



GFH FREIBURG

Gesellschaft zur Förderung der forst- und holzwirtschaftlichen Forschung an der Universität Freiburg im Breisgau e.V.



Informationen

aus Forschung und Lehre

Nr. 32 – 1/2018

Sehr geehrte Mitglieder,

das Jahr 2017 ist stürmisch zu Ende gegangen und das neue Jahr 2018 hat uns gleich am Anfang mit den Sturmtiefs „Burglind“ und „Friederike“ heftige Unwetter mit zum Teil großen Sturmschäden beschert. Ist dies ein Zeichen für das neue Jahr, dass wir turbulenten Entwicklungen entgegensehen oder hat auch die Forst- und Holzwirtschaft damit schon das Schlimmste hinter sich? Vieles hat sich positiv entwickelt, auch wenn der Waldzustand immer wieder Anlass zur Besorgnis gibt. Die weltweiten Klimaveränderungen sind ja nicht zuletzt durch eine Zunahme von extremen Ereignissen gekennzeichnet, die wir auch hier in Mitteleuropa zunehmend spüren. Nach der ungewöhnlichen Herbsttrockenheit des Jahres 2016 war auch der Herbst 2017 sehr trocken und man wird gespannt sein können, wie sich dies auf die Vitalität der Bäume auswirkt. Unglücklicherweise waren jetzt nach hohen Niederschlags- und Schmelzereignissen im Winter wiederum die Böden so aufgeweicht, dass es bei den Sturmschäden vor allem zu Entwurzelungen in den nassen Böden kam, welche den Wurzeln nicht mehr genug Halt boten.

Nachdem die Forst- und Holzbranche schon viele negative Entwicklungen überwunden hat, sehen wir auch in diesem Jahr eher positiv in die Zukunft. Insgesamt boomt die wirtschaftliche Konjunktur in Deutschland. Eine Rekordmeldung löst die andere ab und gerade der Bausektor, als einer der Hauptabnehmer von Holzprodukten, ist weiterhin außerordentlich dynamisch. Hier stehen natürlich auch zwei Interessen in einem gewissen Widerspruch: Hinsichtlich der Nutzung sieht man mit Sorge den mittelfristigen Rückgang der Nadelholz-Produktion, während der Laubholzanteil steigt, was aus ökologischer Sicht wiederum wünschenswert ist.

Auch für unsere Fakultät war 2017 in gewisser Weise ein stürmisches Jahr mit einigen Veränderungen, insbesondere dem überraschenden Weggang von Prof. Dr. Dirk Jaeger nach Göttingen. Damit ist die Professur für Forstliche Verfahrenstechnik seit der Mitte des letzten Jahres vakant; das Nachfolgeverfahren läuft jedoch schon und im Februar werden die Bewerbungsvorträge für die Nachfolge stattfinden.

Auf der turnusmäßigen Mitgliederversammlung der GFH am 25. Januar 2018 mit Neuwahlen von Vorstand und Kuratorium wird es sicher auch einige Änderungen geben, jedoch werden diese hoffentlich nicht stürmisch verlaufen. Einige langjährige Mitglieder des Vorstands und des Kuratoriums scheiden aus Altersgründen aus und neue Gesichter werden nachrücken.

Sie als GFH-Mitglieder können durch Ihre Mitgliedschaft wie stets durch fachliche Anfragen und Impulse mit dafür sorgen, dass die GFH auch weiterhin interessante Zukunftsfragen

der Forst- und Holzwirtschaft mit einem begrenzten, oftmals aber entscheidenden Beitrag unterstützen kann.

In diesem Sinne wünschen wir Ihnen ein gutes und erfolgreiches Jahr 2018!

Prof. Dr. Siegfried Fink
(geschäftsführender Vorstand)

Dr. Thomas Fillbrandt
(Geschäftsführer)

Die GFH Freiburg ist ein eingetragener, gemeinnütziger Verein, der die Wissenschaft und die forst- und holzwirtschaftliche Forschung an der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen unterstützt. Dies soll gemäß Satzung insbesondere dadurch erreicht werden, dass Professuren und deren wissenschaftlichen Mitarbeitern finanzielle Beihilfen für kleinere Projekte gewährt sowie Kurse, Tagungen, wissenschaftliche Kolloquien und weitere Veranstaltungen bildender Art durchgeführt werden.

Vorstand

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Vorsitzender
Stellvertreter | Maximilian Erbgraf zu Königsegg-Aulendorf
Peter Wälde |
| 2. Vorsitzender
Stellvertreter | Otto Bruder
Ludwig Jäger |
| 3. Vorsitzender
Stellvertreterin | Prof. Dr. Siegfried Fink
Prof. Dr. Daniela Kleinschmit |

Kuratorium

Rolf Goldschmidt, Walter Ohnemus, Otmar Ritter, Prof. Konstantin von Teuffel

Herausgeber Prof. Dr. Siegfried Fink, Dr. Thomas Fillbrandt

Redaktion Dr. Thomas Fillbrandt

Anschrift GFH Freiburg
c/o Professur für Forstliche Verfahrenstechnik
Werthmannstraße 6, 79098 Freiburg
gfh@fobawi.uni-freiburg.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	1
Vorstand und Kuratorium der GFH, Impressum	2
Aus Forschung und Lehre	
Professur für Bodenökologie	Schack-Kirchner, H. Nährstoffakkumulation in Reisigmatten auf der Rückegasse: Gefährdung der Nährstoffnachhaltigkeit? 3
Professur für Waldbau	Pyttel, P.; Kunz, J.; Bauhus, J. Zum Wachstum der vegetativen Verjüngung der Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>) 7
Professur für Forstl. Biomaterialien	Winter, H. Gewinnung von Pektinen aus Buchenrinde für die Lebensmittelindustrie 10
Professur für Forstl. Verfahrenstechnik	Paczkowski, S. Sensorgestützte Optimierung der Eichenholz Trocknung 12
GFH-Veranstaltungen und Termine	38. Freiburger Winterkolloquium „Forst und Holz“ 15

Aus Forschung und Lehre

Professur für Bodenökologie

Nährstoffakkumulation in Reisigmatten auf der Rückegasse: Gefährdung der Nährstoffnachhaltigkeit?

Die Erhaltung der Standortqualität ist ein wichtiges Kriterium nachhaltiger Forstwirtschaft. Zeitgemäße hochmechanisierte Verfahren gewährleisten den physikalischen Bodenschutz auf 80 bis 90 % der Bestandesfläche durch das Konzept permanenter Rückegassen: Kran-Vollernter fällen die Bäume kontrolliert, die Vorlieferung erfolgt bodenschonend, sie werden auf der Rückegasse gezopft und entastet. Ast- und Kronenmaterial wird auf der Rückegasse abgelegt und kann in vielen Fällen als Reisigmatte die Tragfähigkeit der Rückegasse für die nachfolgende Rückung mit den schweren Tragschleppern verbessern.

