

# StainMap

Vorhersage des Bläuebefalls von Holz durch kombinierte Mapping-Verfahren

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IWI 24/26, IWI 24/26, Basisprogramm Ausschreibung 2024	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.03.2024	<b>Projektende</b>	31.12.2024
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	10 Monate
<b>Keywords</b>			

## Projektbeschreibung

Durch seine vielfältigen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten ist Holz einer der wichtigsten Rohstoffe Österreichs. Ein Nachteil des Holzes ist jedoch seine Anfälligkeit gegenüber Mikroorganismen. Dies erfordert von der Fällung des Baumes bis zur Endanwendung des fertigen Produktes entsprechende Schutzmaßnahmen.

Das Ziel des Projektes ist die Vorhersage der Wahrscheinlichkeit zur Verblauung von frischem Schnittholz, basierend auf definierten Parametern. Dies hat zur Folge, dass Holzschutzmittelkonzentrationen bzw. die Wirkstoffzusammensetzung spezifisch auf den Bedarf des jeweiligen Holzes angepasst werden können.

Die chemischen- und mikroskopischen Informationen, die anhand der angewandten Methoden erhalten werden, werden in einer gemeinsamen Datenstruktur („Hypercube“) kombiniert und eine statistische Analyse durchgeführt, um eine Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Nährstoffangebot, strukturellen Eigenschaften des Holzes und Pilzwachstum herzustellen. Bei diesem neuartigen und innovativen Verfahren, das auch unter dem Fachbegriff Hyperspectral Imaging bekannt ist, werden die Analyseergebnisse von mehreren Mapping-Verfahren (z.B. Raman, EDX, CLSM, ...) mit der Abbildung einer Oberfläche (z.B. eines REM-Bildes) kombiniert. Anhand statistischer Verfahren kann dadurch ein Zusammenhang zwischen chemischer und struktureller Information der Holzoberfläche, synergistischer Wirkung anderer Mikroorganismen und Verblauungsneigung des Holzes hergestellt werden.

Mit dem angestrebten Forschungsprojekt leistet die HFA Vorarbeiten für die Vision, einen Scanner für Vorhersagen der Bläueausbildung in Sägewerken zu entwickeln. Dieser soll in der Lage sein mit maschinellem Lernen das gescannte Holz je nach Befall einer entsprechenden Schutzmittelkonzentration/Wirkstoffzusammensetzung zuzuweisen. Dadurch kann das Holz durch Optimierung des Werkstoffeinsatzes besser vor Bläuebefall und damit vor einem Wertverfall geschützt werden.

## Endberichtkurzfassung

Übergeordnetes Ziel des Projektes ist, die Vorhersage der Wahrscheinlichkeit zur Verblauung von frischem Schnittholz, basierend auf definierten Parametern, zu treffen.

Über die experimentellen Laboruntersuchungen wurden im Projektverlauf folgende Teilhypothesen formuliert:

Verstärktes Wachstum von Bläuepilzen bei erhöhtem Angebot von Zucker, Harz- und Fettsäuren  
Die frisch eingeschnittenen Bretter weisen bereits eine Vorbesiedelung mit Hefepilzen auf  
Verstärktes Wachstum von Bläuepilzen nach einer Vorbesiedelung mit Hefepilzen an Holzoberflächen

Diese Hypothesen konnten mit den durchgeführten Versuchen bestätigt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden entsprechend Adaptionen der eingesetzten Referenzen und Holzschutzmittel durchgeführt. Diese adaptierten Holzschutzmittel wurden im Projektverlauf zunächst erfolgreich in Laborversuchen auf ihre Wirksamkeit hin untersucht, anschließend in zwei aufeinanderfolgenden Jahren im Freiland untersucht. Mit diesen Experimenten erfolgte eine Validierung der festgelegten Nutzungsziele.

