

Vorträge

Kurzfassungen

**Kuratorium
für Forstliche Forschung
22. Statusseminar am 13. März 2018**

Vortragsverzeichnis

z -pnV: Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Standortbedingungen in Bayern	5
Zukünftige Anbaupotenziale forstwirtschaftlich genutzter Baumarten: Ein Ausblick mit Hilfe von Klimaanalogien und Forstinventurdaten	7
Neues zur Elsbeere – Herkunftsempfehlungen und Vorkommen im oberbayerischen Fünfseenland.....	9
Xylobionte Insekten in Mulmhöhlen: Ihre Ausbreitungsdistanzen und der Einfluss von Mulmhöhlenparametern auf ihre Artenvielfalt	11
Die forstliche Fernerkundung in stürmischen Zeiten – fernerkundungsbasiertes Sturmschadensmanagement seit dem Gewittersturm Kalle 2017	13
Der perfekte Schnitt? Welchen Mehrwert haben Aushaltungsoptimierungssysteme von Harvestern für die Wertschöpfung der Kiefer?	15
Ursachenforschung zum verstärkten Absterben der Kiefer in Mittelfranken.....	19
Eichenvitalität und Schädlingsmonitoring im Klimawandel – Ergebnisse der Untersuchungen und Feldversuche im Projekt WAHYKLAS.....	21

z -pnV: Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Standortbedingungen in Bayern

Prof. Dr. Anton Fischer unter Mitarbeit von Dr. Barbara Michler und Dr. Hagen Fischer

Geobotanik, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Technische Universität München

Unter „pnV“ (potenzielle natürliche Vegetation) versteht man diejenige Vegetation, die unter den Rahmenbedingungen der Umwelt zu einem gegebenen Zeitpunkt vorkommen *könnte*, wenn alle direkten Eingriffe des Menschen entfallen *würden*. Die pnV ist also ein Maß für das Leistungspotenzial der Natur unter diesen Bedingungen, ausgedrückt in pflanzensoziologischen Termini. Die pnV ist damit eigentlich nicht „Vegetation“ sondern „Standort“. Die pnV ändert sich schlagartig(!), sobald sich die Standortfaktoren-Konstellation ändert. Tatsächlich gibt es zahlreiche pnV-Karten für alle möglichen Regionen Europas und für alle möglichen Maßstäbe; so für Bayern von Seibert von 1968 und von Suck & Bushart von 2012. Allerdings handelt es sich bei solchen Karten fast ausschließlich um gedruckte Karten, und sie basieren auf Expertenwissen; darauf kann man aber keine neuen Umweltsituationen „aufsetzen“, z.B. neue Klima-Situationen. Dazu muss man die Standortparameter und entsprechenden Vegetationstypen (meist auf Assoziationsebene) zunächst auf der Basis mathematischer Algorithmen und auf einem möglichst feinen Grundraster miteinander reproduzierbar verknüpfen (modellieren).

Für Bayern haben wir zunächst sämtliche flächig verfügbaren Datensätze zur Geologie, Geomorphologie, zum Boden (z.B. pH, KAK, Konzentrationen von Nährionen, Feldkapazität, Bodentiefe ...) und zum Klima (Niederschlag, Temperatur mit monatlicher Auflösung, Länge der Vegetationsperiode, potenzielle Evapotranspiration ...) herangezogen, insgesamt etwa 160 Standortvariablen, auf einer Pixelgröße von 50m x 50m, resultierend in über 28 Millionen Rasterpunkte für Bayern. Durch eine Prüfung auf Korrelation konnte die Variablenzahl auf etwa 20 reduziert werden. Die Verknüpfung der Standort- mit den Vegetationstypen erfolgte auf rund 7.500 Rasterpunkten der BWI II, an denen auch die Vegetationstypen an Hand der „Natürlichen Waldgesellschaften Bayerns“ erhoben worden waren. Die Positionierung eines jeden Vegetationstyps bezüglich aller Standortgradienten wurde ermittelt; damit lässt sich für jeden Rasterpunkt die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Vegetationstypen berechnen. Durch Verknüpfung aller Wahrscheinlichkeiten ergibt sich die modellierte Karte der pnV Bayerns für die heutige Standort- (und damit auch Klima-)situation. Damit liegt erstmals für ein ganzes Bundesland Deutschlands eine auf feststehenden Algorithmen basierende pnV-Karte vor, die arbeitgeberunabhängige (solange die eingehenden Grunddaten stimmen), alle verfügbaren, für das Pflanzenwachstum relevanten Standortdaten einbezieht. Sie verfügt über eine sehr große Auflösung bis auf die Arbeitsebene des Waldmanagements und gibt je Pixel stets die dort wahrscheinlichste Standortfaktoren-Konstellation an, ausgedrückt durch den Namen der Pflanzen-(meist Wald-)gesellschaft, die unter diesen Bedingungen wächst.

Hier kommt nun das „z“ – die Zukunft – ins Spiel, in diesem Fall das zukünftige Klima. Wir können berechnen, was eine Standort(Klima-)änderung für z.B. +1, +2, +3 ...K (Kelvin) bei gleichbleibenden Niederschlägen (oder auch bei z.B. 10% Zu- oder Abnahme) bedeuten *würde*. Wo in Bayern würden die Standortfaktoren-Konstellationen dann liegen?

Für eine +1K-Welt verschieben sich die pnV-Einheiten in Bayern zwar regional und mengenmäßig; aber quasi alle dann eintretenden Standortfaktoren-Konstellationen sind auch heute in Bayern vertreten. Schon in einer +2 K-Welt gibt es aber bereits für gut ein Drittel der Fläche Bayerns, auf denen wir dann keine Standort-Referenzen aus bayerischer Erfahrung mehr haben und damit auch keine auf lokalem Wissen basierende Handlungskompetenz mehr. Wie die Wälder in Bayern „standörtlich ticken“, müssen wir dann z.B. im südlichen Schweizer Jura, im Burgund oder gar in der Provence erlernen. In einer + 3K-Welt gilt das schon für mehr als drei Viertel der Fläche Bayerns.

Die z-pnV ist also ein Handwerkszeug für den Forstpraktiker, um Aufschluss zu erlangen, wie sich im jeweiligen Gebiet die Standortfaktoren unter verschiedenen Klimaszenarien ändern können. Dem Forstmanager und -planer kann sie anzeigen, was ihm in der Lebensspanne der nächsten Baumgeneration standörtlich bevorstehen könnte, worauf er sich also ggf. einstellen sollte. Mit diesem Handwerkszeug kann man sich plausible Szenarien visualisieren, und das auf einer sehr feinen, planungsrelevanten Flächenskala.