Abb. 1: Dicke Reisigmatte aus selektiver Endnutzung mit Raupen-Kranharvester. (Foto: H. Schack-Kirchner)



Nicht nur jahrzehntelange saure Deposition, sondern auch hohe Nachfrage nach energetisch verwertbarem Ast- und Kronenmaterial stellen insbesondere auf ärmeren Standorten zunehmend die Nährstoffnachhaltigkeit in Frage: Die Nährstoffgehalte pro Masse sind bei Feinreisig und Nadeln gegenüber dem Stammholz viel höher. Entnimmt man dieses Material, unterbricht man Nährstoffkreisläufe und entzieht dem Standort dabei essentielles Phosphor, Magnesium, Kalium und Kalzium. Wird nun bei der mechanisierten Holzernte das Kronen- und Astmaterial auf 10-20 % der Fläche in Reisigmatten konzentriert und über das Bestandesleben akkumuliert, kann dies wie ein Biomasse-Export wirken. So bewerten einzelne Nährstoffmodelle das in der Reisigmatte angehäufte Material wie eine Vollbaumernte, andere Bilanzierungsansätze berücksichtigen die Biomasseumverteilung hingegen gar nicht. Grundsätzlich gibt es drei im Hinblick auf die Nährstoffnachhaltigkeit sehr unterschiedliche Möglichkeiten des Verbleibs für die in der Reisigmatte enthaltenen Nährstoffe:

- Rückführung in den Bestandeskreislauf z.B. durch Wurzelaufnahme
- Langfristige Akkumulation auf der Gasse
- Verlust durch Oberflächenabfluss oder Auswaschung

Überwiegt die erste Alternative, wären die Reisigmatten eine mittel- bis langfristig verfügbare Nährstoffquelle. Überwiegt die dritte Alternative mit einem Nettoexport aus dem System, müsste man die Reisigkonzentration auf der Rückegasse unter dem Aspekt des Nährstoffhaushaltes kritisch hinterfragen. Wahrscheinlich steht die Wirkung der Reisigmatte, wie in Abbildung 2 symbolisiert, irgendwo zwischen diesen Extremen, konkrete Studien zu diesem Thema gibt bisher jedoch kaum. Eine in der internationalen wissenschaftlichen Literatur diskutierte Praxis mit möglicherweise ähnlichen Auswirkungen ist das Zusammenschieben von Schlagabraum in Reisigwällen zur Kulturvorbereitung. Die Ergebnisse zum Nährstoffverbleib sind jedoch auch hier widersprüchlich. Als Voraussetzung zur Ableitung von Handlungsempfehlungen haben wir daher in zwei beispielhaften Waldbeständen versucht, Anreicherung und Verbleib von Nährstoffen auf Rückegassen zu bilanzieren.

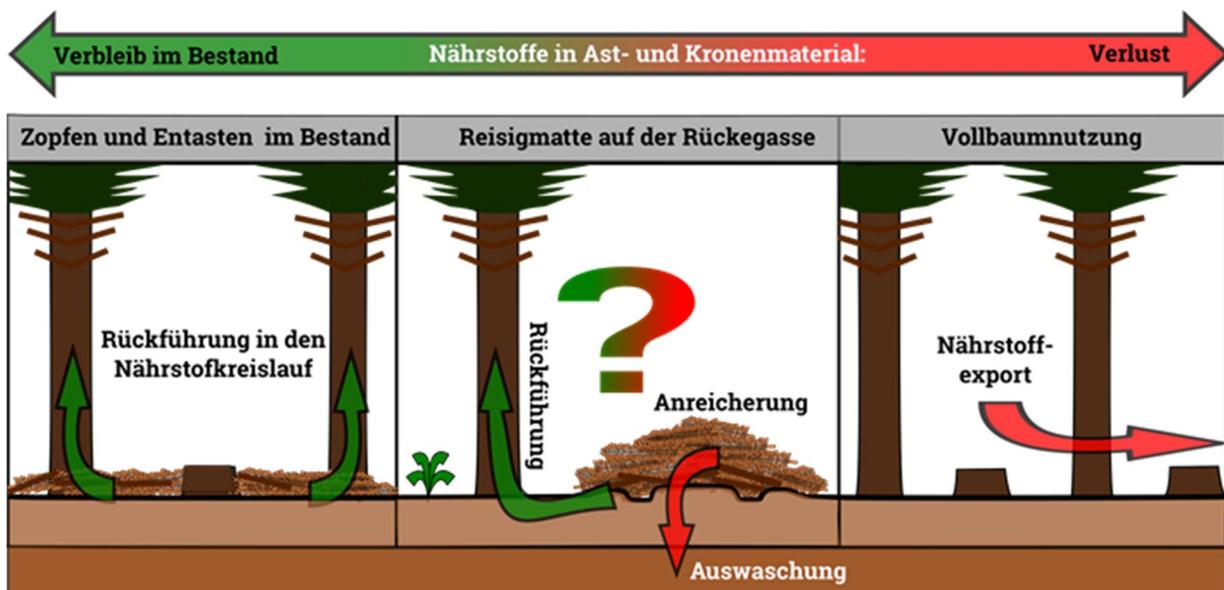


Abb. 2: Auswirkungen von Holzerntekonzepten auf den Nährstoffhaushalt. Stehen die Nährstoffe in der Reisigmatte weiter zur Bestandesernährung zur Verfügung?

In der ersten Fallstudie wurde ein ca. 30 Jahre alter Tannenbestand im Gemeindewald Ebringen auf dem Schönberg bei Freiburg untersucht. Der Bodentyp ist eine Pseudogley-Parabraunerde aus Lösslehm mit tonig-schluffiger Bodenart. Die Beprobung erfolgte im Jahre 2014, fünf Jahre nach der Erstdurchforstung, bei der auch die Rückegassen angelegt wurden. Außerdem wurde ein ca. 50-jähriger Fichtenbestand der Spitalstiftung Riedlingen auf Altmoräne am Bussen in Oberschwaben untersucht. Der Bodentyp dort ist eine Parabraunerde mit der Bodenart schluffiger Lehm. Hier erfolgte die Beprobung im Jahre 2015. Die Rückegassen wurden 1996 angelegt. Die Reisigakkumulation auf der Rückegasse erfolgte im Rahmen von vier Durchforstungen, zuletzt im Jahre 2011.

An beiden Standorten wurden die auf der Rückegasse akkumulierten Nährstoffe mit vergleichsweise aufwändigen Biomassekompartimentierungen von Stichprobenbäumen und anhand der Wurzelstöcke der vergangenen Durchforstungen rekonstruiert. Im Fichtenbestand wurden darüber hinaus Nadelanalysen an 51 Bäumen mit unterschiedlichen Abständen zur Rückegasse durchgeführt. Bodenvorräte von Nährelementen wurden anhand von

Quertransekten vom Mittelwulst der Fahrspur über Fahrgleise und Randbereiche bis zur Abwärtsrückscheide in der organischen Auflage und im Mineralboden bis 40 cm ermittelt. Insgesamt wurden über 1.500 Pflanzen- und Bodenproben analysiert.

Die Ergebnisse zur Umverteilung von Biomasse und Nährstoffen finden sich in Tabelle 1. Der weit überwiegende Anteil der geernteten Biomasse gehört zum Derbholz. Die Nährstoffe verteilen sich aber sehr unterschiedlich auf die Biomassekompartimente. Der größte Teil des Kalziums befindet sich im Derbholz mit Rinde. Beim Phosphor ist hingegen nur ein gutes Drittel dort festgelegt, eine ebenso große Menge findet sich in den weniger als 10% Biomassenanteil der Nadeln. Diese unterschiedliche Verteilung führt dazu, dass 60 % des Phosphors der geernteten Biomasse auf der Rückegasse landen. Die Grundlage der Verbleibsanalyse für die Nährstoffe im Boden ist die letzte Spalte der Tabelle. Es sind die Nährstoffmengen, die im Rahmen der Durchforstung im Bereich der Rückegasse angereichert wurden.

Tabelle 1: Anreicherung von Biomasse und Nährstoffen auf der Rückegasse							
	geerntete Masse kg/ha	Massenanteile Biomassekompartimente (%)			Massenanteile (%)*		akkumulierte Masse auf Rückegasse g / m ²
		Derbholz mit Rinde	Äste < 7cm	Nadeln	Rückegasse	exportiert	
Gemeindewald Ebringen, Baumart Tanne							
Biomasse	95.660	75	17	8	31	64	11 800
Kalzium	320	42	27	32	60	34	79
Kalium	228	56	24	21	48	47	45
Magnesium	32	45	24	32	57	38	7
Phosphor	28	40	31	29	60	34	7
Spitalstiftung Riedlingen, Baumart Fichte							
Biomasse	187.430	83	10	7	16	80	13 400
Kalzium	472	63	17	20	35	61	73
Kalium	219	53	20	27	44	52	43
Magnesium	56	57	20	23	41	55	10
Phosphor	82	36	29	35	61	35	11

*Der hier zu 100 % fehlende Anteil repräsentiert die im Bestand verbliebene Masse z.B. durch Rieserverluste, Kronenbruch und den oberirdischen Teil der Wurzelstöcke.