Im 4. Forschungsjahr lag der Fokus auf der spektroskopischen Analyse der Bläueanfälligkeit von Schnittholz. Punktuelle Untersuchungen von Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung erfolgten unter Verwendung eines FT-IR Spektrometers im mittleren Infrarotbereich (MIR). Hier konnte gezielt an ausgewählten Bereichen der Abbau spezifischer Nährstoffgruppen (Fette, Glukose) durch Pilze untersucht werden. Die gezielte Nutzung dieser Nährstoffe durch Bläuepilze ließ sich somit eindeutig nachweisen.

Eine großflächige chemische Charakterisierung von sägerauem Schnittholz wurde durch die Verwendung eines NIR-Hyperspectral-Imaging-Systems ermöglicht. Die NIR-Hyperspektralaufnahmen zeigten, dass Bereiche mit später starker Bläueentwicklung bereits zu Beginn der Versuchsreihe höhere Absorptionswerte bei bestimmten Wellenlängenbereichen aufwiesen. Während der Pilzentwicklung zeigten diese Spektren Veränderungen dieser Absorptionswerte in diesen Wellenlängenbereichen und weist daraufhin, dass diese Parameter als Marker für eine frühzeitige Bläueprognose genutzt werden können.

Wie bereits erwähnt lag der Fokus auf den spektroskopischen Methoden und hier im speziellen auf die Darstellung bzw. der Beweisführung/Validierung der bisherigen Forschungsergebnisse und der bisher formulierten Teilhypothesen. Dies erfolgte über die Integration dieser spektroskopischen Methoden in einen multidimensionalen Hypercube. Dies verspricht eine präzisere Vorhersage der Bläueanfälligkeit.

Die Verknüpfung von Nahinfrarot-(NIR), Mittelinfrarot-(MIR) und Raman-Daten in einem gemeinsamen multidimensionalen Hypercube ermöglicht sowohl großflächige chemische Karten als auch mikroskopisch aufgelöste Detailanalysen. Eine besondere Herausforderung war dabei die Zusammenführung unterschiedlich aufgelöster Datensätze. Ein ROI-basierter Ansatz (Region of Interest) hilft, relevante Holzbereiche zu markieren und fokussiert auszuwerten, um beispielsweise „Hotspots“ für Bläuebefall frühzeitig zu erkennen. Damit ist es gelungen, wesentliche Grundlagen für die Prognose von künftigen Verblauungen zu legen.

Die bisherigen Untersuchungen deuten darauf hin, dass bestimmte chemische Signaturen eine spätere Infektion bereits vor den sichtbaren Anzeichen andeuten können. Der in diesem Projekt generierte Daten-Cube, der auf den Ergebnissen und auf den formulierten Hypothesen bezüglich der Parameter des Bläuewachstums basiert, stellt einen wichtigen Grundstein für die Entwicklung neuer Ansätze im Bereich des Holzschutzes dar. Es bedarf allerdings noch weiterführender Forschungsarbeit, um weitere Ergebnisse in eine voll integrierte Plattform zu überführen. Im Rahmen dieses Projektes wurden bereits auch

dafür Ergebnisse generiert und HFA-intern eine Basis für eine Datenbank geschaffen.

Weiters wurden Erfahrungen gesammelt und Erkenntnisse darüber gewonnen, welche technische Spezifikationen für ein Hyperspectral Imaging System erforderlich ist, das speziell für die praktische Umsetzung der Erkenntnisse des Projekts im Sägewerk entwickelt werden könnte.

Es ist davon auszugehen, dass sich durch die Zusammenführung sämtlicher Informationen in einem multidimensionalen Ansatz Vorhersagen zur Bläueanfälligkeit verfeinern lassen und ressourcenschonende Schutzstrategien entwickelt werden können. Zusätzliche molekularbiologische Parameter können die Aussagekraft weiter erhöhen und so einen substantziellen Beitrag zur nachhaltigen Holz- und Forstwirtschaft leisten.

## **Projektpartner**

- Holzforschung Austria - Österreichische Gesellschaft für Holzforschung