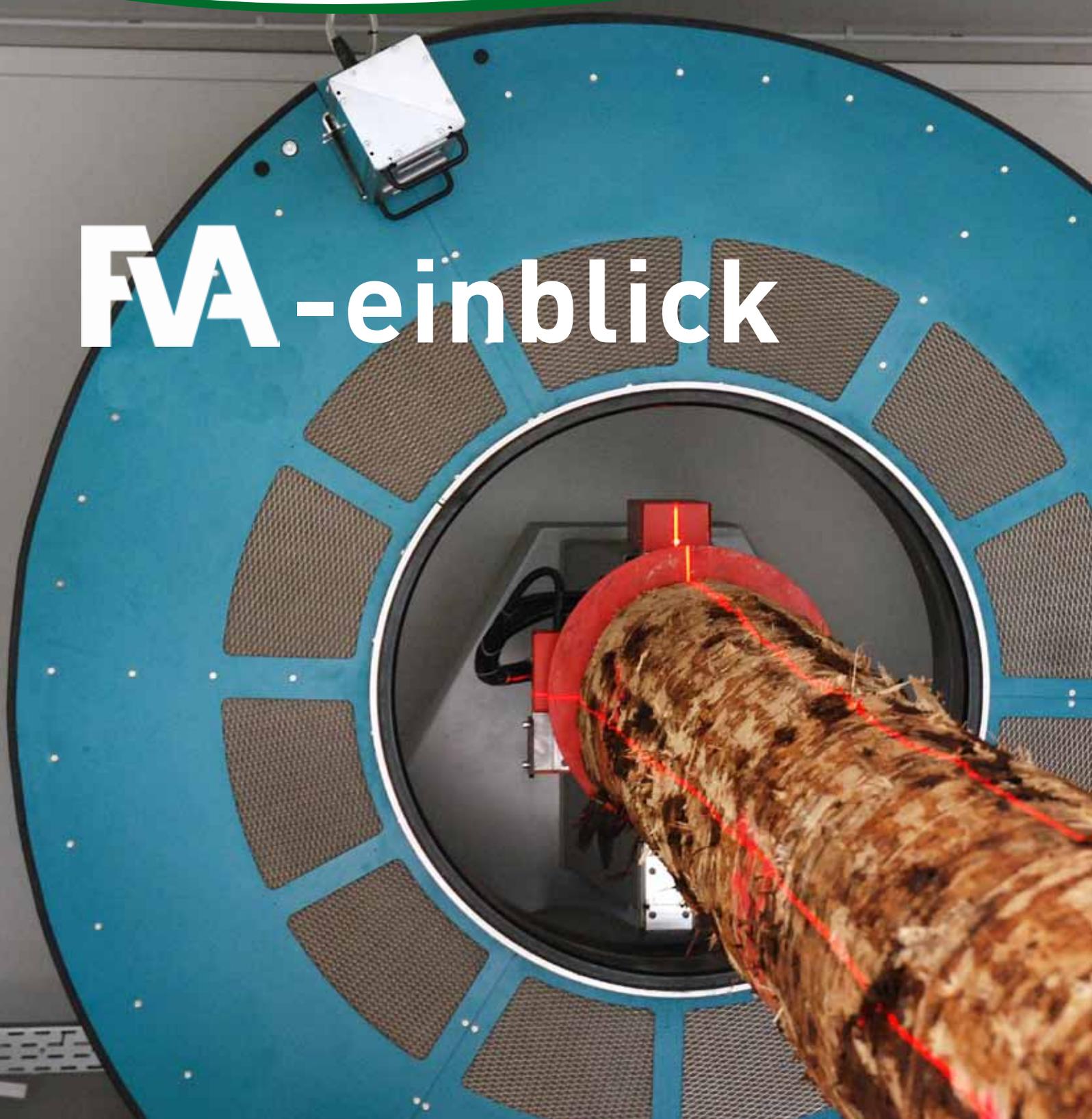




Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg

Nr. 1, April 2013, Jahrgang 17  
ISSN 1614-7707

# FVA - einblick



## Inhalt

- 3 Leipzig 1713: „Sylvicultura oeconomica“ von Hans Carl von Carlowitz erscheint
- 7 Der Wildapfel - Baum des Jahres 2013
- 10 Europäische Spinne des Jahres 2013: die Gemeine Tapezierspinne
- 12 Die Bedeutung von Baden-Württembergs Wäldern für die Erholung
- 16 Stichprobenverfahren der temporären Betriebsinventur im Vergleich
- 20 Forschung mit dem Computertomografen an der FVA

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

für die Forstwirtschaft ist das Jahr 2013 ein Jubiläumsjahr: 1713 - vor 300 Jahren – definierte der Berghauptmann Hans Carl von Carlowitz den Begriff Nachhaltigkeit in seinem Werk *Sylvicultura oeconomica* und beschrieb, wie sich die Nachhaltigkeit in der Waldbewirtschaftung realisieren lässt. Mit diesem Thema beginnt die erste Ausgabe des FVA-einblicks des Jahres 2013. Der Rückblick in die Wurzeln der Nachhaltigkeit zeigt, wie die Lehren aus dem 18. und 19. Jahrhundert zum Fundament der heutigen, nachhaltig bewirtschafteten Wälder wurden.

Seit 25 Jahren wird jährlich der Baum des Jahres gewählt: 2013 heißt dieser Baum Wildapfel (*Malus sylvestris*). Eine weitere „Titelträgerin“ ist die Gemeine Tapezierspinne als Spinne des Jahres 2013. Beide Titelträgerinnen werden porträtiert.

Dem Besucherverhalten in Baden-Württembergischen Wäldern ist ein weiterer Beitrag gewidmet. Was zieht Menschen in den Wald? Was schätzen sie am Wald? In den letzten Jahren wurden dazu qualitative Befragungen durchgeführt, und so Daten über die Erholungswirkung und die Wahrnehmung des Waldes durch die Waldbesuchenden erhoben. Die daraus resultierenden Erkenntnisse werden hier vorgestellt. In dem darauf folgenden Beitrag geht es um ein Waldinventur-Aufnahmeverfahren: Die 6-Baum-Stichprobe war in die Kritik geraten; Zweifel wurden laut, ob die Vorratschätzung dieses Aufnahmeverfahrens korrekte Ergebnisse liefert. In dem vorliegenden Beitrag können diese Zweifel mithilfe des Stichprobensimulators STIPSI beseitigt werden.

Seit 2008 setzt die FVA die Röntgentechnologie zur Erkennung der inneren Strukturen des Rundholzes ein. Der letzte Beitrag der vorliegenden Ausgabe zeigt die Fortschritte der Forschung mit dem Computertomografen auf dem Weg zur automatisierten Erkennung der Qualitätsparameter des Nadelrundholzes auf.

Viel nachhaltige Freude beim Lesen dieser Nachhaltigkeitsausgabe!

Ihre FVA-einblick-Redaktion



## Impressum

### Herausgeber

Prof. Konstantin Frhr. von Teuffel,  
Direktor der Forstlichen Versuchs- und  
Forschungsanstalt Baden-Württemberg

### Adresse

Wonnhaldestr. 4  
D-79100 Freiburg  
Telefon: (07 61) 40 18 – 0  
Fax: (07 61) 40 18 – 3 33  
fva-bw@forst.bwl.de  
www.fva-bw.de

### Redaktion

Alfons Bieling  
Svenja Bonadio  
Steffen Haas  
Dr. Kaisu Makkonen-Spiecker  
Dr. Jürgen Schäffer  
Thomas Weidner

### Bildherkunft

Thomas Weidner: Titelbild  
Wenn nicht anders angegeben, stammen die Abb. und Tab. von den Autoren.

### Auflage

1.700 Exemplare

Die Redaktion behält sich die sinnwahrende Kürzung, das Einsetzen von Titeln und Hervorhebungen vor. Die Beiträge müssen nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wiedergeben.

**Freiburg i. Brsg., April 2013**

# Leipzig 1713: „Sylvicultura oeconomica“ von Hans Carl von Carlowitz erscheint

von Helmut Brandl

In der forstgeschichtlichen Literatur ist seit langem unumstritten, dass das Werk „Sylvicultura oeconomica“ für seine Zeit und darüber hinaus einen außerordentlichen Rang einnimmt (Hasel 1985, S. 222). In jüngster Zeit haben Huss & v. Gadow (2012) den Inhalt des Buches einer eingehenden Analyse und Würdigung unterzogen.