Welche Anteile dieser Nährstoffe konnten wir in der Rückegasse noch wiederfinden? Hierzu haben wir zunächst die Nährstoffvorräte pro Fläche auf der Rückegasse mit denen im Bestand verglichen.

Am Tannenstandort im Gemeindewald Ebringen waren die Nährstoffe, insbesondere auch in leichter verfügbaren Formen (Zitronensäurelösliches Phosphor, austauschbares Magnesium, Kalzium etc.) in der organischen Auflage deutlich angereichert. Die vorgefundenen Vorräte entsprachen aber z.B. beim Phosphor nur etwa einem Drittel dessen, was mit dem Reisig eingebracht worden war. Im Mineralboden gab es keinerlei Anzeichen für eine Zunahme der Phosphormengen. Der Verbleib von zwei Drittel war damit zunächst unklar, oberflächliche Erosion und auch Versickerung konnte aufgrund der Bodeneigenschaften weitestgehend ausgeschlossen werden.

Dafür konnten wir aber in der organischen Auflage nicht nur eine sehr deutliche Erhöhung der Wurzelmasse beobachten, sondern auch eine Erhöhung der Wurzeldichte pro Volumen der organischen Auflage. Offensichtlich haben die Tannen gezielt die organische Auflage mit ihren Wurzeln erschlossen und die dort verfügbaren Nährstoffe genutzt. An diesem Standort spricht alles dafür, dass die akkumulierten Nährstoffe in den Bestand zurückgeführt werden.

Am Fichtenstandort in Oberschwaben konnten je nach Nährelement ein Drittel bis zwei Drittel der in der Reisigmatte akkumulierten Massen im organischen Material wiedergefunden werden. Im Gegensatz zum Tannenbestand war der zu 100 % fehlende Anteil im Mineralboden bis 20 cm Tiefe angereichert.

Auf der Basis der Massenbilanz konnten wir sowohl einen Austrag aus dem System als auch eine Rückführung in den lebenden Bestand weitgehend ausschließen. Auch die Nadelanalysen an 51 Bäumen mit unterschiedlichem Abstand zur Rückegasse zeigten keinerlei Tendenz einer verbesserten Nährelementversorgung der Rückegassenrandbäume.

Dieses Ergebnis überrascht insofern, als der Nährelementstatus der 51 Bäume zumindest im Falle von Phosphor und Kalium überwiegend

im (symptomfreien) Mangelbereich lag, hingegen die Durchwurzelung in der Rückegasse weder in der organischen Auflage noch im Mineralboden deutlich vermindert war. Die Bäume hätten die Nährstoffe daher durchaus aufnehmen können.

Warum sie es nicht getan haben, obwohl die angereicherten Mengen typischen Düngergaben entsprechen, ist nicht ganz klar. Mögliche Erklärungsansätze reichen im Moment nicht aus, um konkrete Handlungsempfehlungen abzugeben.

Als Fazit können wir festhalten, dass der Verbleib der in Reisigmatten angereicherten Nährstoffe standort- und baumartenspezifisch beurteilt werden muss. Dabei ist die Rückführung in den Nährstoffkreislauf eine Möglichkeit, aber auch die langfristige Anreicherung und auf durchlässigen Standorten sogar auch der Nettoverlust müssen als Szenarien in Betracht gezogen werden. Aus der Sicht der Waldernährungsforschung besteht hier eindeutig noch Forschungsbedarf.

Autoren

Helmer Schack-Kirchner¹, Kenton Stutz¹,
Gerald Kändler², Friederike Lang¹

¹ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,
Professur für Bodenökologie

² FVA Baden-Württemberg, Abteilung
Biometrie und Informatik

Der Artikel ist zuerst erschienen im „Waldwirt“
6/2017 der Forstkammer Baden-Württemberg.

Das Projekt wurde gefördert mit Mitteln der GFH (Gesellschaft zur Förderung der forst- und holzwirtschaftlichen Forschung an der Universität Freiburg e.V.) sowie des Ministeriums für ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Landes Baden-Württemberg.

Zum Wachstum der vegetativen Verjüngung der Elsbeere (*Sorbus torminalis*)

Freiburger Beiträge zur Elsbeerforschung

Von Patrick Pyttel, Jörg Kunz, Jürgen Bauhus

Die vegetative Verjüngung durch Wurzelbrut ist bei einigen mitteleuropäischen Baumarten eine wichtige Vermehrungsstrategie. Hierbei entstehen in flach streichenden Wurzeln neue Triebe, die sich zu Bäumen entwickeln. Für viele Baumarten mit der Fähigkeit zur Ausbildung von Wurzelbrut, insbesondere für die Arten der Gattung *Sorbus*, sind die an ihrer Entstehung beteiligten Faktoren kaum bekannt. Ebenso unklar ist die Persistenz der Wurzelbrut insbesondere bei anhaltendem Stress durch z.B. Wildverbiss und starker Beschattung.

Ziel unserer Untersuchung ist es, die Dauerhaftigkeit und das Wachstum der vegetativen Elsbeer-Verjüngung in Folge von Niederwaldhieben zu beschreiben. Dafür wurden insbesondere die Etablierungsdynamik, das Höhen- und Dickenwachstum sowie die qualitative Entwicklung der Elsbeer-Verjüngung empirisch über sieben Jahre hinweg dokumentiert. Das Hauptziel dieser Untersuchung liegt in der Formulierung waldbaulicher Handlungsempfehlungen, die die Verjüngung der lokal gefährdeten Baumart fördern. Dafür wurden in Untersuchungsbeständen nahe der Gemeinde Baumholder (Rheinland-Pfalz) 2 m breite, hangparallel verlaufende Transekte eingemessen. Innerhalb der Transekte wurden sämtliche oberirdisch sichtbaren Wurzeltriebe (< 1,3 m) der Elsbeere identifiziert, ausgegraben und letztlich von der Mutterwurzel getrennt. Zur Altersbestimmung der Elsbeer-Wurzelbrut wurden so nahezu 50 aus Wurzelbrut entstandene Triebe gewonnen. Die Altersbestimmung war nur mithilfe histologischer Arbeitstechniken möglich, denn die für die Darstellung der Persistenz notwendigen Jahrringzählungen waren makroskopisch nicht durchführbar (Abbildung 1).

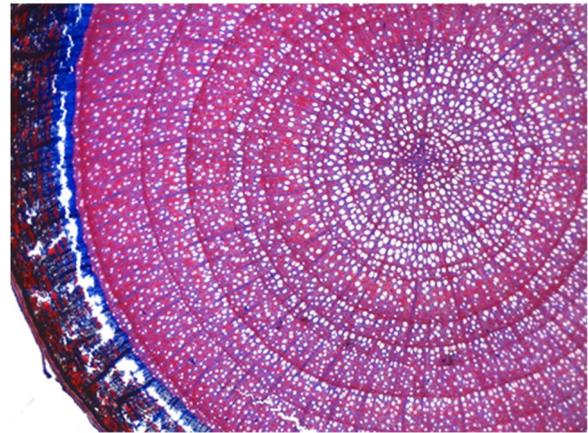


Abb. 1: Radialschnitte durch den Ursprungspunkt von Wurzelsprossen der Elsbeere. Abrupte Übergänge zwischen roten (Spätholz) und blauen Bereichen (Frühholz) kennzeichnen Jahrringgrenzen.

Auf einer weiteren 0,42 ha großen, gezäunten Versuchsfläche wurden zwischen Herbst 2009 und der letzten Inventur im Herbst 2015, Aufkommen und Wachstum der Elsbeer-Verjüngung infolge des Niederwaldhiebs im Winter 2008/2009 untersucht. Hierfür wurden auf der ganzen Fläche alle Elsbeeren (< 1,3 m) erfasst. Jede einzelne Pflanze wurde dauerhaft markiert und mit einer Identifikationsnummer versehen. Zudem wurde bestimmt, ob es sich bei den jungen Pflanzen um Wurzelbrut, Stockausschläge oder Sämlinge handelt. Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg wurde jährlich der Wurzelhalsdurchmesser (bei Wurzelbrut und Sämlingen) bzw. bei Stockausschlag der Durchmesser (unmittelbar über dem Ursprungspunkt) und die Höhe jedes einzelnen bereits markierten und neu entstandenen Triebs vermessen.