Zukünftige Anbaupotenziale forstwirtschaftlich genutzter Baumarten: Ein Ausblick mit Hilfe von Klimanalogien und Forstinventurdaten

Dr. Allan Buras

Technische Universität München

Im Rahmen des Klimawandels wird eine höhere Mortalität sowie eine Zunahme der Anbaurisiken vieler forstwirtschaftlich genutzter Baumarten erwartet. Dies beruht vor allem auf der prognostizierten Temperaturerhöhung, welche mit einer erhöhten Wasserverdunstung und Transpiration einhergeht, in deren Folge die Wahrscheinlichkeit baumschädigender Dürreperioden zunimmt. Erste Vorboten dieser Entwicklung waren bereits nach dem ‚Dürresommer‘ 2003 zu spüren, sind aber spätestens nach dem ‚Hitzesommer‘ 2015 in aller Munde. So wurden z.B. im Winter 2015/2016 ein vermehrtes Absterben der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) in Franken beobachtet (Buras et al., 2018; Gößwein et al., 2017) und ein vermehrter Borkenkäferbefall bei der Rotfichte (*Picea abies*) festgestellt – beides höchstwahrscheinlich als direkte bzw. indirekte Folge des sehr heißen und trockenen Sommers 2015.

Um dem klimawandelbedingten erhöhten Ausfallrisiko Rechnung zu tragen, wurden in der letzten Dekade verschiedene Initiativen ins Leben gerufen sowie Online-Informationsportale generiert. Im Kontext bayerischer Forsten zu nennen sind vor allem der Waldumbau und die Bergwaldoffensive sowie das Bayerische Standortinformationssystem (BASIS), in welchem Anbauriskopotenziale der vorrangig forstwirtschaftlich genutzten Baumarten visualisiert werden. All diesen Ansätzen gemeinsam ist die Absicht, Waldbesitzern und Forstwirten Entscheidungswerkzeuge bereitzustellen, um durch eine geeignete Baumartenwahl die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken zu minimieren.

Trotz eines stetig wachsenden Verständnisses des Klimawandels sind die Projektionen des zu erwartenden Klimas immer noch mit hohen Unsicherheiten behaftet. Dies äußert sich allein schon in der Tatsache, dass vier verschiedene Szenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5) mit jeweils 32 verschiedenen Modellen und mehreren Simulationsläufen für die zu Grunde liegenden Projektionen gerechnet werden. Zudem sind Modelle stets eine Vereinfachung der Realität, so dass die daraus resultierenden Prognosen eher als Richtwerte zu verstehen sind.

Um diesen Unsicherheiten gerecht zu werden, ist es sinnvoll, die Risikoabschätzung forstwirtschaftlich genutzter Baumarten auf verschiedene Methoden zu stützen. In diesem Rahmen wird derzeit das Kuratoriumsprojekt M029 (Klimaanalogien als Hilfsmittel der szenarienbasierten Klimafolgeabschätzung für die bayerische Forstwirtschaft) durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) gefördert. Das Projekt soll durch die Identifikation von sogenannten Klimaanalogregionen den Klimawandel in Bayern (be-)greifbarer machen sowie eine Grundlage für die Selektion des Baumartenportfolios im Rahmen des Waldumbaus generieren. Klimaanalogregionen sind Regionen mit einem heutigen Klima, welches dem zukünftigen Klima (Periode 2061–2090, vier verschiedene Szenarien) eines ausgewählten Standortes entspricht. Um das Konzept der Analogregionen mit dem Anbauriskopotenzial ausgewählter Baumarten zu verschneiden, werden

erstere mit Forstinventurdaten (ICP-Forest Level I Daten) kombiniert. Dabei wird das rezente Baumartenportfolio der Analogklimaregionen als Blaupause für ein zukünftiges Portfolio am ausgewählten Standort angesehen. Diese Sichtweise beruht auf der Annahme, dass Forstwirte in den Klimaanalogregionen – also in den Gebieten mit einem Klima, was Bayern in Zukunft womöglich erwartet – hauptsächlich Baumarten wählen, die in diesem Klima gedeihen.

Vor allem die in Bayern vorrangig genutzten Nadelbaumarten Rotfichte und Waldkiefer stehen im Fokus des Projekts, da diese ja bereits heute mit trockenen Sommern zu kämpfen haben und im Vergleich zu Laubbaumarten wie der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*) weniger plastisch auf widrige Bedingungen reagieren können. Weitere Baumarten von besonderem Interesse sind die Weißtanne (*Abies alba*) sowie die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), da sie als alternative Nadelhölzer für die Fichte angesehen werden.

Je nach Ausmaß des gewählten Szenarios bestätigten sich die Befürchtungen hinsichtlich der Anbau-eignung von Rotfichte, aber auch der Waldkiefer im Zuge des Klimawandels. Die Beimischung dieser Arten im Gesamtportfolio nahm vor allem bei den extremeren Szenarien (RCP 4.5 und RCP 8.5) deutlich ab. Für die Weißtanne, aber auch für die Rotbuche gestaltete sich die Situation heterogen, da sie in manchen Regionen Bayerns eine geringere, in anderen Regionen eine höhere Beimischung aufzeigten. Klare „Gewinner“ des Klimawandels schienen nach diesem Verfahren die Douglasie sowie die Traubeneiche.

Obwohl dieser Ansatz interessante Einblicke in das potenzielle Baumartenportfolio Bayerns zum Ende des 21. Jahrhunderts und für vier verschiedene Szenarien aufzeigt, muss die Interpretation mit Vorsicht erfolgen. Einerseits ist die räumliche Auflösung der Eingangsdaten (ca. 50 x 50 km) noch zu grob, um eine feinskalige Differenzierung zu ermöglichen. Dies wird vor allem im Alpenvorland zum Problem, da dort innerhalb einer Rasterzelle Höhenunterschiede von über 1.000 m auftreten können. Des Weiteren sind in den momentanen Projektionen weder Bodeneigenschaften, Bestandssituation sowie genetische Herkunft berücksichtigt. Im Rahmen des Projekts erfolgte Studien haben gezeigt, dass Bodeneigenschaften über Trockenheitsanfälligkeit entscheiden können (Rehshuh et al., 2017), aber auch die Lage innerhalb eines Bestands (Waldrand vs. Waldinneres) einen Einfluss darauf hat, wie Bäume mit trocken-heißer Witterung klarkommen (Buras et al., 2017). Aus diesem Grund sind vor allem eine Verbesserung der räumlichen Auflösung sowie eine Integration von Standortinformationen erstrebenswert. Darüber hinaus müssen bei Neuanpflanzungen geeignete Herkunft gewählt sowie die Bestandssituation (Waldrandnähe) berücksichtigt werden.

Literatur

Buras et al., 2018: Are Scots pine forest edges particularly prone to drought induced mortality? Environmental Research Letters, 13, 025001.

Gößwein et al., 2017: Kieferschäden in Bayern. LWF aktuell, 1 2017.

Rehshuh et al., 2017: Soil properties affect the drought susceptibility of Norway spruce. Dendrochronologia, 45, 81-89.