## Der Begriff der Nachhaltigkeit

Der sächsische Berghauptmann Hans Carl von Carlowitz versteht darunter „eine sothane Conservation und Anbau des Holzes anzustellen, dass es eine continuierliche, beständige und nachhaltende Nutzung gebe.“ (Hervorhebung durch Verf.; im Original S. 105, zit. nach Huss & v. Gadow, S. 27). Aus Vergleichen mit anderen Textstellen schließen die Verfasser, dass v. Carlowitz vor allem aus stilistischen Gründen ein zusätzliches Synonym für die häufig verwendeten Begriffe „beständig“, „immerwährend“, „continuierlich“, „pflöglich“, „perpetuierlich“ suchte, um sich nicht zu wiederholen (ebd. S.27). Inhaltlich geht daher dieser Begriff über die anderen nicht hinaus.

Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder begründet v. Carlowitz mit einer Gegenüberstellung. Auf der einen Seite beschreibt er detailreich und umfassend die vielfältige Verwendung von Holz und anderen Baumprodukten als unentbehrlichen Energie- und Rohstofflieferanten. Später wurde diese Wirtschaftsepoche als das „Hölzerne

Zeitalter“ bezeichnet (Mantel 1990, S. 192). Diesem Bedarf stellt er eindrücklich eine drohende Holznot gegenüber, wenn einer schon bestehenden oder sich ausbreitenden Waldzerstörung nicht Einhalt geboten wird (Huss & v. Gadow, S.22 u.23).

Diese prognostizierte Gefahr bildet den Hintergrund für die sehr gründlichen Ausführungen über den Waldbau, sie bilden den umfangreichsten Teil des Buches. Vor allem die Techniken der künstlichen Verjüngung und besonders die Nadelholzsatz werden ausführlich behandelt. Die Sorge um den Wiederaufbau und die Pflege der künftigen Waldgenerationen bildet einen Schwerpunkt im Buch (Huss & v. Gadow, S. 29-36). Weit über ein rein fachliches Lehrbuch hinausgehend hat v. Carlowitz die Stellung von Wald und Forstwirtschaft in religiöse und kulturhistorische Zusammenhänge gebracht. Ein Aspekt, den Huss & v. Gadow (wohl erstmalig) herausgearbeitet haben (S. 10-17).

Eine Frage beantwortet das Werk nicht: Wie kann die nachhaltig tragbare Höhe der Holznutzung in einem Wald bestimmt werden. Es werden keine Hilfen oder Instrumente beschrieben,

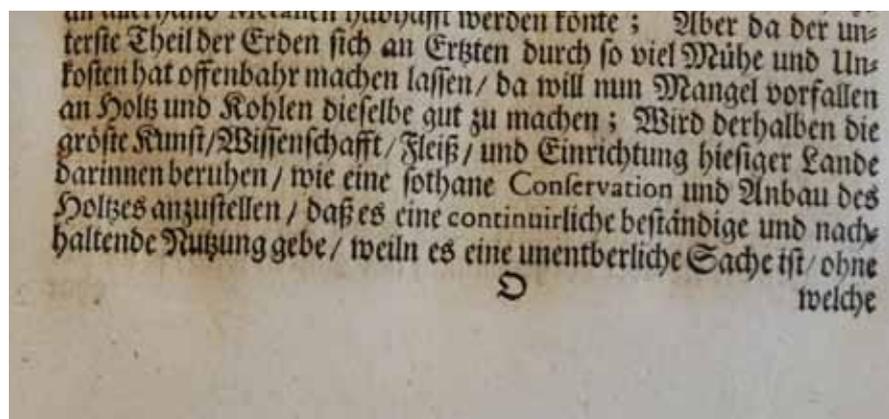


Abb. 1: Die erste Erwähnung der „Nachhaltigkeit“

(Foto: Thomas Weidner)

um aus den Größen Fläche, Holzvorrat und Zuwachs einen zulässigen Nutzungssatz herzuleiten. Nur die Aufteilung einer Waldfläche in Schläge wird genannt. Genauere Methoden der Ertragsregelung wurden erst Jahrzehnte später entwickelt (s. unten).

## Frühe Wurzeln der Nachhaltigkeit

Die Forderung nach einer „pfleghchen“ Waldbehandlung lässt sich weit in die Vergangenheit zurückverfolgen. V. Carlowitz weist selbst auf frühere Beispiele einer schonenden oder pfleghlichen Waldwirtschaft hin und belegt dies mit Beispielen aus Spanien und England (Huss & v. Gadow S. 28).

Andere Quellen gehen wesentlich weiter zurück. In den Weistümern des Mittelalters finden sich mehrfach Bestimmungen zu Nutzungsbeschränkungen in den Genossenschafts- und Allmendwäldern um die Wälder zu erhalten und damit eine ständige Bereitstellung an Holz und anderen Waldnutzungen zu gewährleisten (Mantel 1990, S. 380). Derartige Weistümer existierten in Form mündlicher Überlieferungen bereits lange bevor sie ab dem 14. Jahrhundert schriftlich niedergelegt wurden (ebd. S. 156/157).

In der Praxis war es lange üblich, die Holznutzung entweder durch ungerichtete Plenterung im Hochwald oder in Form „eines Herumhackens im Busch“

im Ausschlagwald auszuüben (Mantel 1990, S. 392). Erst durch die Entwicklung von Formen einer Ertrags- und Betriebsregelung, durch die eine Ordnung der Nutzung nach Raum und Zeit möglich wurde, konnte die Nachhaltigkeit der Nutzungen gewährleistet werden.

Als erste, sehr einfache Form wurde im Mittelalter die Schlagwirtschaft entwickelt. Die Einteilung eines bestimmten Waldes in jeweils jährlich zu nutzende Schläge entsprechend der Zahl der Jahre einer festgelegten Umlaufperiode verfolgte das Ziel gleicher Holzerträge. Früheste Nachweise einer Schlageinteilung liegen aus dem Rheingebiet in Verbindung mit der Hackwaldwirtschaft vor. Dabei handelt es sich um eine land- und forstwirtschaftliche Mischnutzung. Nach dem Abtrieb eines Schlages wird ein bis drei Jahre lang Getreidesamen „eigehackt“ und später mit Sichel geerntet. Im Schwarzwald wurde diese Form der Schlagwirtschaft unter dem Namen „Reut- und Weidfeldwirtschaft ausgeübt“ (Brandl 1993, S. 7).

Eine Schlageinteilung in größeren Ausschlagwäldungen war in einem lateinischen Güterverzeichnis für einen Hof bei Erfurt im Jahr 1264 beschrieben worden. Der Wald des Hofes war in 9 Schläge eingeteilt worden, die im 9-jährigen Umtrieb nacheinander geschlagen wurden (Mantel 1990, S. 394).

Neben der Fläche spielen Holzvorrat und Zuwachs eine weitere zentrale Rolle bei der Erfassung der Ertragsleistung eines Waldes. Zur Sicherstellung des hohen Holzbedarfs von großgewerblichen Montanbetrieben und Salinen wurden für die dortigen Wälder Methoden der Massenteilung entwickelt. Auf einer bestimmten Waldfläche wurde der aufstockende Holzvorrat und zum Teil auch der Zuwachs geschätzt und dessen Nutzung auf die Jahre einer Nutzungsperiode verteilt. Die Methoden des Flächen- und des Massenfachwerks wurden im 17. und 18. Jahrhundert stetig verfeinert und verbessert (Mantel 1990, S. 396-400).

Der Wiederaufbau kahlgeschlagener und zum Teil bereits devastierter Waldflächen war eine weitere zentrale Frage zur Sicherung der Nachhaltigkeit.

V. Carlowitz hat der Technik von Saat und Pflanzung für Laub- und Nadelholz große Aufmerksamkeit gewidmet. Er konnte dabei auf frühe Quellen zurückgreifen. Die Nadelholzsäat gewann vor allem zur Wiederbestockung kahlgeschlagener Flächen große Bedeutung.

„Es ist ein historischer Glücksfall, ... dass die erste Nadelholzsäat nachgewiesen ist“ (Mantel 1990, S.345). Im Jahr 1368 ließ Peter Stromer (auch Stromair und Stromeir geschrieben), ein Nürnberger Patrizier und Großhandels herr, im Nürnberger Reichswald die erste für Deutschland nachweisbare Nadelholzsäat ausführen. Bis 1388 wurden an anderen Stellen im Reichswald weitere Saaten durchgeführt. Stromer gilt als der Erfinder der Nadelholzsäat, er legte damit „den Grundstein für eine spätere große Entwicklung der Forstkulturtechnik“ (Mantel 1980, S. 702 und 1990, S. 345/346).