Die Jahrringanalyse ergab eine sehr heterogene Altersverteilung der Wurzelbrut. Einige Sprosse wiesen ein Alter von wenigen Jahren auf, während bei Individuen mit sehr geringen Dimensionen (Wurzelhalsdurchmesser 10 mm) Alter von mehr als 22 Jahren festgestellt werden konnten. Die festgestellte Altersspanne belegt, dass einmal gebildete Wurzelsprossen sehr lange ohne nennenswerte Zuwächse unter einem geschlossenen Kronendach und bei hohem Verbissdruck überdauern. Unsere Ergebnisse zeigen zudem, dass Mutterbäume fortwährend neue Wurzelsprossen bilden.

In den ersten Jahren nach dem Niederwaldhieb konnte ein deutlicher Anstieg der Elsbeer-Verjüngung beobachtet werden. Generative Verjüngung wurde über den gesamten Beobachtungszeitraum auf der gesamten Fläche nicht festgestellt. Die Anzahl der vegetativ entstandenen Jungwüchse betrug zu Beginn des Beobachtungszeitraums im Jahr 2009 insgesamt 152 Individuen. In den beiden folgenden Jahren etablierten sich jeweils ungefähr 280 neue Elsbeeren, wobei diese zu 85 % aus Wurzelbrut entstanden. Dies entspricht einer Zunahme von über 350 % innerhalb von zwei Vegetationsperioden, was zu einem Maximum von

knapp 1.270 Jungwüchsen pro Hektar im Jahr 2011 führte. Seit dem Jahr 2012 nahm die Anzahl an sich etablierter Verjüngung deutlich ab. Besonders deutlich zeigte sich dies bei den Stockausschlägen, wo in den letzten vier Beobachtungsjahren nur 5 neue Individuen zum Gesamtkollektiv hinzugefügt werden konnten. Auch die Anzahl neu entstandener Wurzelsprosse nahm deutlich ab und erreichte mit 4 neuen Individuen im Jahr 2015 ihren geringsten Wert. Dementsprechend sank auch die Anzahl der generativen Verjüngung pro Hektar auf zuletzt 940 Stück (Abbildung 2).

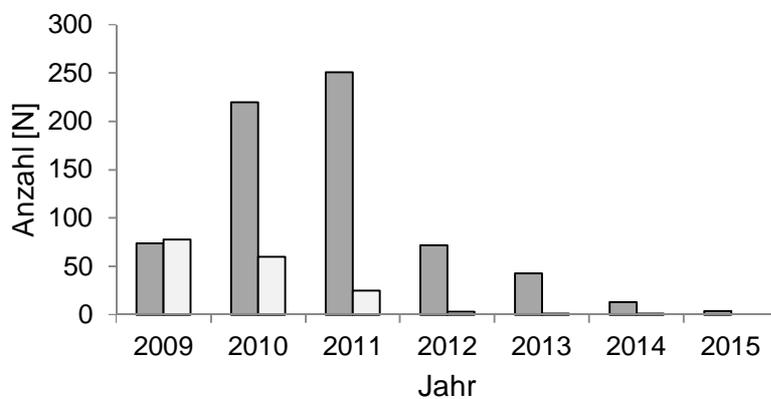


Abb. 2:
Häufigkeit der sich im ersten Jahr (2009) bis zum siebten Jahr (2015) nach Niederwaldhieb etablierten vegetativen Verjüngung der Elsbeere.
Aufgenommene Fläche 0,42 ha.
Wurzelbrut (dunkle Balken) N= 677;
Stockausschlag (helle Balken) N=168.

Die jährlichen Höhenmessungen der vegetativen Elsbeer-Verjüngung belegen ein langsames, aber stetiges Höhenwachstum von durchschnittlich 25 bis 30 cm pro Jahr (Abb. 3). Insgesamt lag die Höhenentwicklung der Stockausschläge über dem der Wurzelbrut. Die größten einzelnen Individuen erreichten am Ende des Beobachtungszeitraums im Jahr

2015 maximale Höhen von 380 cm (Wurzelbrut), bzw. 430 cm (Stockausschlag). Der jährliche Dickenzuwachs der vegetativen Verjüngung lag im Durchschnitt bei etwa 2 mm, wobei auch hier die Stockausschläge ein etwas schnelleres Dickenwachstum zeigten als die Wurzelbrut.

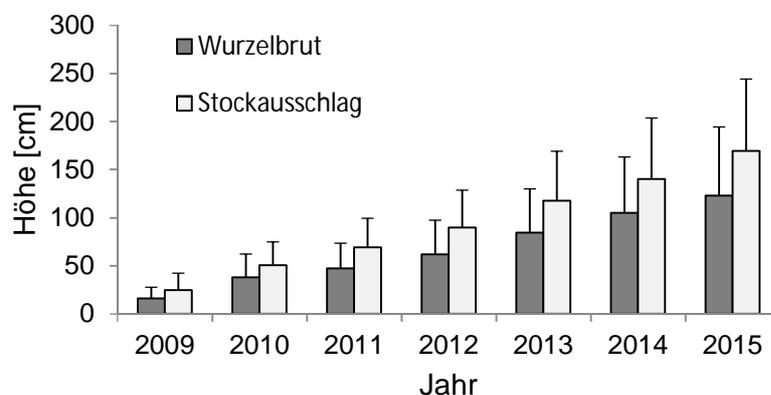


Abb. 3:
Durchschnittliche Höhen der vegetativen Elsbeer-Verjüngung nach Niederwaldhieb.
Fehlerbalken geben die Standardabweichung an. 2009 beinhaltet ausschließlich Werte von Jungwüchsen, die in diesem Jahr entstanden.
Wurzelbrut N= 677,
Stockausschlag N= 168.

Unsere Jahrringanalysen ergaben, dass Elsbeer-Wurzelbrut über erstaunlich lange Zeiträume im Schatten der Altbäume überdauern kann. Nicht wenige der untersuchten Wurzelsprosse wiesen ein Alter von weit über 20 Jahren auf. Die Assimilatversorgung durch den Mutterbaum erlaubt es einmal angelegten Wurzelsprossen auch bei starker Beschattung und anhaltend hohem Verbissdruck zu überleben. Wiederholter Verbiss führt nicht zum Absterben der Verjüngung. Durch Wildverbiss und Lichtmangel ist das Wachstum der Wurzelsprosse allerdings extrem gehemmt. Wildverbiss und der damit einhergehende Verlust der Terminalknospe führen zu einem stark verzweigten Wuchs, zur Ausbildung von Reaktionsholz und zu sehr eng aneinander liegenden Jahrringen, deren Breite sich oftmals auf eine einzige Zellreihe beschränkt.

Obschon ein deutlicher Anstieg des Höhen- und Dickenwachstums infolge des Verjüngungshiebs beobachtet wurde, kann aufgrund von zwischenartlicher Wuchsräumkonkurrenz nicht erwartet werden, dass alle neu gebildeten Wurzeltriebe über lange Jahre erhalten bleiben. Es wurde ein durchschnittlicher Höhenzuwachs der Wurzeltriebe von ungefähr 30 cm

je Jahr beobachtet. Die maximale Höhe der auf derselben Fläche wachsenden Eichenstockauschläge betrug bereits im Jahr 2010 durchschnittlich 130 cm. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Höhe der 100 höchsten Elsbeer-Wurzelsprosse gerade einmal 56 cm.

Bei der Bewirtschaftung der Elsbeere ist zu beachten, dass die Baumart unterirdisch regenerative Pflanzenteile ausbildet, die prinzipiell in die Planung der Verjüngung von Waldbeständen mit einbezogen werden können. Zur Vermehrung und zum Erhalt der Elsbeere kann nach Erntemaßnahmen die vorkommende Wurzelbrut übernommen werden. Inwiefern sich diese für die Erziehung von Wertholz eignet, muss fallweise entschieden werden. Niederwaldhiebe oder Kleinkahlschläge können durchgeführt werden, um das Wachstum der Elsbeer-Verjüngung zu aktivieren. Konkurrenzregulierende Maßnahmen bzw. die Freistellung der Elsbeer-Wurzelbrut ist bereits sehr früh notwendig um die Häufigkeit der Elsbeere dauerhaft zu erhalten. Da die Elsbeere bevorzugte Wildäsung darstellt, sind Schutzmaßnahmen oder die Einstellung von für den Elsbeer-Bestand tragbare Wilddichten zwingend notwendig.