Neues zur Elsbeere – Herkunftsempfehlungen und Vorkommen im oberbayerischen Fünfseenland

Prof. Dr. Jörg Ewald

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Ökologie und Landschaft, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, joerg.ewald@hswt.de

Die Gattung *Sorbus* umfasst in Bayern fünf Wildobstarten. Mehlsbeere und Elsbeere bilden in Überlappungsbereichen ihres Vorkommens Hybride, welche durch Polyploidie und Apomixis zu Kleinarten fixiert werden können. Die Elsbeere und ihre Hybriden stellen auf Grund ihrer Holzeigenschaften und Klimatoleranz eine wichtige Genressource dar. In Zusammenarbeit mit der FVA Baden-Württemberg wies das ASP auf genetischer Grundlage süddeutsche Erntebestände aus, um die Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut zu sichern. In einem in Kooperation von HSWT, AELF Fürstenfeldbruck und ASP durchgeführten Projekt wurden Grundlagen für eine gezielte Sicherung und Pflege der Bestände im oberbayerischen Fünfseenland erarbeitet. In den Projekten wurden folgende Punkte und Fragen geklärt:

1. Festlegung von Ernte- und Generhaltungsbeständen und Samenplantagen in Süddeutschland
2. Vorschläge für Herkunftsgebiete in Bayern und Baden-Württemberg
3. Wo kommen im Fünfseenland baumförmige Elsbeeren und ihre Hybriden vor?
4. Welche Dimensionen erreicht die Elsbeere im Fünfseenland?
5. Besteht waldbaulicher Pflegebedarf?
6. Ist es im Fünfseenland unter den Hybriden zur Bildung eigenständiger Kleinarten gekommen?

Herkunftsempfehlungen für Elsbeere in Süddeutschland

Durch Verknüpfung der Erfassung potenzieller Erntebestände mit genetischer Beprobung und Plusbaumkartierung waren Aussagen zur Genetik von Erntebeständen, Generhaltungsbeständen und der Plusbäumen möglich. Auf Basis der regional-genetischen Strukturen wurden mögliche Herkunftsgebiete abgegrenzt. Insgesamt wurden 106 potenzielle Erntebestände erfasst und bewertet. Die genetischen Strukturen wurden auf Basis von Daten aus 34 Populationen analysiert. Zusätzlich wurden 86 Plusbäume lagemäßig erfasst und genetisch untersucht.

Insgesamt werden 26 Bestände, davon 19 in Bayern, zur Beerntung empfohlen, sieben weitere Bestände sind mittelfristig durch Pflegemaßnahmen zu Erntebeständen zu entwickeln. Auf Grundlage von Geostatistik wurde eine Empfehlung für vier Herkunftsgebiete, zwei davon in Bayern, abgeleitet, die deutlich von den für gebietseigene Gehölze vorgeschlagenen „Vorkommensgebieten“ abweichen.

Aus populationsgenetischer Sicht sollten stets so viele Bäume wie möglich, jedoch mindestens fünf Elsbeerenindividuen mit den größten Kronen beerntet werden. Die genetische Vielfalt sollte in sieben ausgewiesenen Generhaltungswäldern in situ gefördert werden. Die Sämlinge der einzigen bayerischen Sämlingssamenplantage weisen eine mit den Plusbäumen vergleichbare genetische Qualität auf. Es wird die Einrichtung einer länderübergreifenden Pflanzsamenplantage aus Plusbaummaterial empfohlen.

Elsbeere im Fünfseenland

Das regionale Verbreitungsgebiet erstreckt sich vom Isartal bis in das Hügelland zwischen Ammersee und Lech. Hier wurden bis 2016 407 baumförmige Elsbeeren (max. Höhe 25,4 m, max. BHD 58 cm) und 47 Hybriden erfasst und in die Geodatenbank des Bayerischen Waldinformationssystems BayWIS eingepflegt. Die Elsbeere im Fünfseenland zeigt eine überwiegend nachlassende Vitalität. Viele Exemplare werden von Buchen und Fichten überwachsen. Der Konkurrenzdruck verdrängt die Elsbeere häufig auf Sonderstandorte oder in den Unterstand. Oftmals ist sie an warm-trockenen Waldrändern anzutreffen. Sie zeigt eine klare Präferenz zu basengesättigten, gering entkalkten Böden. Aufgrund fehlender Kronenpflege kann die Elsbeere ihr Wuchspotenzial nur selten entfalten. Im Vergleich zu den bereits untersuchten Beständen im übrigen Deutschland gehört das Elsbeeren-Vorkommen im Fünfseenland zu den Beständen mit einer hohen genetischen Diversität. Es ist daher für die Generhaltung besonders geeignet und schützenswert. Aus verschiedenen Samenernten mittels Baumkletterern stehen 2018 die ersten 1.000 Jungbäume zur Verfügung. Sie werden über einen Sponsor finanziert und an geeigneten Standorten zur Verdichtung der Population gepflanzt.

Trotz intensiver Nachsuche konnten im Gebiet keine Vorkommen der tetraploiden Mehlsbeere *Sorbus graeca* nachgewiesen werden, die weiter nördlich, im Frankenjura als Elternteil zahlreicher triploider Kleinarten gilt. Die meisten Hybriden (*Sorbus x decipiens*) waren wie die Eltern diploid, kamen einzeln an verstreuten, über das Gebiet verteilten Standorten vor und zeigten ähnliche Dimensionen wie die Elsbeere. Dagegen befindet sich am Ammerseeufer bei Inning auf ca. 0,25 ha eine bemerkenswerte Population von 27 triploiden, auffallend großen, sehr vitalen Hybridbäumen (Heterosis), die alle zum selben Klon gehören. Die nahe liegende Vermutung, hier handele es sich um eine fixierte Kleinart („Ammersee-Mehlsbeere“) musste jedoch nach eingehender Untersuchung der Samen verworfen werden, da diese deformiert und nicht keimfähig waren und Embryonen irreguläre Chromosomenzahlen enthielten. Demnach handelt es sich hier um eine besonders wuchskräftige Lokalsorte von *Sorbus x decipiens*, die allenfalls vegetativ vermehrt werden könnte.

Literatur

Baier, R.; Fussi, B.; Kavaliauskas, D.; Gruber, K.; Günzelmann, G.; Paulus, A.; Lang, E.; Luckas, M.; Wieners, M.; Schmid, R. & Konnert, M. (2017): Die Elsbeere – Generhaltung und Herkunftsfragen. AFZ/Der Wald 20/2017: 14–18.

Brehm, G.; Brem, A.; Ewald, J. & Huber, G. (2017): Elsbeeren im Fünfseenland. Verbreitung, Genetik und Erhaltung. LWF aktuell 3/2017: 43-45.

Ewald, J.; Paule, J.; Gregor, T. & Fussi, B. (2016): Neues Vorkommen von *Sorbus x decipiens* im Fünfseenland entdeckt. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 86: 260–261.

Keller, F.; Meyer, N.; Gregor, T.; Paule, J.; Lepsi, M.; Koutecký, P.; Fussi, B.; Hackl, C. & Ewald, J. (2015): Hybriden zwischen Mehlsbeere (*Sorbus aria*) und Elsbeere (*Sorbus torminalis*) im oberbayerischen Fünfseenland. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 85: 19-34.