Bemerkenswert ist, dass diese spezielle Technik rasch Fuß fasste. Die Freie Reichsstadt Nürnberg nahm diese Methode mitsamt Saatgutgewinnung, Saatgutverarbeitung und Saatanweisung in ihre Obhut. Die so genannten „Tannensäer“, die als Unternehmer im Auftrag der Stadt und für deren wirtschaftlichen Interessen arbeiteten, verbreiteten die Technik überregional, beispielsweise in den Reichswald der Stadt Frankfurt sowie in andere deutsche Territorien und international bis nach Österreich und in die Niederlande. Die Technik wurde dabei laufend verbessert, die Tannensäer verfassten auch schriftliche Anweisungen für ihre Abnehmer. Mantel charakterisiert die Entwicklung der Nadelholzsäat als „forstliche Kulturthat, die in der forstlichen Welt keine Parallele hat“ (1990, S. 345-349).

In Bezug auf eine nachhaltige Orientierung der Waldbewirtschaftung wurde im 16. Jahrhundert ein Höhepunkt erreicht. Die Fortschritte werden vor allem dem herausragenden Wirken des Kurpfälzischen Hofrates Noe Meurer zugeschrieben. In seinem Buch „Jag- und Forstrecht“ von 1576 sowie in den von ihm mitverfassten Kurpfälzischen Forstordnungen von 1565 und 1572 wird der



Abb. 2: *Sylvicultura oeconomica*: Schmutztitel (Foto: Thomas Weidner)

Stand des damaligen forstlichen Wissens in einer für die Praxis nutzbaren Weise umfassend dargestellt. Inhaltlich sind dies vor allem „die Einführung regelmäßiger Schläge mit mehrjähriger Hege, die Sorge für Naturverjüngung (Stockausschlag und Besamung), die Anwendung der künstlichen Verjüngung mit Laub- und Nadelholzzaat und -pflanzung und die Bestandespflege mit Stangenholzdurchforstung. Bei den angeführten Maßnahmen ragen in Zielsetzung und Technik Forstsaatwesen und Bestandespflege als für die Praxis völlig neuartige Maßnahmen... besonders hervor“ (Mantel 1980, S. 783 und 784).

In der Bedeutung für das Forstwesen der jeweiligen Zeit wird Noe Meurer gleichberechtigt neben v. Carlowitz gestellt. Beiden war eine erstmalige, selbständige und umfassende Darstellung der Kenntnisse über die Waldwirtschaft in ihren Werken gelungen (Mantel 1980, S. 640).

Die Forstordnungen selbst wurden mit der Adaption des römischen Rechts in Deutschland von den Landesherrn als Instrument zu Aufbau und Durchsetzung einer umfassenden Forsthoheit über alle Wälder ihres Territoriums erlassen. Dadurch wurden einerseits die Maßnahmen zur Walderhaltung und Waldpflege in einer für die Praxis nutzbaren Weise beschrieben. Auf der anderen Seite wurden die bisher gebräuchlichen Formen der Waldnutzung einer landesherrlichen Aufsicht und Forstpolizei unterstellt und Nutzungen nur nach Genehmigung durch die neu etablierten Forstverwaltung und ihrer Organe erlaubt (Mantel 1990, S. 164/165). Dies führte naturgemäß zu Konflikten und harten Auseinandersetzungen mit den betroffenen weltlichen und geistlichen Herrschaften und vor allem mit der direkt betroffenen bürgerlichen Bevölkerung (Mantel 1980, S. 775). Im deutschen Bauernkrieg von 1524-1526 war die Rückgewinnung des freien Zugangs zu den Wäldern einer der 12 Punkte in dem Katalog der Forderungen der Bauernschaft.

Der Dualismus zwischen Freiheit des Waldbesitzers und der staatlichen Forstaufsicht im Interesse der Allge-

meinheit blieb die ganzen Jahrhunderte hindurch die Kardinalfrage der Forstgesetzgebung.

Alle Bestrebungen nach einer geordneten, nachhaltigen Waldbewirtschaftung erfuhren durch den 30-jährigen Krieg und die weiteren Kriege im 17. Jahrhundert einen jähen, tiefgreifenden und langandauernden Einbruch. Erst v. Carlowitz knüpfte an den alten Wissensstand aus der Zeit der Forstordnungen an und schuf mit seinem Werk eine neue Basis für eine fortschrittliche Waldbewirtschaftung.

## Die Zeit nach 1713

### Merkantilismus und Frühkapitalismus im 18. Jahrhundert

Neue politische und wirtschaftliche Entwicklungen bestimmten in zunehmendem Maße das Geschehen im Wald. Der hohe und stetig zunehmende Geldbedarf der Fürstenhöfe führte unter dem Einfluss des Merkantilismus zu einem Ausbau von Gewerbebezweigen mit einem sehr hohen Holzverbrauch wie Montanindustrie, Glashütten und Porzellanmanufakturen. Zur Deckung des stetig zunehmenden Bedarfs wurden sowohl die landesherrlichen Wälder als auch die der Untertanen herangezogen.

Im Zeichen des Frühkapitalismus wurde der Export von starkem Stammholz auf den Flüssen des Schwarzwaldes und dann auf dem Rhein bis in die Niederlande lukrativ. Kapitalkräftige Floßherren beziehungsweise Holzkompanien bauten die Holzvorräte im Nord-schwarzwald ab. In der Regel hinterließen diese „Holländerholzhiebe“ riesige Kahlfelder, für deren Wiederbewaldung niemand sorgte.

Im Zuge der Bevölkerungszunahme wurde auch die wenig effiziente land- und forstwirtschaftliche Mischnutzung der siedlungsnahen Wälder ausgedehnt – auch hier meist ohne Anstrengungen zur Wiederbewaldung (Brandl 1993, S.7/8). Der Befund war am Ende erschütternd. „Im 18. Jh. war der Wald auf seinem tiefsten Zustand in seiner Entwicklung angelangt...es ist im gro-



Abb. 3: Sylvicultura oeconomica: Titelseite (Foto: Thomas Weidner)

ßen Überblick allgemein eine weitgehende Waldverwüstung gegeben, bei der noch vorhandenen Waldbestände ausgeplündert waren und wesentliche Waldteile als Ödland oder mit Blößen durchsetzter Heide-, Busch- oder Hute-wald dalagen... Das größte Übel aber waren die nicht aufgeforsteten und dann verödeten Waldflächen“ (Mantel 1990, S. 423).

### Der Wiederaufbau der Wälder im 19. Jahrhundert

Mehrere Entwicklungen führten zu einer Wende. Das Holz als einzige Energiequelle wurde Zug um Zug durch die Steinkohle abgelöst. Durch Reformen in der Landwirtschaft konnte auf die landwirtschaftliche Nutzung von Waldflächen zunehmend verzichtet werden. Die Eisenbahn machte Holztransporte außerhalb der Wasserwege möglich. Neue Ideen in der Rechts- und Wirtschaftsordnung brachten die Entlastung

der Wälder von mehrfachen Nutzungsrechten auf der gleichen Waldfläche. In den meisten Waldungen konnte der Holzeinschlag reduziert werden, die Holzvorräte nahmen zu.

Große Aufbauprogramme zur Wiederbestockung der devastierten Waldflächen wurden in Gang gesetzt. Die Waldfläche wurde durch die Aufforstung von Ödländereien vergrößert. In der Zeit ab 1800 bis 1985 nahm im Schwarzwald der Waldanteil von rd. 32% auf 53% zu, in der Lüneburger Heide von rd. 12 auf über 30% (Brandl 1993, S. 9-14).

Für die endgültige Etablierung des Nachhaltiggedankens spielten die Reform der Ausbildung des im Wald tätigen Forstpersonals und eine neue Struktur des gesamten Forstwesens die entscheidende Rolle. In wenigen Jahrzehnten um die Jahrhundertwende gelang es einigen wenigen herausragenden Persönlichkeiten wie Cotta, Hartig, Pfeil, Hundeshagen, Heyer, König – später als „Forstliche Klassiker“ bezeichnet – die Forstwissenschaften als eine eigenständige Disziplin an den Universitäten zu etablieren und damit den gesamten Berufstand mit vorgeschriebenen Ausbildungsgängen zu professionalisieren. Eine rationelle Forstwirtschaft mit wissenschaftlicher Basis und einer gut strukturierten Forstverwaltung wurde aufgebaut (Hasel 1985, S. 229-240).

Die bisher nur in Ansätzen gelöste Frage, welche Holzmenzen nachhaltig in einem bestimmten Wald jährlich genutzt werden können, wurde durch die Entwicklung von wissenschaftlich fundierten Ertragsregelungsverfahren innerhalb der Forsteinrichtung gelöst (Mantel 1990, S. 378 und 391-408). Im

Laufe der Zeit wurden die Instrumente zur Herleitung von nachhaltigen Hiebsätzen immer weiter entwickelt und verfeinert bis hin zu den Möglichkeiten, welche die in Abständen wiederholten Bundeswaldinventuren heute bieten.