Professur Forstliche Biomaterialien

Gewinnung von Pektinen aus Buchenrinde für die Lebensmittelindustrie

Kurzfassung des Abschlussberichts

Von Heiko Winter

Pektine gehören zu den anionischen Polysacchariden und finden überwiegend in der Lebensmittelindustrie als Geliermittel und Stabilisatoren Verwendung. Für Buchenrinde werden in der Literatur Pektingehalte zwischen 2 und 10 % angegeben (Kramar et al., 1977; Dietrichs et al., 1978). Die Gewinnung und Analyse des Pektins aus Buchenrinde für eine stoffliche

Verwendung wurde bisher jedoch nicht direkt untersucht.

Das Projekt verfolgte das Ziel, Pektine bzw. pektinähnliche Substanzen unter Anwendung von konventionellen Methoden der Pektinengewinnung aus Buchenrinde zu extrahieren und zu charakterisieren sowie den Einfluss von Extraktionsparametern wie pH-Wert, Extraktionstemperatur oder Extraktionsdauer auf Faktoren wie Ausbeute, Molekulargewicht und chemische Zusammensetzung zu untersuchen.

Mit Buchenrinde aus einem Zellstoffwerk (BuRiZellstoff) und Buchenrinde aus einem Sägewerk (BuRiSägewerk) wurden zwei industrielle Buchenrindenquellen verwendet und u. a. im

Rahmen von zwei Bachelorarbeiten (Hilkert, 2016; Berger, 2017) untersucht.

Es konnten Präzipitat-Ausbeuten zwischen 1,8 (BuRiSägewerk) und maximal 7,5 % (BuRiZellstoff) erzielt werden. Die Ergebnisse deuten zusammenfassend daraufhin, dass eine höhere Temperatur (90 °C) und längere Extraktionsdauer (6 h) sowie in manchen Fällen ein geringerer pH-Wert (pH 1) bei der Extraktion von Buchenrinde zu höheren Ausbeuten an Präzipitat führen (Abbildung 1). Im Vergleich zu Ausbeuten bei der industriellen Gewinnung von Pektinen aus Apfeltrestern (10 – 15 %) und insbesondere aus Zitruschalen (25 – 35%) liegt die Ausbeute damit unter dem industriellen Standard der Pektingewinnung.

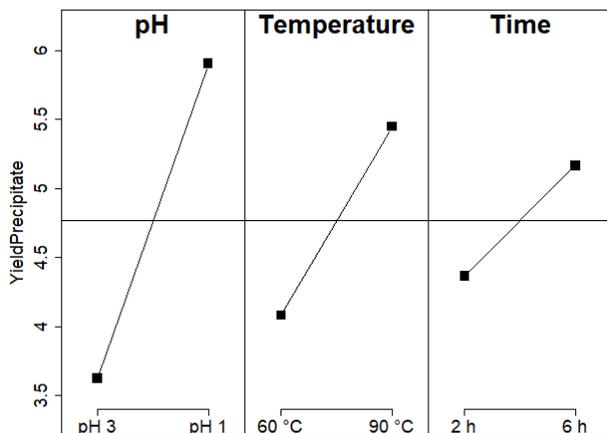


Abb. 1: Haupteffekte der Parameter pH-Wert, Extraktionstemperatur und Extraktionsdauer bei der Extraktion von BuRiSägewerk auf die gravimetrische Ausbeute (%) an Präzipitat.

Beim Molekulargewicht lagen die Mittelwerte der BuRiZellstoff- ($M_w \approx 195 \text{ kg/mol}$) und BuRiSägewerk-Präzipitate ($M_w \approx 115 \text{ kg/mol}$) deutlich näher bei Xylan ($M_w \approx 220 \text{ kg/mol}$) als bei den untersuchten Pektinen ($M_w \approx 735 \text{ kg/mol}$).

FTIR- (1517 cm^{-1}) und UV-Messungen (278 nm) lassen den Schluss zu, dass eine Präzipitatsgewinnung aus Buchenrinde bei pH 3 zu einem höheren relativen Ligningehalt im Vergleich zur Gewinnung bei pH 1 führt.

Die FTIR-Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Präzipitate mit Xylan, das ebenfalls Bestandteil der Buchenrinde ist, aber auch mit Pektin strukturelle und chemische Ähnlichkeiten aufweisen (Abbildung 2). Während sich das untersuchte industrielle Pektin durch einen höheren Anteil an veresterten Carbonylgruppen (1750/1730 cm^{-1}) im Vergleich zu den Präzipitaten auszeichnet, zeigen die FTIR-Spektren der Präzipitate stärkere Signale für freie Carbonylgruppen (1625 cm^{-1}) im Vergleich zu Xylan, was für einen höheren Gehalt an Uronsäuregruppen in den Präzipitaten spricht.

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung ist daher davon auszugehen, dass es sich bei den Präzipitaten aus Buchenrinde um eine Mischung aus Xylan und pektinähnlichen Substanzen handelt. Dies wird dadurch unterstützt, dass einfache Gelierversuche der Präzipitate nicht erfolgreich waren. Gelierversuche mit einem Referenzpektin haben dagegen zu einem gelierten Material geführt.

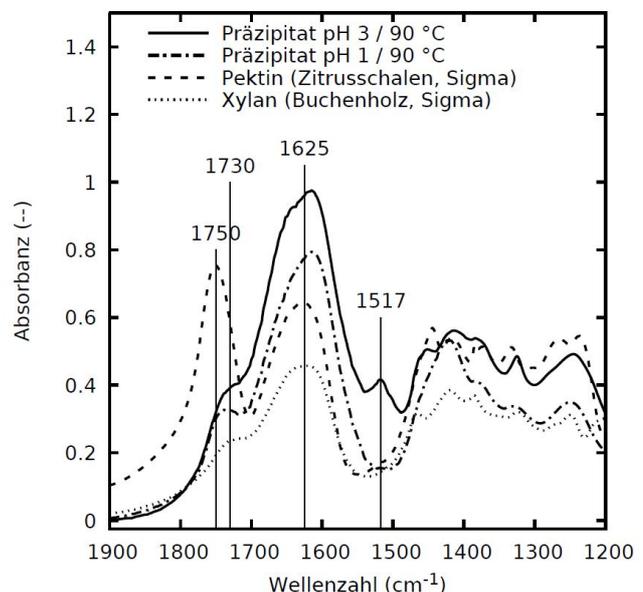


Abb. 2: Repräsentative FTIR-Spektren von zwei BuRiZellstoff-Präzipitaten (extrahiert bei 90 °C) und zwei Vergleichssubstanzen im Bereich 1900 – 1200 cm^{-1} .

Auf Basis der momentanen Ergebnisse muss der Ansatz verworfen werden, dass Präzipitate aus Buchrinde in ähnlicher Funktion wie kon-

ventionelle Pektine aus Zitruschalen und Apfeltrester in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden können. Die geringeren Ausbeuten, die fehlenden Geliereigenschaften sowie die Tatsache, dass momentan nur bestimmte Rohstoffe für die Lebensmittelpektinengewinnung zugelassen sind (Giovando, 2017), lassen ein solches Verwertungsszenario von Buchenrinde eher unwahrscheinlich erscheinen.

Interessant sind die gute Wasserlöslichkeit sowie die Hinweise auf im Vergleich zu Xylan höheren Gehalten an Uronsäuren in den Präzipitaten. Dies deutet eine verbesserte Filmbildung im Vergleich zu Xylanen hin und könnte eventuell Potential für den Bereich Folien oder Beschichtungen in Verpackungen aufweisen.