Xylobionte Insekten in Mulmhöhlen: Ihre Ausbreitungsdistanzen und der Einfluss von Mulmhöhlenparametern auf ihre Artenvielfalt

PD Dr. Elisabeth Obermaier, Bastian Schauer, Prof. Dr. Heike Feldhaar

Universität Bayreuth

Bäume mit Mulmhöhlen sind Biotopbäume und zählen zu den seltensten Strukturen im Wald. Mulmhöhlen bieten einer Vielzahl von Tierarten über Jahrzehnte hinweg einen Lebensraum und ermöglichen Arten mit einer langen Entwicklungszeit und besonderen Ansprüchen eine ungestörte Entwicklung. Sie gelten somit als Schlüsselstrukturen für eine hohe Artenvielfalt im Wald. Mulmhöhlen wurden in der Vergangenheit jedoch durch intensive Bewirtschaftung der Wälder stark reduziert. Ziel einer integrativen Waldbewirtschaftung sollte es sein, diese besonderen Strukturen zu erhalten und zu fördern und damit die Artenvielfalt im Wald zu erhöhen.

Daher war ein Projektziel, die Insektengemeinschaften in Mulmhöhlen zu charakterisieren. Dafür haben wir 40 Mulmhöhlen in Buchen im Forstbetrieb Ebrach über zwei Jahre hinweg beprobt. Es konnten 89 xylobionte Käferarten nachgewiesen werden, von denen ein Drittel als gefährdet gilt. Weiterhin haben wir den Einfluss von Mulmhöhlen-Eigenschaften und ihrer Umgebung auf die Artenvielfalt xylobionter Insekten untersucht. In dieser Studie konnten wir Mulmhöhlen-Eigenschaften identifizieren, wie zum Beispiel den Zersetzungsgrad des Mulms, die die Artenvielfalt besonders beeinflussen. Außerdem konnten wir zeigen, dass eine durchgängige Verfügbarkeit von Mulmhöhlen wichtig ist, um ein breites Artenspektrum zu fördern und somit die Artenvielfalt im Wald zu erhalten.

Ein weiteres Ziel war es die Ausbreitungsfähigkeit von drei ausgewählten xylobionten Insekten zu untersuchen, da Ausbreitung ein wichtiges Element zur Aufrechterhaltung des Genflusses zwischen Populationen ist und außerdem die Neubesiedelung von Habitaten ermöglicht. Die Unterbrechung des Genflusses kann zu Isolation führen, was die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens der betreffenden Population erhöht. Deswegen haben wir die Populationsstruktur von drei xylobionten Insekten (ein Käfer und zwei Fliegen) mit Hilfe genetischer Analysen untersucht, um ihre Ausbreitungsfähigkeit abzuschätzen. Wir konnten in unserer Studie zeigen, dass mit der momentanen Verteilung von Mulmhöhlen im Forstbetrieb Ebrach für die untersuchten Arten keine Einschränkung im Genfluss besteht. Daher ist davon auszugehen, dass sich diese Arten momentan noch über das ganze Untersuchungsgebiet ausbreiten. Die drei untersuchten Insektenarten in Mulmhöhlen können jedoch nicht als stellvertretend für die Ausbreitungsfähigkeit aller Mulmhöhleninsekten im Untersuchungsgebiet angesehen werden, da man davon ausgehen muss, dass es auch Arten mit beschränkter Ausbreitungsfähigkeit gibt. Zusammenfassend zeigt unsere Studie, dass die Mulmhöhle ein wichtiges Habitat im Wirtschaftswald ist, das die Artenvielfalt erhalten kann, wenn eine kontinuierliche zeitliche und räumliche Verfügbarkeit verschieden gestalteter Mulmhöhlen gewährleistet wird.

Die forstliche Fernerkundung in stürmischen Zeiten – fernerkundungsbasiertes Sturmschadensmanagement seit dem Gewittersturm Kalle 2017

Rudolf Seitz

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Ergebnisse des Projekts „FastResponse“

Grundlage des Sturmschadensmanagement an der LWF stellt das mit mehreren Partnern durchgeführte Fernerkundungsprojekt „FastResponse“ dar. Es lieferte ein Systemkonzept für die Unterstützung der forstlichen Praxis nach Sturmereignissen durch Fernerkundungstechniken. Sowohl mit satellitengetragenen, aktiven Radarsensoren als auch mit passiven optischen Sensoren wurden dabei in zwei zeitlich unabhängigen Analyseschritten Veränderungen in Waldgebieten digital identifiziert („change detection“). Für die detaillierte Erfassung von Sturmereignisflächen wurde im Ergebnis der Einsatz optischer Satellitendaten empfohlen. Die Ergebnisse wurden im nächsten Schritt mit bereits existierenden digitalen Geodaten und forstlichen Informationsprodukten („Basisdaten“) kombiniert, um Zusatzinformationen zu den Sturmereignisflächen zu generieren. Es wurde weiterhin für die Umsetzung in der forstlichen Praxis vorgesehen, die entstandenen Produkte über die internen GIS-Systeme der Nutzer (z.B. das Bayerische Waldinformationssystem (BayWIS)) verfügbar zu machen. Das System kann durch eine Sturmfrühwarnung auf der Basis von Windgeschwindigkeitsprognosen ergänzt werden. Abschließend wurde die Umsetzung der Projektergebnisse in ein forstliches Krisen-Informationssystem (FKIS) gemeinsam mit Kooperationspartnern wie BaySF, ÖBF etc. empfohlen.

Aus FastResponse wird FKIS

Der Gewittersturm "Kalle", der am Abend des 18. August 2017 mehrere Landkreise vor allem in Niederbayern schwer getroffen hat, entwickelte sich rasch zur ersten Herausforderung an die Fernerkundungskomponente des geplanten FKIS, noch bevor das Informationssystem in Gänze aufgebaut werden konnte. Die ersten vorsichtigen Schätzungen aus den Ämtern ließen bereits nach 2 Tagen befürchten, dass eine große Holzmenge mit Schwerpunkt im Bereich der Ämter Passau-Rothalmünster und Regen den heftigen Sturm Böen zum Opfer gefallen waren.

Die Leitung der Bayerischen Forstverwaltung beauftragte daher die LWF, schnellstmöglich geeignete Fernerkundungsdaten für eine Erfassung der Sturmschadensflächen zu beschaffen und über Methoden der Veränderungsanalyse im Anhalt an die Vorgehensweise im oben beschriebenen Projekt FastResponse Aussagen über die Lage und das Ausmaß der Schadensflächen zu treffen.

Die erste Einschätzung der eingetretenen Schäden, großflächige Würfe, Brüche und Nesterwürfe über nahezu alle Baumarten hinweg, wurde auf der Grundlage von Rückmeldungen aus den Ämtern und eines kurzen Geländebegangs getroffen. Rasch wurde dadurch klar, dass möglichst hoch auflösende Daten benötigt werden, um die Schäden hinreichend zu erfassen. Die Ausdehnung des Scha-

densschwerpunktes über rund 6.000 km² führte zu der Entscheidung semi-automatische Verfahren zu verwenden, die rasch Ergebnisse auch für solch große Flächen liefern können. Visuelle Interpretationen der Flächen in den Fernerkundungsdaten wurden demnach nur zur Verifizierung der Ergebnisse aus der automatisierten Veränderungsanalyse herangezogen.