Das Instrument langfristig beobachteter Versuchsflächen zu einer genaueren Ermittlung der Wuchsleistung von Baumarten und Beständen wurde zusätzlich als wichtig erkannt. Ab 1868 und besonders nach dem Krieg von 1870/71 gründeten die Länder eigenständige forstliche Versuchsanstalten, die als Betriebsforschungsinstitute den jeweiligen Forstverwaltungen unterstanden (Schumacher 2000, S. 5-15). Zunächst standen die Fragen der Wald-ertragskunde und der Forsteinrichtung im Vordergrund. Mit der Zunahme der Anforderungen der Bevölkerung an die Leistungen des Waldes in vielen weiteren Bereichen wurde die Zahl langfristige angelegter Monitoringsysteme ständig erweitert, um möglichst viele Parameter des Ökosystems Wald in die Beobachtung einzubeziehen.

## Wald und Forstwirtschaft im 20. und 21. Jahrhundert

Durch die Reformen und die gewaltige Aufbauleistung im 19. Jahrhundert waren Idee und Realisierung der Nachhaltigkeit im Forstwesen so verankert, dass sich bis in unsere Zeit hinein dieses Fundament als tragfähig erweist. Die reichen Holzvorräte aus der Zeit vor dem ersten Weltkrieg machten es möglich, die immensen Anforderungen an Holznutzungen in und nach zwei Weltkriegen weitgehend zu erfüllen. Der unbedingte Wille, übernutzte Wälder zum Beispiel für die Brennholzversorgung der Bevölkerung oder für die

F- und E-Hiebe in der französischen Besatzungszone so bald wie möglich wieder aufzuforsten, und die Holznutzung der Leistungsfähigkeit des Waldes anzupassen, war ungebrochen und führte zu einem raschen Wiederaufbau.

Heute gilt es, die Nachhaltigkeit in allen Bereichen der Leistungen des Waldes – ökologisch, ökonomisch, sozial und kulturell – zu gewährleisten. Die Lehren aus dem 18. und dem 19. Jahrhundert waren bestimmend für den hervorragenden Zustand der deutschen Wälder heute.

Der über Jahrhunderte gehende Weg zur heutigen Form der forstlichen Nachhaltigkeit war geprägt von einem Wechsel von Fortschritten und Rückschlägen. Das Ziel der Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Wälder wurde trotz aller Rückschläge immer wieder aufgegriffen und von herausragenden Persönlichkeiten vorangetrieben. Hans Carl von Carlowitz hat vor 300 Jahren nicht nur das Wort „nachhaltend“ erstmalig verwendet und damit den Begriff „Nachhaltigkeit“ auf den Weg gebracht. Vor allem hat er aufgrund seiner für die damalige Zeit alles überragenden fachlichen Kompetenz mit seinem Buch „Sylvicultura oeconomica“ ein umfassendes und richtunggebendes forstliches Werk geschaffen, das für lange Zeit Vorbild und Markstein war. Es lohnt sich auch heute noch, nicht nur den einen Begriff, sondern auch den Inhalt des Buches in Erinnerung zu rufen, um Hans Carl von Carlowitz' Verdienste auch außerhalb des ausgebrochenen „Hype“ um den Begriff zu würdigen

Prof. Dr. Helmut Brandl  
brandl-freiburg@gmx.de

## Literatur

- Brandl, H. (1993): *Wald im Wandel*. In: *Danzer Holz Aktuell*, Nr. 9, S. 4-17
- Hasel, K. (1985): *Forstgeschichte*. Hamburg und Berlin
- Huss, J. & von Gadow, F. (2012): *Einführung in das Faksimile der Erstausgabe der Sylvicultura oeconomica von H. C. von CARLOWITZ, Leipzig, 1713. Faksimile im Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter*
- Mantel, K. (1980): *Forstgeschichte des 16. Jahrhunderts unter dem Einfluss der Forstordnungen und Noe Meurers*. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg. Kommissionsverlag: Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Mantel, K. (1990): *Wald und Forst in der Geschichte*. Alfeld-Hannover
- Schumacher, W. (2000): *125 Jahre forstliche Betriebsforschung in Baden-Württemberg*. In: *Freiburger Forstliche Forschung, Berichte, Heft 21*, Freiburg

# Der Wildapfel - Baum des Jahres 2013

von Manuel Karopka und Katharina Töpfer

**Wo findet man eigentlich noch echte Wildäpfel? Mit dieser Frage werden Forstbedienstete nach der Wahl des Wildapfels (*Malus sylvestris*) zum Baum des Jahres 2013 häufiger konfrontiert. Die Frage ist gar nicht so leicht zu beantworten.**

## Verbreitung und Standort

Beheimatet ist der sommergrüne Baum, der nicht mehr als 15m hoch wird, in ganz Mitteleuropa, dazu in Kleinasien von der Türkei bis zum Kaukasus. In Baden-Württemberg liegen seine Verbreitungsschwerpunkte in den Hartholzauen des Oberrheintales, im Bereich der Schwäbischen Alb, des Neckarlandes und dem Taubertal. Im Schwarzwald und im Alpenvorland ist er hingegen weniger verbreitet. Bundesweit findet man vereinzelte Wildapfelvorkommen im Osterzgebirge, im Nordsauerland, im Elbtal bei Dessau und in Mainfranken.

Durch das hohe Standortsspektrum ist er auch noch in Höhenlagen von bis zu 990m zu finden. Der konkurrenzschwache Baum bevorzugt nährstoffreiche, kalkhaltige Lehm Böden mit ausreichendem Lichtangebot und wächst zerstreut in lichten Wäldern oder Hecken. Durch die geringen Ansprüche an den Standort, wächst diese flachwurzelnde Baumart auch auf Nischenstandorten wie Auenböden oder Steinrücken.

## Morphologie und Artabgrenzung

Die zweifelsfreie Bestimmung reiner Wildäpfel ist schwierig, da Kulturäpfel (*Malus communis*) häufig verwildern und mit Wildformen Bastarde bilden. Kritische Stimmen gehen sogar davon aus, dass die artreine Wildform kaum noch vorkommt. Exakte Artbestimmungen lassen sich nur zuverlässig mit DNA-Analysen durchführen.

Die morphologischen Hauptmerkmale, einen Wildapfel vom Kulturapfel zu unterscheiden sind, dass seine Blätter keine oder nur eine geringe Behaarung aufweisen. Weiterhin ist eine flache oder gar nicht ausgeprägte Stilgrube der Früchte ein Indiz für einen hohen

„Wildheitsgrad“.

Wildäpfel blühen von April bis Mai. Die Blüten sind weiß bis blassrosa, sitzen auf kahlen Blütenstielen und haben einen hohen ökologischen Stellenwert als Bienenweide. Die kleinen, gelb-grünen Apfelfrüchte werden nicht größer als ungefähr 4cm im Durchmesser und reifen bis in den September hinein. Im Wald dienen sie als Wildfutter, sie sind herb-sauer und holzig und für den Menschen höchstens gedörrt oder gekocht genießbar. Die Weiterverarbeitung zu Wildapfelbrand, Gelee oder Tee ist aber durchaus beliebt.

Die Bäume erreichen im Alter Durchmesser von bis 45 cm und können rund 100 Jahre alt werden.

## Wirtschaftliche Bedeutung

Das harte und schwere Holz fällt kaum in verwertbaren Dimensionen an und hat häufig Probleme mit Drehwuchs. Es ist jedoch für spezielle Drechsler- und Tischlerarbeiten sehr gut geeignet, im Musik-



Abb. 1: Wildapfel (Foto: Dr. A. Roloff)

instrumentenbau wird es beispielsweise für Flöten oder Mundstücke verwendet. Allerdings hat der Wildapfel durch das geringe Angebot heute keine nennenswerte wirtschaftliche Bedeutung.

Durch die Intensivierung der Forstwirtschaft und den Rückgang der natürlichen Lebensräume sind die Bestände des Wildapfels in den letzten Jahrzehnten stark zurückgedrängt worden. Allerdings dürfte die Verdrängung der reinen Art durch die Introgression (Bestäubung durch andere Arten) von Kultursorten schon in der Antike begonnen haben.

Bundesweite Arterhaltungsprogramme werden betrieben, um die noch vorhandenen Vorkommen des Wildapfels zu sichern und eine Wiederverbreitung zu fördern. Die Waldbiotop-Kartierung an der FVA verzeichnet den Wildapfel in 630 landesweiten Waldbiotopen und stuft diese durchgehend als gefährdet ein.

### Der Einsatz der FVA für den Wildapfel

Die FVA erfasst Wildapfelvorkommen in Baden-Württemberg seit den 80er Jahren. Die wichtigste Grundlage für die Kartierarbeiten ist die Waldbiotopkartierung (WBK), die im Land 630 Biotope mit der Zielart Wildapfel beschreibt und als gefährdet einstuft.

