österreich, ISSN 1013-0713, 2000, 111: 117-137.
- Kirschner, R., 1998. Diversität mit Borkenkäfern assoziierter filamentöser Mikropilze. Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Fakultät für Biologie, Tübingen, Deutschland, 573 S.
- Lin, S., 2003: Untersuchungen über den *Ophiostoma piceae*-Artenkomplex in Österreich. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, 74 S.
- Krokene, P., & Solheim, H., 1996. Fungal associates of five bark beetles species colonizing Norway spruce. Canadian Journal of Forest Research 26: 2115-2122.
- Krokene, P., & Solheim, H., 1998. Pathogenicity of four blue-stain fungi associated with aggressive and nonaggressive bark beetles. Phytopathology 88: 39-44.
- Mathiesen, A., 1950. Über einige mit Borkenkäfern assoziierte Bläuepilze in Schweden. Oikos 2: 275-308.
- Millonig, R., 1984. Bläueschutz für sägefrisches Schnittholz. Säger-Information, Februar 1984: 1-2.
- Münch, E., 1907. Die Blaufäule des Nadelholzes. I-II. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft 5: 531-573.
- Münch, E., 1908. Die Blaufäule des Nadelholzes. III-VII. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft 6: 32-47, 297-323.
- Neumüller, A., & Brandstätter, M., 1994. Verblauung von Stammholz. Ursachen – Vorbeugung – Schutzmaßnahmen. Eine Literaturübersicht. Holzforschung und Holzverwertung Nr. 4/1995: 68-72.
- Pechmann, H. von, & Wutz, A., 1963. Untersuchungen über Bläuebefall und Möglichkeiten der Bläueverhütung an lagerndem Kiefernstammholz. Forstwissenschaftliches Centralblatt 82: 129-138.
- Pechmann, H. von, Graessle, E., & Wutz, A., 1966. Untersuchungen über Bläuepilze an Kiefernholz. Forstwissenschaftliches Centralblatt 83: 290-314.
- Seifert, K.A., 1993. Sapstain of commercial lumber by species of *Ophiostoma* and *Ceratocystis*. In: Wingfield, M.J., Seifert, K.A., & Webber, J.F., eds. *Ophiostoma* and *Ceratocystis*: Taxonomy, Ecology, and Pathogenicity. APS Press, The American Phytopathological Society, St.Paul, Minnesota, USA, p. 141-151.
- Solheim, H., 1992. Fungal succession in sapwood of Norway spruce infested by the bark beetle *Ips typographus*. European Journal of Forest Pathology 22: 136-148.
- Uzunovic, A., Yang, D.-Q., Gagné, P., Breuil, C., Bernier, L., Byrne, A., Gignac, M., & Kim, S.H., 1999. Fungi that cause sap stain in Canadian softwoods. Canadian Journal of Microbiology 45: 914-922.
- Wingfield, M., Seifert, K.A., & Webber, J.F., eds., 1993. *Ophiostoma* and *Ceratocystis*: Taxonomy, Biology and Pathology. APS Press, The American Phytopathological Society, St.Paul, Minnesota, 293 pp.