Nach rund 5 Tagen zeigten die einschlägigen Datenportale die Verfügbarkeit von PlanetScope Dove Satelliten-Daten mit 3m Auflösung für große Teilflächen des Schadensgebietes an. Aufgrund der Wetterprognosen in Kombination mit den Überflugplänen der Sensorsysteme konnte die zeitnahe Verfügbarkeit weiterer Datensätze dieser hochauflösenden Sensoren angenommen werden. Die notwendige Veränderungsanalyse aus diesen Daten wurde an die Firma IABG, Ottobrunn vergeben. Da Daten miteinander verglichen werden konnten, die nur wenige Tage vor bzw. nach dem Sturm erfasst wurden, konnten im Rahmen dieser Auswertung gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden, die den betroffenen Ämtern und der Abteilung F des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Form von Sturmflächenpolygonen nur 12 Tagen nach dem Sturm über BayWIS zur Verfügung standen. Neben großflächigen Sturmwurfflächen konnten auch viele Nesterwürfe mit 0,1–0,2 ha erfasst werden.

Darüber hinaus wurde parallel zur Auswertung der Satellitendaten eine Luftbildbefliegung in Auftrag gegeben, um die Lage, das Ausmaß und die Art der eingetretenen Schäden möglichst präzise wiedergeben zu können. Aufgrund der häufigen Bewölkung über den Schadensschwerpunkten konnte die Befliegung erst 12 Tage nach dem Sturmereignis abgeschlossen werden. Das Ergebnis aus der Befliegung bestand aus digitalen Orthophotos (DOP, Echtfarben und Farbinfrarot) und einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) mit einer Auflösung von 20 cm (DOP) bzw. 1 Meter (DOM) sehr hoher Qualität. Die DOP wurden wiederum über BayWIS 20 Tage nach dem Sturmereignis an die betroffenen Ämter verteilt und stellten unter anderem die Grundlage für die Auszahlung der Räumungskostenzuschüsse dar.

Seit der Datenbereitstellung für die AELF führt die Abteilung 1 der LWF nun weitere vergleichende Auswertungen der Schadensflächen mit den Satellitensystemen RapidEye und Sentinel sowie eine eingehende Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten hochauflösender DOM z.B. bei der momentan noch nicht leistbaren Erfassung von Einzel- und Nesterwürfen sowie schrägstehenden, "angeschobenen" Einzelbäumen durch. Ferner wird die Verwendbarkeit höchstaflösender optischer Satellitendaten (SkySat) und von Radardaten (Sentinel 1) geprüft.

Diese Forschungsaktivitäten sollen dazu dienen, mittelfristig das Instrumentarium des zukünftigen FKIS zu komplettieren und weitere Erfahrungen mit einer möglichst großen Palette von Sensorsystemen vor dem Hintergrund solcher forstlicher Katastrophenfälle zu sammeln.

Der perfekte Schnitt?

Welchen Mehrwert haben Aushaltungsoptimierungssysteme von Harvestern für die Wertschöpfung der Kiefer?

Moritz Bergen¹, Prof. Dr. Eric R. Labelle², Johannes Windisch³

¹Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth (ehemals Technische Universität München)

²Technische Universität München

³Bayerische Staatsforsten (ehemals Technische Universität München)

Der Harvester ist eines der wichtigsten Produktionsmittel in der Forstwirtschaft und besitzt neben der hohen Produktivität seit Beginn der 1990er Jahre auch Bordcomputer mit zahlreichen Funktionen. Unter anderem bieten sie die Möglichkeit, die Sortenbildung mit Hilfe von Preis- und Bedarfsmatrizen zu optimieren. Trotz dieser technischen Möglichkeiten ist bei der Aushaltung immer noch das Auge des Maschinenführers das Maß der Dinge und es wird ohne Unterstützung des On-Board Computers (OBC) manuell ausgehalten, rein aufgrund der visuellen Beurteilung.

Mensch gegen Computer

Die Optimierungsfunktion des OBC zur Sortenbildung basiert auf Algorithmen. Die Eingangsgröße für die Vorhersage über den weiteren Stammverlauf ist der Durchmesser des Baumes auf Höhe des Fällschnitts. Mittels einer Preismatrix kann der OBC die Sortenbildung so gestalten, dass die Wertschöpfung für den Stamm optimal, d. h. maximal ist. Der Maschinenführer muss die vorgeschlagene Sortenbildung lediglich per Knopfdruck bestätigen. Das Ablängen erfolgt dann vollautomatisch. Ob diese Optimierungsfunktion auch unter den Bedingungen der deutschen Forstwirtschaft potenzielle Vorteile bietet, wurde in einer Studie der Professur für Forstliche Verfahrenstechnik unter Praxisbedingungen anhand eines Kiefernbestands in Nordbayern untersucht. Hierfür wurde eine rein manuelle Aushaltung der Stämme – d. h. basierend auf der visuellen Einschätzung des Maschinenführers – mit einer durch den OBC optimierten Aushaltung verglichen. Als Bewertungskriterien wurden die Ausbeute (Fm m. R./Baum) und der Erlös (€/Fm) herangezogen.

Die Ausbeute: Mehr Nutzholz beim OBC

Über den gesamten ausscheidenden Bestand ergab sich mit aktivierter Aushaltungsoptimierung eine Ausbeute von 89 %. Das bedeutet einen NH-Anteil (nicht verwertbares Derbholz) von 11 %. Bei der manuellen Aushaltung belief sich die Ausbeute auf 87 % und somit einem NH-Anteil von 13 %. Mit 1,40 Fm/Baum (manuell) zu 1,53 Fm/Baum (OBC) ist der Unterschied jedoch lediglich in der Stärkeklasse 4 statistisch signifikant und kann somit auf einen positiven Effekt der Aushaltungsoptimierung zurückgeführt werden.

Der Erlös: Leichter Vorteil für den Maschinenführer

Entgegen der Erwartung, dass die Nutzung der Optimierungssoftware den Erlös pro Festmeter erhöhen würde, zeigte sich ein gegenteiliger Effekt. Dieser ist für die Stärkeklassen 3a, 3b und 4 signifikant zu Gunsten der manuellen Aushaltung durch den Maschinenführer ausgefallen.

Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass die Optimierungsalgorithmen auf Stammkurven für Nordische Kiefern beruhen, die davon ausgehen, dass der Stamm kontinuierlich in die Spitze verläuft und die Krone schmal und kegelförmig ist. Solch eine Wuchsform ist hierzulande allerdings selten anzutreffen. Kiefern weisen meist eine asymmetrische, schirmförmige Kronenarchitektur auf. Aufgrund dieser Unterschiede im Kronenaufbau und der sich daraus ergebenden Stammform entspricht die von der Optimierungssoftware vorgeschlagene Aushaltung nur in seltenen Fällen dem tatsächlichen Stammverlauf.