Die WBK benennt jedoch keine einzelbaumweisen Vorkommen, sondern beschreibt den Lebensraumtyp. Die tatsächliche Existenz der Vorkommen musste also vor Ort verifiziert werden.

Zudem wurden Abfragen nach Wildapfelvorkommen über die Forstämter geführt.

Auf dieser Grundlage, WBK und Rückmeldungen der Forstämter konnten bisher ca. 420 natürliche Einzelbaumvorkommen kartiert und detailliert beschrieben werden.

### Inventur der Wildäpfel in Deutschland

Seit 2010 läuft im Auftrag vom BMVEL eine bundesweite Kartierung seltener Baumarten, zu denen auch der Wildapfel zählt. Ziel des Projektes war es, einen Überblick über den Gefährdungsgrad seltener Baumarten in Deutschland zu bekommen, ihre Vorkommen als Grundlage für weitere Forschungen möglichst vollständig zu inventarisieren und mögliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Die Erhebungsdaten sind in einer Datenbank zusammengefasst worden und werden dort künftig für weitere Arbeiten zur Verfügung gestellt. Für die Koordination der Kartierarbeiten in Baden-Württemberg war die FVA zuständig. Für

die FVA bot sich mit diesem Projekt die Chance, die seit einigen Jahren aus Kapazitätsgründen unterbrochene Erfassung landesweiter Wildapfelvorkommen nun zum Abschluss zu bringen.

In diesem Kartierprojekt wurden jedoch keine Einzelbäume, sondern Vorkommen ab 5 Individuen erfasst. Die einzelnen Individuen dieser sogenannten Genobjekte dürfen max. 1000 m voneinander entfernt stehen, so dass ein genetischer Austausch theoretisch möglich ist. Die Beschränkung auf diese Mindestgröße hat den Zweck, dass nur die Vorkommen registriert werden, die grundsätzlich in der Lage sind, sich aus eigener Kraft zu verjüngen und somit ein Überlebenspotenzial haben.

Erfasst wurden sämtliche Altersgruppen aus natürlichen Vorkommen und aus künstlicher Verjüngung.

### Ergebnisse

Bundesweit wurden 251 Genobjekte mit 8325 Individuen kartiert. Dabei handelt es sich größtenteils um natürliche Vorkommen, auf die man sich zunächst aus Kapazitätsgründen beschränkt hat. Auf Baden-Württemberg verteilen sich dabei 39 Genobjekte mit 855 Individuen. Die lokalen Schwerpunkte liegen dabei im südlichen Schwarzwald, am nördlichen und südlichen Albtrauf sowie in der Main-Tauberregion und dem nördlichen Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Mannheim.

Die demografische Struktur zeigt für 53% aller Vorkommen eine deutliche Überalterung mit nicht ausreichender Naturverjüngung. 81% aller Genobjekte haben sogar gar keine Naturverjüngung mehr. Nur 7% der Bestände zeigen ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Altbäumen, Bäumen mittleren Alters sowie Naturverjüngung.

Um die Vitalität der Vorkommen ist es hingegen etwas besser bestellt. Hier wurden 50% der Vorkommen mit vital/gesund, 30% mit weniger vital, 14% mit geschädigt und nur 6% mit absterbend angesprochen. Die Ursachen für die Schädigungen waren in den meisten Fällen bedrückende Vegetation aus der

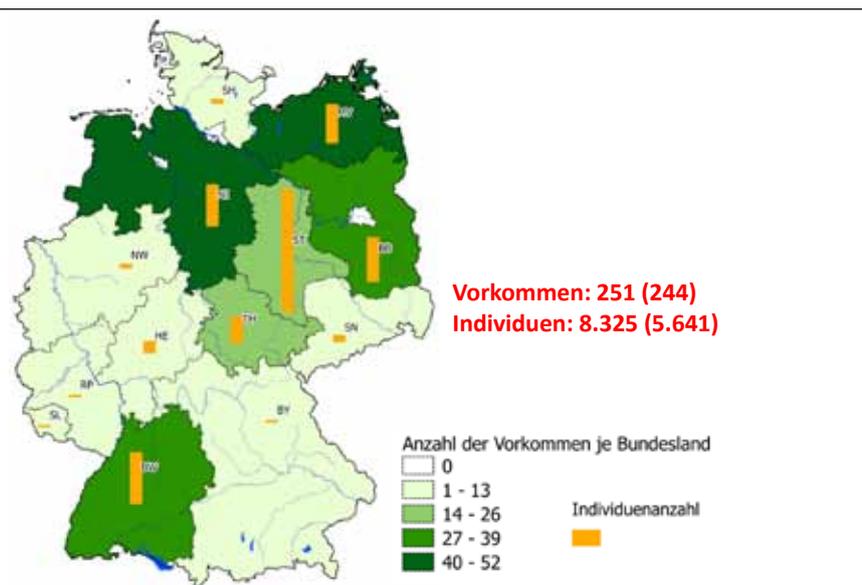


Abb. 2: Anzahl der Vorkommen sowie Individuen in den Bundesländern

Umgebung. Freistellung könnte hier bereits Abhilfe schaffen.

Aus 39 Beständen wurden zudem DNA-Analysen gewonnen. Die Ergebnisse zeigten, dass 12% der untersuchten Individuen als kulturnahe, also keine reinen Wildformen einzustufen sind.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass der Wildapfel zu den seltensten Baumarten Baden-Württembergs gehört, der Anteil an der Waldfläche liegt bei 0,004%. 81% seiner heutigen Vorkommen können als akut bedroht bewertet werden, da sie sich nicht natürlich verjüngen. Gefahr besteht zudem durch Bastardisierung mit Kultursorten.

## Generhaltung durch Nachzucht

Bereits in den 80er Jahren hatte die FVA begonnen, von erfassten Einzelbäumen Saatgut zu gewinnen und in den Pflanzgärten der FVA Jungpflanzen nachzuziehen. Die Beerntung wurde vielerorts von den Forstämtern übernommen, die später im Gegenzug für die Unterstützung nachgezogene Pflanzen erhielten. Die Neuanpflanzungen wurden dokumentiert und auf Karten verzeichnet, so dass sie in den Folgejahren von der FVA beobachtet werden konnten.

In den vergangenen 20 Jahren wurden über 7500 Wildapfelheister aus Nachzuchten der FVA an Forstämter und Naturschutzverbände abgegeben. 53% davon konnten sich an ihren Pflanzorten etablieren. Da nicht alle Forstämter ihre Pflanzorte zurückmeldeten, besteht sicher noch eine Dunkelziffer weiterer Pflanzen. Die Überlebensrate

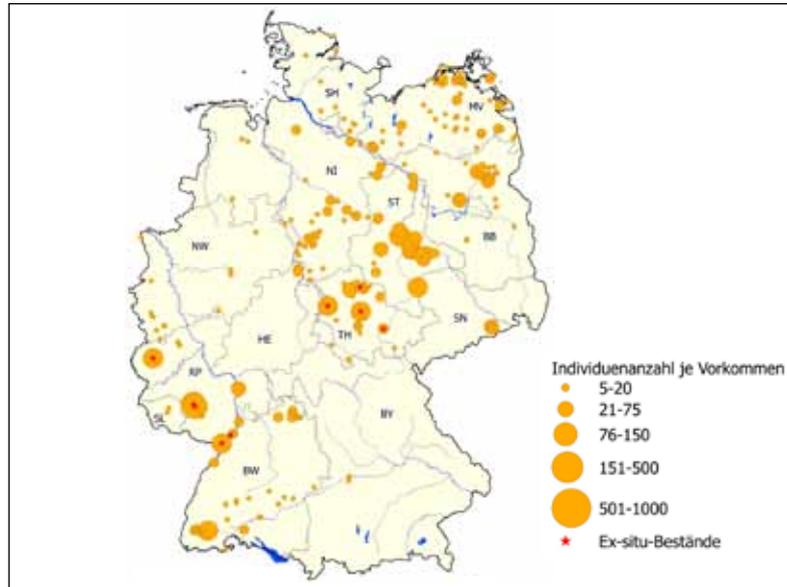


Abb. 3: Lage und Größe der kartierten Vorkommen

liegt also sicherlich noch deutlich höher. Eine Zustandserfassung zeigte, dass sich 64% vital entwickelt hatten, 26% weniger vital aber gut überlebensfähig waren und 10% als ohne Pflege nicht überlebensfähig oder abgängig eingestuft werden mussten.

In Relation zu den aktuell rund 1270 erfassten natürlich vorkommenden Einzelbäumen, vermögen solche Generhaltungsmaßnahmen also einen wichtigen Beitrag zum Erhalt einer seltenen Baumart zu leisten.