Literatur

- Berger, L.; 2017; Bestimmung des Uronsäuregehalts pektinähnlicher Substanzen aus Buchenrinde; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fak. UNR, Professur für Forstliche Biomaterialien; Bachelorarbeit
- Dietrichs, H., Garves, K., Behrens, D. und Sinner, M.; 1978; Untersuchungen über die Kohlenhydrate der Rinden einheimischer Holzarten; *Holzforschung*; 32(2): 60–67
- Giovando, S.; 2017; Silvateam/Ledoga; mündliche Kommunikation, Woodchem, Nancy, Frankreich
- Hilkert, F.; 2016; Extraktion und Charakterisierung von pektinähnlichen Stoffen aus Buchenrinde; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät UNR, Professur für Forstliche Biomaterialien; Bachelorarbeit
- Kramar, A., Zakutna, L. und Ebringerova, A.; 1977; Structure and composition of beech bark; *Papir a Celuloza*; 32(11): V57–V66

Professur für Forstliche Verfahrenstechnik

Sensorgestützte Optimierung der Eichenholz-trocknung

Gekürzte Fassung des Abschlussberichts

Von Sebastian Paczkowski

Einführung

Die Trocknung insbesondere von groß dimensionierter Eichenholzsägeware kann bisher nur sehr schonend über lange Zeiträume durchgeführt werden. Grund hierfür sind die Parenchym-Stränge des Eichenholzes, die bei zu „scharfer“, d.h. zu schneller Trocknung kollabieren und so zu Rissen und Honigwabenmusterbildung führen. Daraus ergeben sich lange und teure Trocknungszeiten (bis zu 6 Jahre kombiniert Luft- und Technische Trocknung).

Das Projekt „Sensorgestützte Optimierung der Eichenholz-trocknung“ hatte daher das Ziel, auf der Basis von bestehendem chemischen und technischen Grundlagenwissen ein sensorgestütztes Trocknungskonzept zu entwickeln, das die technische Trocknung von Eichenholz

kontrolliert beschleunigt, ohne Riss- und Honigwabenmusterbildung zu riskieren. Der Einfluss des „Flaschenhals“ Trocknung auf die Produktion kann so verringert werden, was z.B. die Verfügbarkeit von Eichenholz für den Holzbau verbessern kann.

Über die Projektlaufzeit wurden Eichenholzspäne sowie gesägte Prüfkörper der Firma Ohnemus in einer Versuchsapparatur kontrolliert getrocknet und dabei die entstehenden Emissionen 1) einer chemischen Analyse unterzogen (GC-MS) und 2) online mit Gas-Sensoren überwacht.

Ergebnisse

Die chemische Analyse der Emissionen während der kontrollierten Aufheizung von 25°C bis 240°C ergab das in Tabelle 1 gezeigte Emissionsmuster. Die Emissionen sind in die Hauptstoffgruppen Essigsäure, Furane und Methoxyphenole kategorisiert. Abweichend von der Ausgangshypothese waren die beiden Komponenten Hexanal und 2-Pentylfuran (aus dem Fettabbau der Parenchym-Zellen) nicht in den Emissionen der erhitzten Eichenholzspäne nachweisbar (Abb. 1).

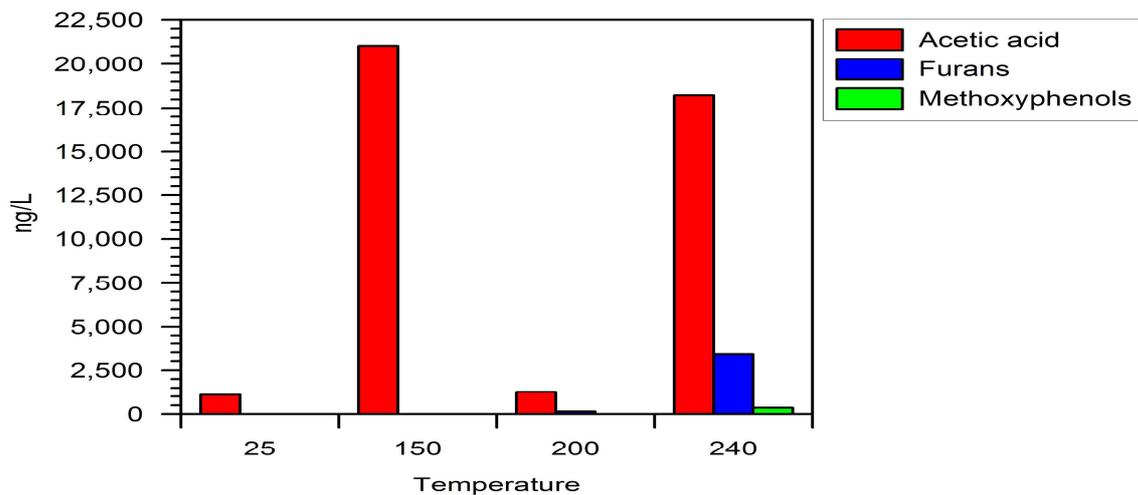


Abb. 1: Temperaturabhängige Dynamik der Peakflächen der Hauptstoffgruppen Essigsäure, Furane (hauptsächlich Furfural) und Methoxyphenole (hauptsächlich 2-Methoxyphenol).

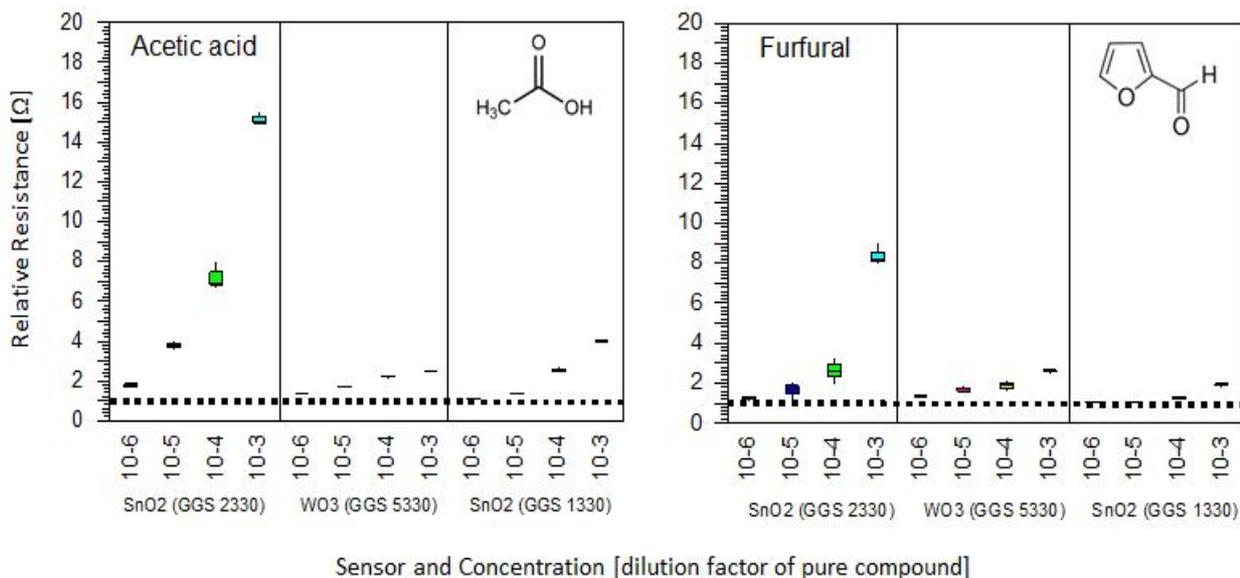


Abb. 2: Ergebnisse der Sensorkalibrierung von drei Halbleitersensoren auf Essigsäure und Furfural

Die Sensoren wurden auf die Zielsubstanz Essigsäure (Acetic Acid) und Furfural kalibriert (Abbildung 1). Eine weitere Kalibrierung erfolgte nach Projektplan auf 2-Pentylfuran und Hexanal.