Die Produktivität: Auch hier ein kleines Plus für den Harvesterfahrer

Auch die Produktivität der Maschine war entgegen den Erwartungen bei der manuellen Aushaltung höher als bei der Optimierung. Ein Grund hierfür könnte die höhere Anzahl an Kranbewegungen sein, die bei eingeschalteter Optimierung zu beobachten war. Dies lag daran, dass bei dieser Behandlungsart der OBC entscheidet, welches Sortiment als nächstes ausgehalten werden sollte. Jedoch wechselte der OBC häufig die Sortimente von einem zum nächsten Abschnitt. Da es in der deutschen Forstwirtschaft üblich ist, die Stammabschnitte für den nachfolgenden Rückezugfahrer so abzulegen, dass er diese mit möglichst wenig Aufwand aufladen und abtransportieren kann, wurden die Abschnitte getrennt nach Sortimenten gepoltet. Bei einem häufigen Wechsel zwischen den Sortimenten war der Maschinenführer gezwungen, immer wieder den Kran zum entsprechenden Polter zu bewegen, um die Abschnitte dort ablegen zu können. Während der manuellen Aushaltung waren diese häufigen Wechsel und der damit verbundene höhere Zeitaufwand nicht nötig. Da der Maschinenführer bei dieser Methode selbst entschied, welches Sortiment geschnitten wurde, fanden hier kaum Wechsel der Sortimente zwischen den einzelnen Abschnitten statt.

Fazit

Die Studie hat gezeigt, dass die automatische Sortenbildung durch die Optimierungssoftware des Harvestercomputers in Kiefernbeständen derzeit nicht die gewünschte Steigerung der Wertschöpfung leisten kann. Vielmehr ist ihr unter den gegebenen Bestandsbedingungen die manuelle Sortenbildung durch den Maschinenführer überlegen. Die unzulänglichen Funktionen zur Vorhersage der Stammkurven für Kiefer zeigen deutlich den weiteren Forschungsbedarf auf. Möchte man auch in der Kiefer eine Erhöhung der Wertschöpfung durch Optimierungsalgorithmen realisieren, müssen dementsprechend zuverlässige, auf die hiesige Wuchsform der Kiefer abgestimmte Funktionen entwickelt und in der Praxis geprüft werden. Des Weiteren sollten auch die Effekte der optimierten Aushaltung auf nachfolgende Prozessschritte, zum Beispiel die Rückung und die Distributionslogistik, untersucht und in einer ganzheitlichen Kosten-Nutzen- Betrachtung monetär bewertet werden.

Literatur

Acuna M, Murphy GE (2006): Optimal bucking considering external properties and wood density. *N Z J For Sci* 35(2/3): 139–152

Coyner B (2004): Moving from cut-to-length to cut-to-diameter. *J Logging Sawmills Timber West*. www.forestnet.com/timberwest/archives/May_Jun_04

Fobes EW (1960): Quality-controlled log bucking produces highgrade logs and top lumber \$\$\$\$. *For Prod J* 10(8): 415–418

Hiesl P, Benjamin JG (2014): Harvester productivity and cost in small diameter timber stands in central Maine, U.S.A. In: 37th council on forest engineering, Moline

Kivinen V-P (2004): A Genetic algorithm approach to tree bucking optimization. *For Sci* 50(5): 696–710

Kivinen V-P (2007): Design and testing of stand-specific bucking instructions for use on modern cut-to-length harvesters. Ph.D. dissertation. *Dissertationes Forestales* 37. University of Helsinki, p 65

Labelle ER, Soucy M, Cyr A, Pelletier G (2016): Effect of tree form on the productivity of a cut-to-length harvester in a hardwood dominated stand. *Croat J For Eng* 37(1): 175–183

Marshall HG (2005): An investigation of factors affecting the optimal output log distribution from mechanical harvesting and processing systems. Ph.D. dissertation. Oregon State University, p 226

Mederski P., Bembenek M., Karasziwski Z., Łacka A., Szczepańska-Álvarez A., Rosińska M. (2016): Estimating and modelling harvester productivity in pine stands of different ages, densities and thinning intensities. *Croat J For Eng* 37(1): 27–36

Nakagawa M., Hayashi N., Narushima T. (2010): Effect of tree size on time of each work cycle element and processing productivity using an excavator-based single-grip harvester or processor at a landing. *J For Res* 15(4): 226–233

Pelletier G., Landry D., Girouard M. (2013): A tree classification system for New Brunswick. Northern Hardwoods Research Institute, Edmundston, p 53

Uusitalo J. (2010): Introduction to forest operations and technology. JVP Forest Systems Oy, Tampere, p 287

Uusitalo J., Kokko S., Kivinen V.-P. (2003): Comparison of various treebucking principles in Scots pine. In: Proceedings of the wood for Africa forest engineering conference. Forest Engineering Department, Corvallis, pp 141–148

Uusitalo J., Kokko S., Kivinen V.-P. (2004): The effect of two bucking methods on scots pine lumber quality. *Silva Fenn* 38(3): 291–303

Visser R., Spinelli R. (2012): Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing. *J For Res* 17(5): 397–402

Ursachenforschung zum verstärkten Absterben der Kiefer in Mittelfranken

Dr. Hans-Joachim Klemmt

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Seit der Jahrtausendwende wurde mehrfach, insbesondere aus warm-trockenen Gebieten Europas (Wallis, Rhone-Tal), über ein verstärktes Absterben von Wald-Kiefern (*Pinus sylvestris*) berichtet. Im Jahr 2016 gingen an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) Meldungen der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten über häufiger auftretende, mortalitätsbedingte Ausfälle mittelalter bis alter Kiefern ein. Besonders betroffenen war der kiefernreiche Regierungsbezirk Mittelfranken. Um den möglichen Umfang der Ausfälle abschätzen zu können und ggf. Ursachen ergründen zu können, wurde daher an der LWF in Kooperation mit der Technischen Universität München ein entsprechendes Projekt ins Leben gerufen, dessen wesentliche Ergebnisse in diesem Beitrag kurz vorgestellt werden.

Das Projekt verfolgte zwei Zielrichtungen, um die eingangs skizzierten Grundfragen nach Umfang und Ursachen der Ausfälle zu beantworten. Zum einen sollten terrestrische Inventuren sowie Methoden der Fernerkundung bei der Klärung der Frage helfen, ob das Phänomen großflächig auftritt und ob standörtliche Abhängigkeiten gegeben sind. Zum anderen wurden auf Bestandesebene Forschungsansätze mit „Drohnen“, Jahrringanalysen sowie klassischen phytopathologischen Methoden betrieben, um die konkreten Ursachen des Absterbens von Kiefern in den Waldbeständen zu ergründen.