## Ausblick

Der artreine *Malus sylvestris* ist in Baden-Württemberg höchst selten geworden. Mit einer Fortsetzung der

bisherigen Programme zur Kartierung und Arterhaltung, mit Pflege und Freistellung vorhandener natürlicher Altvorkommen, sowie der Nachzucht artreiner Pflanzen besteht aber eine gute Chance echte Wildäpfel wieder stärker in unseren Wäldern zu etablieren.

Dabei sollte nicht vergessen werden, dass auch die zahlreichen nicht artreinen Wildäpfel einen hohen ökologischen Stellenwert in unserer Landschaft haben.

Manuel Karopka  
FVA, Abt. Waldnaturschutz  
Tel.: (07 61) 40 18 - 1 81  
manuel.karopka@forst.bwl.de

## Literatur

Enzyklopädie der Holzgewächse – 42. Erg.Lfg. 12/05  
Reim, S., Proft, A., Heinz, S., Höfer, M. (2012): Der europäische Wildapfel - Baum des Jahres 2013, Onlineversion: 05.11.2012 [www.waldwissen.net/wald/baeume\\_waldpflanzen/laub/sbs\\_wildapfel/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/laub/sbs_wildapfel/index_DE)  
Reim, S., Proft, A., Heinz, S., Höfer,

M. (2010): Erhaltung von *Malus sylvestris* L. unter In-situ- Bedingungen im Osterzgebirge. Tagungsband der Informationstage Biologische Vielfalt der BLE, 21. bis 22. April 2010, Bonn, Onlineversion: 01.02.2012 [www.waldwissen.net/wald/naturschutz/arten/sbs\\_wildapfel/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/naturschutz/arten/sbs_wildapfel/index_DE)  
Schütt, Schuck, Stimm: Lexikon der Baum und Straucharten; Landsberg/Lech 1992

Steinbauer, S.; Kirisits, T. (2010): Wildapfel - vom Aussterben bedroht. Forstzeitung 121 (3): 30, Onlineversion: 09.02.2011 [www.waldwissen.net/wald/baeume\\_waldpflanzen/laub/bfw\\_wildapfel/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/laub/bfw_wildapfel/index_DE)  
Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen seltener und gefährdeter Baumarten in Deutschland - Endbericht <http://de.wikipedia.org/wiki/Holzapfel>

## Europäische Spinne des Jahres 2013: die Gemeine Tapezierspinne

von Reinhold John

**Manche fürchten sie, andere dulden sie, einige haben Achtung vor ihnen und ihren Fähigkeiten: Sie jagen, rennen, fangen, springen, bauen heimliche Stolperfallen, klebrige Netze und fliegen in der Jugend davon: Spinnen!**

**Eine besonders beachtenswerte Vertreterin dieser großen Ordnung hat es geschafft; sie trägt für ein Jahr die stolze Auszeichnung „Europäische Spinne des Jahres 2013“. Heimwerkende können sich ihren Namen gut merken, heuer wurde nämlich die Gemeine Tapezierspinne aufs europäische Podest gehoben und ins Rampenlicht geschoben.**

Oh lass es endlich Herbst werden! Dann nämlich wird sich wohl die beste Gelegenheit ergeben, die *Atypus affinis* zu beobachten. Das ist der Moment, wenn die tiefschwarzen Männchen (7–10 mm groß) die deutlich größeren, meist dunkelbraunen Weibchen (10–15 mm groß; Abb. 1) suchen und dabei durchs Gelände strolchen. Jungtiere dagegen sind auffallend hell gefärbt. Ein markantes Kennzeichen der Art sind die langen hinteren Spinnwarzen, die dreigliedrig sind (Abb. 3). Wer noch genauer hinschaut, entdeckt vielleicht sogar die pigmentfreie kleine Stelle apikal-außen am Tarsus des ersten Vorderbeins.

Spinnenforscherinnen und –forscher zählen die Gemeine Tapezierspinne zur Familie der – man ahnt es schon – Tapezierspinnen, auch *Atypidae* genannt. Schon aus respektvollem Abstand sind die waagrecht nach vorne stehenden (orthognathen) Giftklauen (die Cheliceren) zu sehen. Dagegen beißen fast alle bei uns heimischen Spinnen „labidoganth“ zu – das bedeutet, die Giftklauen stehen gegeneinander. Das ist effektiver; Heimwerkende denken sofort an die eigenen Beißzangen im Koffer, mit denen sich mächtig Druck ausüben lässt. Beim weltweiten Familientreffen der *Atypidae* nähmen drei Gattungen



Abb. 1: Gemeine Tapezierspinne

(Foto: biopix.dk, J. C. Schou)

mit 49 Arten Platz an der Festtagstafel. In Mitteleuropa ist alles auf drei Arten reduziert: Mauer-, Pechschwarze- und Gemeine Tapezierspinne. Letztere ist in Deutschland die häufigste der drei Arten. Die Tapezierspinnen sind auch auf den Roten Listen einzelner Länder beziehungsweise Bundesländer zu finden; dort werden sie in der Vorwarnstufe oder als gefährdet beziehungsweise stark gefährdet eingestuft. Bei uns in Baden-Württemberg wird die Art nach der Roten Liste der Spinnen als „gefährdet“ beurteilt.

Tapezierspinnen leben in trockenen, offenen Kiefernwäldern und Heide Landschaften, in Trockenrasen und an Felshängen südexponierter Lage (bis 500 m), bevorzugen also xerotherme Standorte. Im Kaiserstuhl lassen sich mancherorts auf begrünten Rebflächen Gemeine Tapezierspinnen finden. Die Tiere graben dort unterirdische Röhren von 10 bis 30 cm Länge, die sie mit Spinnseide auskleiden. Oberirdisch setzt sich dieser

Wohnschlauch als nochmals bis zu 10 cm langer „Fangschlauch“ fort, der mit Erdpartikeln aus der Umgebung getarnt wird. Beuteinsekten wie Ameisen, Käfer, Tausendfüßer und andere laufen versehentlich über den Fangschlauch, werden von unten von der lauenden Spinne gebissen und durch die Schlauchwand hereingezogen.

Die Art lebt gesellig, Kolonien von 200 Tieren kommen durchaus vor, bis zu 90 Tieren pro m<sup>2</sup> wurden registriert. Erst nach vier Jahren erlangen sie Geschlechtsreife – für Spinnen in unseren Breiten erreicht die Art ein hohes Lebensalter von 8 bis 10 Jahren. Im Gegensatz zu den Weibchen wandern die Männchen frei herum, speziell zur herbstillichen Paarungszeit lassen sie sich außerhalb ihrer Fangschläuche entdecken. Dann nämlich suchen sie eine Partnerin, betriellern ihren Fangschlauch und paaren sich am unteren Ende des Schlauches. Aus den Eiern schlüpfen im Herbst die Jungspinnen, die ohne



Abb. 2: Typischer südexponierter Trockenrasen als Lebensraum



Abb. 3: Spinndrüsen der gemeinen Tapezierspinne (aus Loksa I (1969) *Pokok I-Araneae I. Fauna Hungariae* 97: 2.1-2.133)

Nahrungsaufnahme den Winter im mütterlichen Wohnschlauch überdauern. Die ersten warmen Tage im Frühjahr werden dann genutzt, um im wahren Sinne des Wortes „flügge“ zu werden: Flugs wird mittels Spinndrüsen ein „Fadenfloß“ produziert, sobald dieses trägt, verlieren die 8 Füße die Bodenhaftung und die Jungspinne steigt als Aeronaut empor und erobert fliegend ferne, neue Lebensstätten.

Also, schon jetzt im Frühjahr fest daran glauben, im Herbst die diesjährige Spinne des Jahres zu entdecken!

Dr. Reinhold John  
FVA, Abt. Waldschutz  
Tel.: (07 61) 40 18 – 2 25  
reinhold.john@forst.bwl.de

# Die Bedeutung von Baden-Württembergs Wäldern für die Erholung

von Kerstin Ensinger, Matthias Wurster, Andy Selter, Stephanie Bethmann, Kerstin Botsch und Marion Jenne

**Die FVA hat 2008 begonnen, den Forschungsschwerpunkt „Walderholung und Tourismus“ neu aufzubauen. Hintergrund ist die Notwendigkeit, aktiv mit gesellschaftlichen Trends umzugehen: Einflussfaktoren wie demographischer Wandel und sich veränderte Lebensbedingungen beeinflussen das Besucherverhalten beziehungsweise die Ansprüche an den Wald.**

## Aufgabenstellung

Das Bundeswaldgesetz (§1) und die Waldgesetze der Länder fordern, Wälder so zu bewirtschaften, dass die gesellschaftlichen Ansprüche an Nutz- und Wohlfahrtswirkungen gleichrangig berücksichtigt werden können. Die kartografische Darstellung der Waldfunktionen (BWaldG 1975, §8; LWaldG Baden-Württemberg 1995, §7) gilt als Grundlage und Planungsinstrument, um die gesetzliche Vorgabe der Multifunktionalität zu erfüllen. Die ersten Waldfunktionenkarten für Baden-Württemberg entstanden in den Jahren 1974 bis 1976 und wurden 1988 fortgeschrieben (vgl. VOLK 1992). Die Erholungswaldkarte Baden-Württembergs und damit die Erholungsplanung und der Umgang mit der stark veränderten Nachfrage nach Erholung im Wald orientieren sich an Erholungskonzepten, die seither dynamischen Veränderungen unterlagen. Die Forschungsarbeiten der Abteilung Wald und Gesellschaft der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Kooperation mit der Professur für Forst- und Umweltpolitik der Albert-Ludwigs-Universität Frei-

burg sollen zum einen aktuelle Daten über die Erholungsnutzung von Wald liefern. Zum anderen kann durch das Aufzeigen von individuellen Wahrnehmungen und Freizeitaktivitäten veranschaulicht werden, was den Wald zu einem Ort macht, in dem Erholungsprozesse stattfinden können.