Es zeigte sich, dass in beiden Fällen der SnO₂ Sensor GGS 2330 besonders gut auf die beiden Hauptkomponenten im Emissionsmuster, Essigsäure und Furfural, reagierte. Dies erlaubt zunächst keine Differenzierung zwischen den

Komponenten. Durch den zweiten Zinnoxidsensor, SnO₂ GGS 1330, kann zwischen den beiden Komponenten unterschieden werden, da dieser nur auf Essigsäure reagiert. Für die Anwendung ist das nicht notwendigerweise relevant, da, wie in Tabelle 1 gezeigt, Furfural erst bei für die Vollholztrocknung unüblichen Temperaturen entsteht.

Die Sensoren wurden in den Abgasstrom der erhitzten Eichenholzspäne eingebaut. Das ent-

sprechende Ergebnis zeigt Abb. 2. Die Ergebnisse aus den chemischen Analysen und der Sensorkalibrierung erlauben den Rückschluss, dass in Abb. 2 zunächst Essigsäure gemessen wurde (Anfangspeak des GGS2330 bei 25°C durch Aufkonzentration vor Anstellen des Gasstroms, Peak zwischen 50-180°C). Die relative Zunahme der Sensorwerte von 150-240°C lässt sich vor allem durch die Emission von Furanen begründen (Abb. 1). Wie durch das Kalibrieren der Sensoren zu erwarten, vollzieht der GGS1330 die Graphenform des GGS2330 auf niedrigerem Intensitätsniveau nach. Der GGS5330 reagiert nur auf die sehr hohe Konzentration der durch den thermischen Holzabbau freigesetzte Furane.

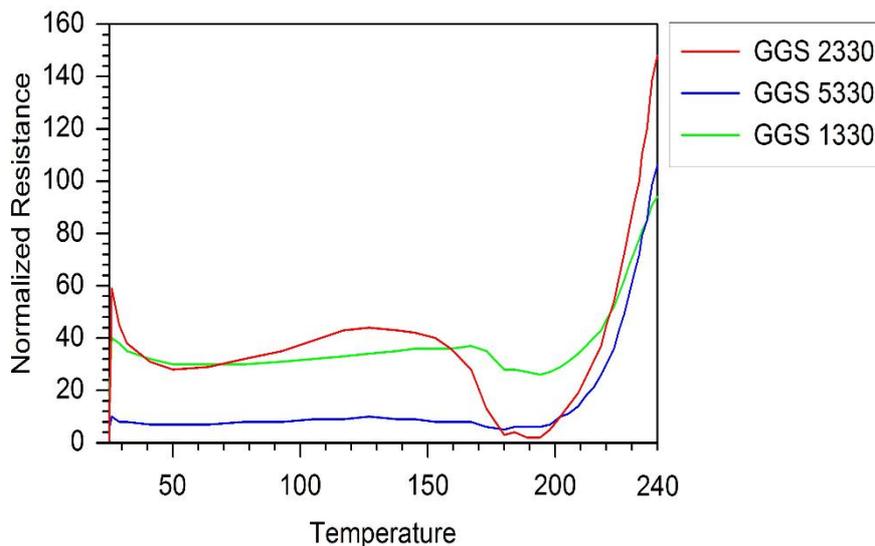


Abb.3: Sensorreaktion von drei verschiedenen Sensoren auf Eichenspäne bei zunehmender Temperatur.

Schlussfolgerung

Es ist möglich die Konzentrationsveränderung der Essigsäure während der Batchtrocknung zu überwachen. Weiterführende Studien können eine Korrelation zwischen Intensität der Essigsäureemission und Mikrorissbildung im Holz zeigen, so dass die Eichenvollholztrocknung über die Essigsäureemissionen besser kontrolliert und so beschleunigt werden kann. Erste mikroskopische Untersuchungen zur Rissbildung durch scharfe Trocknung kleiner Proben zeigen deutliche Deformationen (Abb.4).

Eine verbesserte Trocknungskontrolle und eine dadurch beschleunigte Trocknung von Eichenvollholz wird eine hohe Auswirkung auf die Marktverfügbarkeit von Eichenholz haben und die Lufttrocknungszeiten und damit den notwendigen Lagerplatz deutlich verringern. Dies sind wirtschaftliche Vorteile für die Eichenholzsägewerke, die ihre Ware so flexibler und kostengünstiger vertreiben können.

Weiterführende Studie im Rahmen des Projektes

Nach Rücksprache mit dem Laubholzsägewerk wurden ebenfalls die Auswirkungen von Essigsäure auf die Oberfläche von Eichenholz untersucht, um eine mögliche Ursache für Weißfleckenbildung bei der Eichenvollholztrocknung einzugrenzen. Das Problem ergab sich aus Erfahrungen des Laubholzsägewerks, bei der diese Weißfleckenbildung in Einzelfällen während der Technischen Trocknung auftrat und ein Reklamationsgrund für Kunden war. Ziel der Untersuchungen war es, die Ursache für die Weißfleckenbildung einzugrenzen.

Zu diesem Zweck wurde ein Weißfleck, eine künstlich mit Essigsäure gebleichte Holzoberfläche sowie Kontrollholz mit Hilfe eines ATR-FT-IR untersucht (Abb. 5, folgende Seite). Dabei werden funktionelle Gruppen angeregt und der Energieverlust durch die Umsetzung in Schwingungsenergie kann als Peak gemessen werden. Da die funktionellen Gruppen im Holz auf unterschiedliche Wellenlängen reagieren, kann mit dieser Methode auf einfache und relativ schnelle Weise untersucht werden, ob z.B. der Ligninanteil im Holz durch Bleichung abnimmt.



Before drying



After drying

Abb. 4:

Holzoberfläche eines 2 cm³ großen Eichenholzwürfels in frischem Zustand (before drying) und nach einer scharfen Trocknung bei 250°C für 1 h (after drying). Es ist ein deutliches Schwinden der Holzstruktur und ein dadurch bedingtes Öffnen der Holzporen (roter Kreis) und Gefäße (rote Linie) zu beobachten. Dies führt zu Spannungen und Mikrorissbildung.

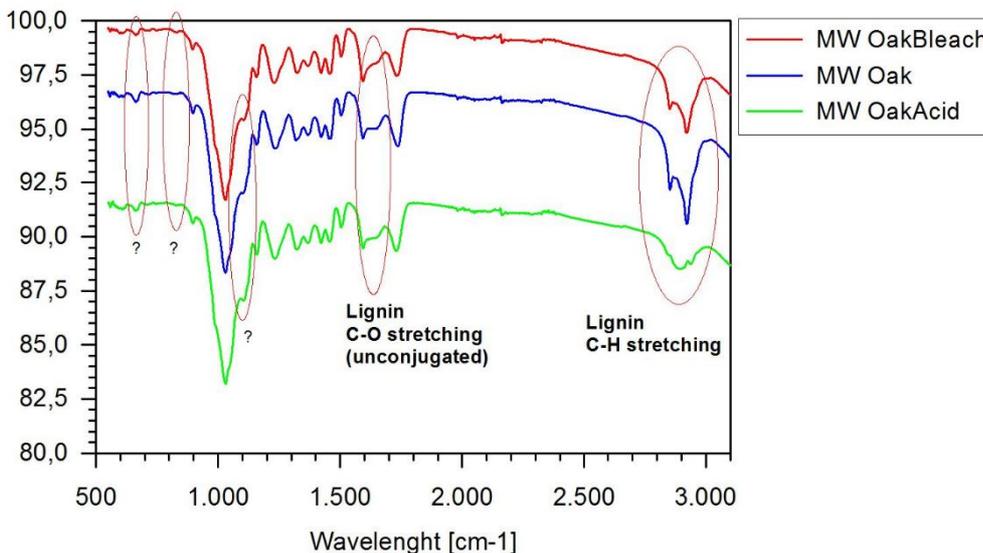


Abb. 5:

Normalisierte Rohdaten zur ATR FT-IR Adsorption von unbehandelter Eichenholzoberfläche (MW Oak), künstlich mit Essigsäure gebleichter Eichenholzoberfläche (MW OakAcid) und während der technischen Trocknung gebildeter Weißflecken (MW OakBleach). MW bedeutet Mittelwert aus 5 Messungen an unterschiedlichen Stellen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die C-H Bande (Abb. 5, Lignin C-H stretching) nur durch die künstliche Bleichung verringert wird, wohingegen die Weißflecken eine verringerte Schwingung der C-O Bande (Abb. 5, Lignin C-O stretching) zeigen. Das bedeutet zunächst, dass die Weißflecken nicht durch die direkte Bleichung mit Essigsäure aus dem Holz entstehen. Es bedeutet aber auch, dass die Weißfleckenbildung durchaus auf eine Veränderung im Lignin zurückzuführen ist

Schlussfolgerung

Die Weißfleckenbildung konnte nicht mit hoher Essigsäurekonzentration bei Raumtemperatur imitiert werden. Daher ist ausgeschlossen, dass Essigsäure allein für die Weißfleckenbildung verantwortlich ist. Allerdings wurde gezeigt, dass es eine nicht direkt durch die Essigsäure verursachte Veränderung der Ligninstruktur gibt, die im Rahmen der durchgeführten Experimente nur bei Weißflecken zu finden ist. Möglicherweise korreliert der Abbau der C-O Bindungen bei der Weißfleckenbildung mit einer Depolymerisation des Lignins, welche bei Bleichung mit Essigsäure nicht stattfindet.