Teil des ersten Schritts war eine Verdichtung der Aufnahmen bei der jährlichen Waldzustandserhebung. In Mittelfranken konnten 2016 zwar tendenziell höhere Nadelverluste bei der Baumart Kiefer beobachtet werden, eine erhöhte Mortalität in einzelnen Regionen oder gar auf einzelnen Standorten konnte allerdings mittels dieses Aufnahmeverfahrens nicht nachgewiesen werden. Zum gleichen Ergebnis führte die Untersuchung von Satellitendaten des Sentinel-2-Systems der Copernicus-Mission der Europäischen Luft- und Raumfahrtorganisation (ESA).

Um auf Bestandesebene und auf Einzelbaumebene detailliertere Erkenntnisse zu gewinnen, wurden insgesamt fünf Kiefernbestände im Projektgebiet detaillierter untersucht. Diese wurden mit einer „Drohne“ mit aufgesetzter Multispektralkamera befliegen. Weiterhin wurden Jahrringbohrungen an je 15 Bäumen auf je zwei Transekten (Waldrand, Bestandesinneres) in den Beständen an unterschiedlich geschädigten Kiefern durchgeführt und ausgewertet. Diese Auswertung hat deutliche Unterschiede in Jahrringbau sowie in der Vitalität der untersuchten Kiefern gezeigt. Kiefern in Waldrandlagen wiesen über lange Jahre einen deutlich geringeren Zuwachs auf als vergleichbare Individuen im Bestandesinneren. Ebenso lag die Anzahl vitalitätsschwacher Kiefern in Randlagen deutlich höher als im Inneren der untersuchten Bestände. Standörtliche Unterschiede konnten im Rahmen des Projekts allerdings nicht abgesichert werden.

In den fünf Untersuchungsbeständen wurden darüber hinaus 48 mittelstarke bis starke Kiefern unterschiedlicher Vitalität auf den Befall mit Schadorganismen hin untersucht. Hierbei hat sich gezeigt,

dass bei allen Kiefern der Schadpilz *Sphaeropsis sapinea* (synonym: *Diplodia pinea*) mindestens in den jüngsten Zweigen im Kronenbereich vorhanden war. *Sphaeropsis sapinea* ist als Bläuepilz und als Erreger des „Diplodia-Triebsterbens an Koniferen“ bekannt. Es handelt sich um einen Schwächeparasit, der ein gewisses Maß an Vorschädigung für seine pathogene Lebensweise benötigt. Darüber hinaus findet sich der Parasit auch auf abgestorbenem Pflanzenmaterial (saprophytische Lebensweise) oder ohne erkennbare äußere Symptome im Pflanzeninneren lebend (endophytisch) in verschiedenen Pflanzenteilen. Durch die saprophytische und endophytische Lebensweise kommt *Sphaeropsis sapinea* in Waldbeständen häufig vor. Aus zahlreichen Studien ist bekannt, dass der Pilz bei ungünstigen Witterungsverhältnissen oder nach Schadereignissen in eine pathogene, krankheitsverursachende Lebensphase übergehen kann.

Neben dem Vorhandensein von *Sphaeropsis sapinea* wurden weitere potenzielle biotische Schadursachen wie Mistelbefall oder Befall mit rindenbrütenden Insekten (insbesondere Kiefernprachtkäfer) an den Untersuchungsbäumen beobachtet. Ein Befall mit Kiefernmisteln wurde mit unterschiedlicher Intensität an nahezu allen untersuchten Bäumen, unabhängig vom Vitalitätszustand, festgestellt.

In der Gesamtschau wird davon ausgegangen, dass die verstärkten Ausfälle der Kiefer in Mittelfranken 2016 durch die Kombination aus dem Vorhandensein des Schadpilzes *Sphaeropsis sapinea* in Verbindung mit der Witterung des vorausgegangenen Jahres (Trockensommer 2015) gefördert wurden. Zahlreiche Kiefern, und hier insbesondere in besonders exponierten Waldrandlagen, waren hierdurch in der Vitalität eingeschränkt und gestresst. Dies hat, in Verbindung mit begleitenden, sekundären Schadorganismen vermutlich zu den verstärkten Ausfällen geführt.

Die LWF wird den weiteren Schadverlauf auch zukünftig beobachten. Da auch zukünftig häufiger mit sommerlichen Dürreperioden zu rechnen ist, kann eine weitere Schadentwicklung in Kiefernbeständen nicht ausgeschlossen werden. Konsequente Pflege und rechtzeitige, geeignete Waldumbaumaßnahmen sind dringend geboten, um die Bestände zu stabilisieren.

Eichenvitalität und Schädlingsmonitoring im Klimawandel – Ergebnisse der Untersuchungen und Feldversuche im Projekt WAHYKLAS

Bernhard Loock (M.Sc.)

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Im Fränkisch-Würzburger Raum kommt es aufgrund der warm-trockenen klimatischen Prägung der Region regelmäßig zu Massenvermehrungen forstlicher Großschädlinge an Eiche, seit Ende der 1990er Jahre mit maßgeblicher Beteiligung des Eichenprozessionsspinners. Ein erhebliches Problem stellt die Schadensprognose sowohl im Sinne des Pflanzenschutzes als auch für die Gesundheitsvorsorge dar. Es ist dringend erforderlich, den Eichenprozessionsspinner in das Monitoring- und Prognoseprogramm der Eichenfraßgesellschaft einzubinden. Bisherige Methoden der Dichteeinschätzung sind vor allem vor dem Hintergrund sich ausweitender Befallsgebiete nicht praktikabel. Erste grundlegende Versuche zur Entwicklung eines auf Sexuallockstoffen basierenden Überwachungssystems, wie es für Nonne (*Lymantria monacha*) und Schwammspinner (*Lymantria dispar*) bereits erfolgreich praktiziert wird, wurden durchgeführt. Der Stand der Erkenntnisse ermöglichte jedoch bisher weder methodisch, noch hinsichtlich der Aussagesicherheit die Entwicklung eines praxisfähigen Verfahrens.

Im Rahmen des Verbundprojekts WAHYKLAS, finanziert durch den Waldklimafonds, wurden im Zeitraum von 2014 bis 2017 verschiedene Untersuchungsansätze zur dieser Problemstellungen verfolgt. Zum einen wurden in 10 Versuchsflächen 16 Probekreise à 50 Eichen angelegt und im 2-Wochen-Rhythmus hinsichtlich Vitalitätsmerkmalen und Fraßgeschehen bonitiert. Zum anderen wurde in einer Reihe aufeinander aufbauender Feldversuche die Praktikabilität eines pheromon-gestützten Monitorings für den Eichenprozessionsspinner evaluiert.