## Untersuchungsansatz

Um mehr darüber zu erfahren, wie der Wald für die Erholung genutzt wird, reicht es nicht aus, lediglich darzustellen, wer und wie viele Personen den Wald nutzen. Von besonderem Interesse ist, wie der Wald wahrgenommen, erlebt und zur Erholung genutzt wird. Denn kulturelle Bilder und Vorstellungen vom Wald prägen die alltäglichen Praktiken der Waldbesucherinnen und Waldbesucher (vgl. JAY und SCHRAML 2009). Erst dann können Aussagen darüber getroffen werden, was die Einzelnen überhaupt als Wald wahrnehmen und wovon sie versuchen sich zu erholen.

In den Jahren 2009 und 2010 wurden zwei große Telefonumfragen in



Abb. 1: Waldbesuchende

(Foto: Georg Jehle)

Baden-Württemberg mit jeweils 2.000 Befragten, sowie 23 qualitative Interviews mit Waldbesucherinnen und Waldbesuchern durchgeführt. Alle Untersuchungen wurden als Quellgebietsbefragungen organisiert, wodurch beispielsweise eine Überrepräsentation von besonders häufig im Wald anzutreffenden Personen vermieden wurde. Ziel der quantitativen Untersuchungsmethode ist es, repräsentative Aussagen zum Thema Mensch und Wald treffen zu können. Unter anderem wurde nach der Entfernung zum Wald, der Waldbesuchshäufigkeit, dem Waldzugang, der Dauer des Waldaufenthalts sowie der Einrichtungsnutzung und Aktivitäten im Wald gefragt. Durch vorgegebene Antwortmöglichkeiten konnten die jeweiligen Angaben der Befragten von den Interviewerinnen und Interviewern im Fragebogen angekreuzt werden. Zusätzlich wurden qualitative Interviews durchgeführt, die eine andere, ergänzende Perspektive auf die Erholung im Wald eröffnen. Die Interviewten wurden mittels eines Leitfadens zu Erzählungen eingeladen, beispielsweise über ihr Freizeitverhalten, Erholung, Wald im eigenen Alltag sowie über Erlebnisse im Wald in Kindheit und Erwachsenenalter. Sie wurden ferner aufgefordert zu beschreiben und zu definieren, beispielsweise was für sie zu einem „richtigen Wald“ gehört.

Die quantitative Auswertung erfolgte anhand statistischer Verfahren. Für die Überprüfung von Einflussfaktoren wurden parametrische (ANOVA, einfaktorische Varianzanalyse, t-Test nach STUDENT) und nicht parametrische Testverfahren (Chi-Quadrat-Test) angewendet. Für die Auswertung der qualitativen Interviews wurden die mündlichen Daten vollständig verschriftlicht und mit rekonstruktiv-hermeneutischen und narrationsanalytischen Verfahren ausgewertet. Das heißt, alle qualitativen Interviews wurden zunächst einzeln, Zeile für Zeile, auf ihre genauen Formulierungen hin untersucht, um anschließend als Einzelinterview im Gesamten betrachtet zu werden. Abschließend wurden die Interviews vergleichend analysiert, um einerseits Gemeinsamkeiten der kul-

turellen Bilder von Wald und andererseits Unterschiede in den Lebenslagen, Selbstbildern und Waldbildern der Befragten herauszuarbeiten.

### Wie viele sind im Wald?

Im Allgemeinen ist der Wald in Baden-Württemberg gut zu erreichen. Der Großteil der Befragten benötigt lediglich 5 Minuten (33%) zum Wald; 27% der Interviewten höchstens 10 Minuten und dreiviertel der Befragten (78%) maximal 15 Minuten. Dementsprechend geben 71% der Befragten an, zu Fuß in den Wald zu gehen, 35% fahren mit dem Auto zum Wald, 13% erreichen den Wald mit dem Fahrrad. Öffentliche Verkehrsmittel spielen in diesem Zusammenhang eine marginale Rolle (2%). In der telefonischen Befragung 2010 gaben 93% der Waldbesucherinnen und -besucher an, in den letzten 3 Monaten im Wald gewesen zu sein. 66% der Befragten sind im Sommer mindestens einmal pro Woche im Wald. Eine vorsichtige Hochrechnung der Angaben zur Waldbesuchshäufigkeit in den quantitativen Befragungen ergibt einen überraschend hohen Wert von täglich zwei Millionen Waldbesuchenden in Baden-Württembergs Wäldern. Die Auswertung der insgesamt 4.000 Datensätze der quantitativen Studien führt zum jeweils gleichen Ergebnis.

Neben der Erreichbarkeit liefert die Dauer der Waldbesuche Hinweise auf die Erholungsnutzung von Wäldern.

Die meisten Menschen in Baden-Württemberg erreichen den Wald innerhalb von 15 Minuten. Die Ergebnisse der ersten quantitativen Befragung zeigen, dass Menschen, die sich im Durchschnitt länger im Wald aufhalten, auch einen längeren Weg in den Wald haben, während Menschen, die den Wald direkt vor der Haustüre haben, dort kürzer verweilen. Bei der Überprüfung von Unterschieden hinsichtlich der Waldbesuchshäufigkeit ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede in Bezug auf die soziodemographischen Merkmale Wohnort, Einkommen, Alter sowie das Merkmal Hundebesitz. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen, dass Personen aus dem ländlichen Raum, Besserverdienende und Hundebesitzerinnen beziehungsweise -besitzer regelmäßiger den Wald besuchen.

### Was zieht die Menschen in den Wald?

Auf die Frage, warum Menschen den Wald besuchen, werden sowohl physische (z. B. Luftqualität, Bewegung) als auch psychische Gründe (z. B. Abschalten können) genannt (vgl. Abb. 2). Für viele Waldbesucherinnen und Waldbesucher ist der Gesundheitsaspekt bei einem Waldbesuch wichtig oder sehr wichtig. Weitere Aspekte, die für den Erholungsprozess erforderlich sind wie beispielsweise Bewegung und Ruhe, werden von den Befragten als bedeutsam eingestuft. Personen, die