In eigener Sache

Liebe Mitglieder, Freunde und Förderer,

die GFH versteht sich als Interessensvertretung und Diskussionsforum für Forstwissenschaft, Forstwirtschaft sowie die holzbe- und verarbeitende Industrie. Sie hat zum Ziel, durch die Förderung kleiner, praxisorientierter Forschungsprojekte einen Beitrag zur positiven Entwicklung in diesen Bereichen beizutragen. Auch die GFH lebt von den Ideen und dem En-

gagement ihrer Mitglieder. Helfen Sie uns dabei! Sprechen Sie Personen, Firmen und Körperschaften aus Ihrem Umfeld wegen einer Mitgliedschaft an oder nennen Sie uns interessierte Personen.

Für Ideen, Anregungen und Hinweise aller Art wenden Sie sich bitte an die Geschäftsstelle der GFH bei der Professur für Forstliche Verfahrenstechnik. Ansprechpartner ist Dr. Thomas Fillbrandt, Werthmannstr. 6, 79085 Freiburg, Tel.: 0761-203-3765, die Mail-Anschrift lautet: gfh@fobawi.uni-freiburg.de.

Wie kampagnenfähig sind eigentlich Forst- und Holzwirtschaft?

38. Freiburger Winterkolloquium am 25. und 26. Januar 2018

[Kam-pa-g-ne, Substantiv [die] kam'panja/ gemeinschaftliche Aktion für oder gegen jemanden, etwas (bei der ideologische, politische Ziele im Vordergrund stehen).] Quelle: Duden

Das Freiburger Winterkolloquium 2018 greift das von vielen Seiten seit längerem gewünschte Thema Kommunikation in und mit der Gesellschaft auf.

Inhaltlicher Ausgangspunkt ist das in der Forst- und Holzwirtschaft häufig geäußerte Gefühl, für die Erbringung vielfältiger gesellschaftlicher und ökologischer Leistungen in der und durch die Öffentlichkeit nicht ausreichend gewürdigt zu werden. Beinahe ritualisierend wird seit Jahren beklagt, dass es dem Sektor nicht gelänge, mit den entsprechenden Botschaften in der Öffentlichkeit richtig durchzudringen. Die öffentliche strategische Kommunikation anderer Akteursgruppen wird dagegen als erfolgreicher und müheloser wahrgenommen.

Was machen diese anderen Akteursgruppen also scheinbar anders? Oder liegt es an den Themen der Forst- und Holzwirtschaft und

der Schwierigkeit einer gemeinsamen Kommunikation? Wie sieht gelingende strategische Kommunikation überhaupt aus und was sind die Voraussetzungen dafür? Wie ist es einzuordnen, dass ein Buch wochenlang die Bestsellerlisten anführt, während gleichzeitig 4.500 Personen aus forst- und holzwirtschaftlichen Fachkreisen eine öffentliche Petition dagegen unterzeichnen? Braucht es „alternative Fakten“ für eine erfolgreiche Kommunikation mit der Öffentlichkeit? Oder geht es gar nicht primär um Kommunikation, sondern um Aufmerksamkeit?

Das Freiburger Winterkolloquium Forst und Holz 2018 versucht, diese und weitere, damit zusammenhängende Fragen anhand der Beiträge von ausgewiesenen Expertinnen und Experten aus Theorie und Praxis zu beleuchten, um neue Einsichten zu ermöglichen, informierte Diskussionen zu stimulieren und Ansatzpunkte für ein konstruktives Handeln aller betroffenen Akteure zu befördern.

Die veranstaltenden Professuren der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg freuen sich über eine zahlreiche Teilnahme und erhoffen sich rege Diskussionen.

Prof. Dr. Marc Hanewinkel
Prof. Dr. Daniela Kleinschmit
Prof. Marie-Pierre Laborie, PhD
Prof. Dr. Heiner Schanz

Donnerstag, 25. Januar 2018

- 14:00 Grußworte der Prorektorin
Prof. Dr. **Juliane Besters-Dilger**
- 14:10 Einführung ins Thema:
„Nicht Kommunikation, sondern Aufmerksamkeit?“
Prof. Dr. **Heiner Schanz**, Univ. Freiburg
- 14:20 „Aber nur für das Gute! Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Wigwam für erfolgreiche Kampagnen“
Robert Dürhager, Wigwam eG, Kommunikationsberatung, Berlin
Fragen und Diskussion
- 15:00 „Theoretisch gute Kampagnen: Planung von öffentlichen Thematisierungsstrategien“
Prof. Dr. **Olaf Hoffjann**, Institut für öffentliche Kommunikation, Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Salzgitter
Fragen und Diskussion
- 15:45 Kaffeepause
- 16:15 „Mit 1,9 Millionen Menschen für progressive Politik streiten?“
Yves Venedey, Themen-Scout Kampagnen, Campact e.V.
Fragen und Diskussion
- 17:00 „Was es für eine gute Kampagne von Greenpeace braucht?“
Sandra Hieke, Wald-Campaignerin, Greenpeace Deutschland, Hamburg
Fragen und Diskussion
- 17:45 „Das Geheimnis des Erfolgs des geheimen Lebens der Bäume – Wie Bücher Aufmerksamkeit gewinnen“
Christoph Schröder, Freier Autor und Dozent, Jury-Mitglied Deutscher Buchpreis 2016, Frankfurt a.M.
Fragen und Diskussion
Moderation:
Dr. **Roderich von Detten**

ab 19:00 Empfang im Peterhofkeller

Freitag, 26. Januar 2018

- 9:00 „Wortwechsel im Blätterwald – Narrative statt Kontinuität?“
Prof. Dr. **Michael Suda**, Lehrstuhl für Wald- und Umweltpolitik, TUM School of Management, Freising
Fragen und Diskussion
- 9:45 „Die Gemeinschaftskampagnen 300 Jahre Nachhaltigkeit – Rückblick und Folgen“
Susanne Roth, Institut für Umwelt- und Wissenschaftskommunikation, Bonn
Fragen und Diskussion
Moderation:
Prof. Dr. **Marc Hanewinkel**
- 10:30 Kaffeepause
- 11:00 Podiumsdiskussion
„Wie kampagnenfähig sind eigentlich Forst- und Holzwirtschaft?“
Impuls
Ingwald Gschwandtl, Team-Leader UNECE-FAO Communicators' Network; Leiter Abt. Waldpolitik und Waldinformation, Min. für ein lebenswertes Österreich, Wien
Lars Langhans, Geschäftsführer, Kollaxo Markt und Medien GmbH, Bonn
Christoph Starck, Direktor Lignum Holzwirtschaft Schweiz, Zürich
Georg Binder, Geschäftsführer, Marketingorganisation proHolz Austria, Wien
Moderation:
Prof. Dr. **Daniela Kleinschmit**
- 12:30 Abschlussdiskussion und Zusammenfassung
Moderation:
Prof. **Marie-Pierre Laborie**, PhD
- 13:00 Dank und Ausblick