Sämtliche Versuchsflächen haben eine Historie starker Vorschädigungen, die aus biotischen und abiotischen Schadereignissen in den Jahren 2006 – 2012 hervorgehen. Diese Vorschädigungen äußerten sich Anfang 2014 in Kronenbildern, die durch starke Feinreisigverluste und Büschelbildung sowie einen großen Anteil Totäste und abgestorbenen Kronenteilen gekennzeichnet waren. Um unter diesen Voraussetzungen effektive Beobachtungen zu Vitalitätsveränderungen gewährleisten zu können, wurde in Kooperation mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, dem Staatsbetrieb Sachsenforst und ThüringenForst ein Aufnahmekonzept zur Eichenvitalität entwickelt. Die Belaubung wird darin nicht als Abweichung von einer idealen Krone gemessen, sondern in Beziehung zur bestehenden Kronenstruktur und Feinreisigausstattung beurteilt. Eine stark vorgeschädigte Eiche, die aber an ihrer geschädigten Krone eine vollständige, großblättrige und gesund gefärbte Belaubung aufweist, erreicht die höchste Belaubungsstufe. Darüber hinaus werden Fraßschäden gesondert aufgenommen, um in der Bonitierung zwischen diesen und abiotisch bzw. anderweitig bedingten Vitalitätsdefiziten der betreffenden Eiche unterscheiden zu können.

Die Jahre 2014 und 2015 waren gekennzeichnet von mittleren Fraßschäden, die hauptsächlich von Frostspannerarten verursacht wurden. Der maximale Blattverlust durch Fraßschäden bewegte sich in beiden Jahren im Durchschnitt über alle Probeflächen in der Fraßstufe 1 (11-30% Blattverlust), mit

leicht höheren Werten in 2015; die absoluten Werte zeigen, dass die Situation für Einzelbäume weit dramatischer war. 2014 wiesen 14% aller Probebäume Belaubungsverluste durch Fraßgeschehen von über 30% auf, 2015 sogar jede vierte. Die minimale Belaubung nach vollständig erfolgtem Austrieb bewegte sich korrespondierend in der Belaubungsstufe 1 (71-90% Belaubung), allerdings mit leicht erhöhten Werten in 2014. Die absoluten Werte allerdings zeichnen auch hier für Einzelbäume ein deutlich schlechteres Bild: 2014 und 2015 hatten 58% aller Probeeichen zeitweise eine Belaubung von weniger als 70%. In den Jahren 2016 und 2017 erfolgten nur äußerst geringfügige Fraßschäden (Fraßstufe 0, 0-10% Blattverlust) und die Reaktion der Eiche folgte prompt. Die durchschnittliche Belaubungsstufe befand sich deutlich in der Klasse 0 (0-10% Belaubungsdefizit); 2016 hatten nur 77 von 794 Eichen weniger als 70% Belaubung, 2017 36 von 794 (10 und 5%).

Der Trockensommer 2015, in dem in den Versuchsflächen während der Vegetationsperiode nur 174 bis 238 mm Niederschlag fiel, hatte keinerlei messbaren Auswirkungen auf Belaubung oder Zuwachsraten. Ganz im Gegenteil folgte auf das Jahr 2015, in dem eine Kombination aus biotischen (Fraßgeschehen) und abiotischen (Niederschlagsmangel) Schadfaktoren einwirkte, in 2016 der mit Abstand größte Zuwachs: Durchschnittlich 42,72% des gesamten Zuwachses während des Untersuchungszeitraum 2015 – 2017 entfielen auf dieses Jahr. Insgesamt sind die Ergebnisse der Vitalitätsbeobachtungen vor dem Hintergrund relativ geringer Schadeinwirkungen zu sehen und bestätigen, dass die Eiche äußerst resilient gegenüber verschiedenen Schadfaktoren ist, wobei biotische Faktoren zu deutlich höherem Stress führen als ein (einmaliger) Trockensommer.

Die 4-jährige Reihe an Feldversuchen zur Evaluierung eines pheromongestützten Monitorings des Eichenprozessionsspinners baute konsekutiv aufeinander auf und steigerte sich Jahr für Jahr in Komplexität und Ausmaß. 2014 wurden in den 16 Probekreisen jeweils 4 Pheromonfallen mit 2 Testlockstoffen installiert. Die Populationsdichte des Eichenprozessionsspinners wurde mittels Zählung der diesjährigen Gespinstnester sowie der Entnahme von Zweigproben zur Eiablagedichte im Winter ermittelt. Die Fangergebnisse beider Lockstoffe waren extrem breit gestreut und in keiner Korrelation zur festgestellten Populationsdichte. Daher wurde der Versuch 2015 mit zwei neuen, im europäischen Ausland erfolgreichen Lockstoffen wiederholt. Zusätzlich wurde in einem stark befallenen Waldgebiet ein Versuch mit Lockstoffen von 9 Herstellern durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse wurde ein Lockstoff des Herstellers *Pherobank* für die weiteren Versuche ausgewählt.

2016 und 2017 wurde ein in Kooperation mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, dem Landesbetrieb Forst Brandenburg, dem Staatsbetrieb Sachsenforst und ThüringenForst entwickeltes Versuchskonzept mit 4 Modulen durchgeführt. Die zu beantwortenden grundlegenden Fragen lauteten: Welche Korrelation besteht zwischen Populationsdichte und Fangergebnissen? Wie groß ist der Einzugsbereich einer Falle? Wie verhalten sich mehrere Fallen in einem Fallensystem zueinander? Welchen Einfluss haben topografische Parameter auf das Fangergebnis?

Kernmodule waren hierbei zum einen ein System mit 4 Einzelfallen in 4 Versuchsbeständen mit unterschiedlichen Populationsdichten, zum anderen ein Fallensystem mit einer Anordnung von 16 Fallen in einem lateinischen Quadrat mit identischem Abstand von 30 bis 35m zwischen jeder einzelnen Falle. In diesem System gibt es zwei mögliche eindeutige Ergebnisse. 1. In den äußeren Fallen werden deutlich mehr Falter gefangen als in den inneren, was für einen großen Einzugsbereich jeder Falle

und ein Abschöpfen der Falter an den ersten Lockstoffquellen spräche. 2. In den inneren Fallen werden konsistent mehr Falter als in den äußeren gefangen, was für einen geringen Einzugsbereich und Ansteigen der Fänge mit Konzentration des Lockstoffes spräche.

Für die bayerischen Module der 4 Einzelfallen je Bestand konnte weder 2016 noch 2017 eine statistisch belastbare Korrelation zwischen Fangergebnis und Populationsdichte festgestellt werden. Ebenso konnte in den lateinischen Quadraten weder ein eindeutiges Innen-Außen, noch ein Nord-Süd bzw. West-Ost Verhältnis der Fangergebnisse ermittelt werden. Zusätzlich wurden Begleitversuche in Umgebungen ohne Eichen durchgeführt. An Fallen an einer Pappelkulisse, einer einzelnen Weide und einem Maisfeld (> 500m Umkreis keine Eiche) sowie in einem Obsthain (>2,5km Umkreis keine Eiche) wurden teils hohe Fangzahlen festgestellt.

Ein pheromonbasiertes Monitoring des Eichenprozessionsspinners ist daher aufgrund des hohen Einzugsbereichs der Fallen, des hohen Dispersionsdrangs der männlichen Imagines sowie der Anfälligkeit der Fallen für topografische Faktoren großflächig nicht praktikabel.