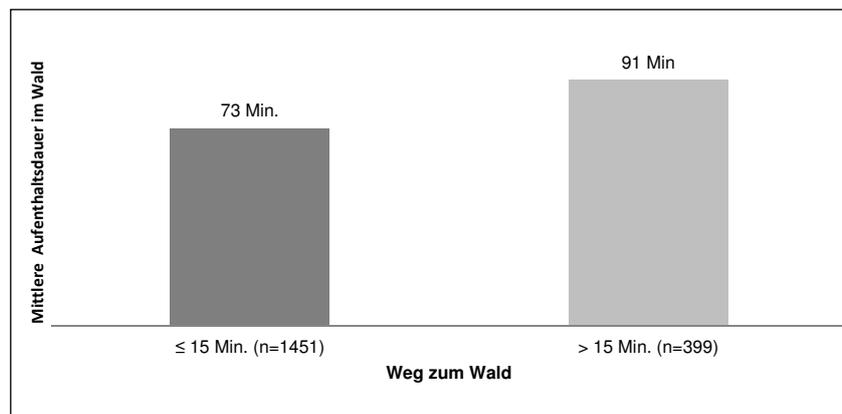


Abb. 2: Einfluss der Erreichbarkeit des Waldes auf die Aufenthaltsdauer

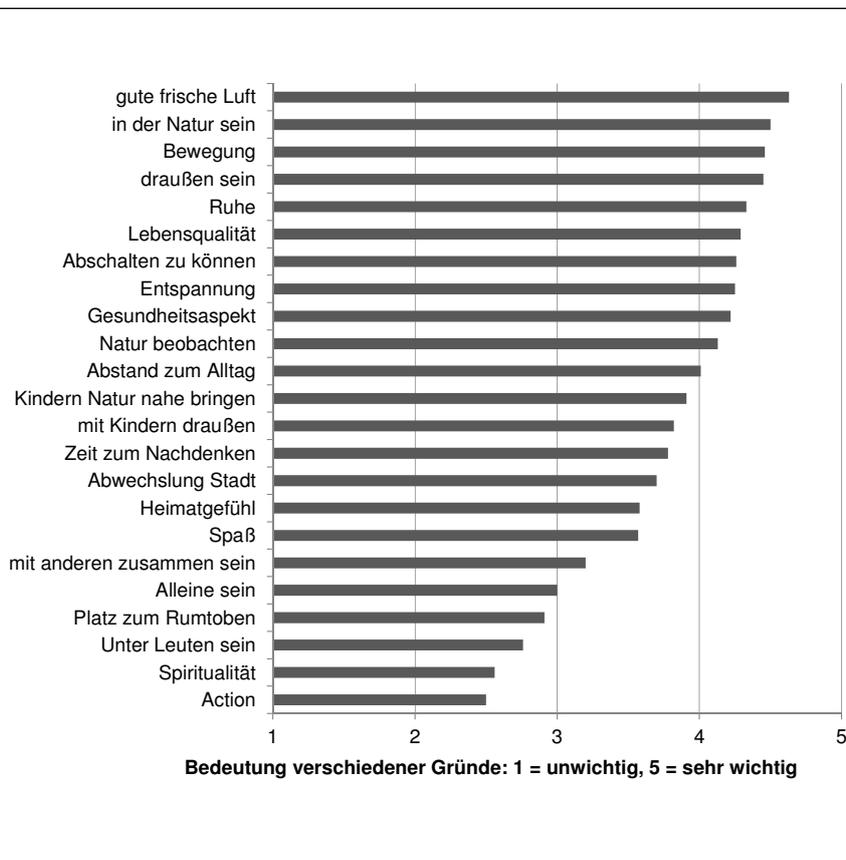


Abb. 3: Gründe für einen Waldbesuch und ihre Bedeutung

den gesundheitlichen Aspekt als sehr wichtig erachten, gehen überdurchschnittlich häufig in den Wald.

Die qualitativen Daten geben darüber hinaus Aufschluss, wie sich Erholung während des Waldbesuches gestaltet und von den Befragten empfunden wird. In Abgrenzung zu den Belastungen des hektischen Alltags und der darin enthaltenen Dynamik ist der Wald für viele der Befragten ein Ort, der Ruhe und Erholung verspricht, eine Art Stillstand und eine Möglichkeit des Innehaltens. Zugleich bietet Wald Abwechslung und Herausforderung, Vielseitigkeit, Freiheit und Abenteuer.

Aus qualitativer Sicht lässt sich darüber hinaus noch genauer beschreiben, wie unterschiedlich sich Erholung im Wald gestaltet und wie sehr dies von den Lebenssituationen der Waldbesucherinnen und Waldbesucher abhängt. Dabei ist es wichtig, dass zwei Grundannahmen stets gegenwärtig bleiben:

Erstens, dass der Wald als kulturelles Konstrukt betrachtet wird, und „in den Köpfen der Menschen“ entworfen wird. Neben den physiologischen Wirkungen seiner physischen Eigenschaften hat Wald insofern als Landschaft in der Art und Weise, wie er wahrgenommen und gedeutet wird, eine erholungsstiftende Wirkung (vgl. TREPL 2012).

Zweitens ist auch Erholung kein universal gleichförmiger Prozess, sondern wird ebenfalls ganz unterschiedlich erlebt, gedeutet und gestaltet. Im Folgenden wird deshalb von Wald immer im Sinne subjektiver Wahrnehmungen die Rede sein. Wie wird Wald als Erholungsort erlebt, gedeutet und erinnert? Welche subjektiv empfundenen Belastungen bilden den Rahmen für die Deutung von Wäldern als Erholungsorte? Nachfolgend werden zwei unterschiedliche Erholungskonzepte als Ergebnisse der qualitativen Interviews exemplarisch aus der Fülle der Ergebnisse dargestellt:

### Abschalten vom „langen Arm der Arbeit“

Einige der Befragten beklagen die hohe Arbeitsbelastung in ihrem Alltag, die sich auch auf ihre Freizeitgestaltung auswirkt. Sie gehen in den Wald, um von der Arbeit abzuschalten, Distanz gewinnen zu können, um aus dem „Berufssaft“ herauszukommen, wie es der Befragte „N“, ein 29-jähriger Ingenieur, formuliert: *„Das is dann so, wenn ich zu viel Überstunden mach, dann hab ich zu wenig Einflüsse tagsüber aus nem anderen Bereich, also zu wenig Impulse von extern und koch dann immer in diesem Berufssaft. Und dann komm ich da auch nich mehr raus nach 13 Stunden oder so, also wenn das dann über ein paar Wochen geht.“*

„N“ positioniert sich mit dieser Darstellung als leistungsbereit und hart arbeitend, aber distanziert sich auch von seiner Arbeit: Sie wird ihm zuweilen „zu viel“ und lässt „zu wenig“ Zeit für anderes. Durch die „Überstunden“ und die Unmöglichkeit, „raus“ zu kommen, ragt sie auch in die private Zeit hinein. In solchen Interviews wird der Waldbesuch als Kontrast zum Alltagserleben konstruiert: Im Wald ist man nicht erreichbar, nicht verfügbar, entkommt beruflichen und auch sozialen Verpflichtungen und muss nicht auf die Uhr schauen. Dort ist, so die 45-jährige „P“, „einfach Ruhe. Und im Wald bin ich weg von dem Trubel“ (P, Geschäftsführerin, 45 Jahre). Auffallend ist, dass angesichts einer hohen Arbeitsbelastung der Wald als ein Ort thematisiert wird, den man aufsucht, wegen dem, was dort nicht ist, also als Gegenentwurf zu einem belastenden Alltag. Dies zeigt sich in Semantiken der Negation: *„Der Wald is so was wie n ... vielleicht so n Symbol für dieses, da ist jetzt kein, kein PC und kein Rechner und kein, keine Zivilisation auch. Also irgendwie is es auch ähm ... Das ist so eine Art, da ist kein Stress.“*

### Abschalten von den Regeln der Erwachsenen

Kinder und Jugendliche distanzieren sich insgesamt von der Notwendigkeit, sich zu erholen. Erholung ist ein Konzept der Erwachsenen – für die 15-jäh-

rige Schülerin „C“ beispielsweise ist die Idee ihrer Mutter, sie müsse sich von der Schule erholen, abwegig. Und doch nutzen auch junge Menschen den Wald, um sich von Alltagserfahrungen zu distanzieren, Abstand zu gewinnen und vorübergehend „in eine andere Welt“ einzutreten. Für sie bietet der Wald einen Rückzugsraum – dort können sie sich von den Blicken und Regeln der Erwachsenen zurückziehen. Sie „erholen“ sich hier im weitesten Sinn von den Zwängen sozialer Räume, in denen sie von diesen Regeln permanent diszipliniert werden: *„Mir diese immer mitm Mofa im Wald rum ... weils irgendwie luschtiger isch auf dene Stra ... auf dene Waldwege rumzufetze sondern ja ... aber mir dürfe ja eigentlich nit mit dene Mofas dann auf de Straße fahrn, weil die ja mehr laufe wie sie eigentlich sollte. Un dann fahr ma eigentlich im Wald. Aber im Wald ischs auch viel cooler. Da isch niemand, des isch so verlasse ... ja.“*

Dieses ‚Geständnis‘ der 15-jährigen Schülerin „C“ gibt ein Beispiel für diese Freiheit. Im Wald kann man „über die Stränge schlagen“, „von den Wegen abweichen“, „Zweige abbrechen“, unbeaufsichtigt „mit anderen Kindern spielen“, „sich heimlich küssen“ und eben Mofa fahren – und sich bei all dem nicht erwischen lassen. Soziale Kontrolle tritt in solchen Erzählungen vom Verbotenen beispielsweise in der Gestalt des Försters in den Wald hinein, der der Übertretung der Regeln aber zugleich auch den Reiz des Abenteuers verleiht.

### Was bedeuten die Ergebnisse für die forstlichen Akteure?

Aus der statistischen Analyse unterschiedlicher Einflüsse aus den quantitativen Befragungen lassen sich erste Hinweise auf gruppenspezifische Erholungskonzepte von Waldbesucherinnen und Waldbesuchern ableiten, die in Abhängigkeit zu ihrer jeweiligen Lebenssituation stehen. Diese unterschiedlichen Erholungskonzepte konnten durch die Auswertung der qualitativen Interviews ergänzt und vertieft werden. Insgesamt ist eine Berücksichtigung dieser moderierenden Faktoren wichtig, um zielgruppenspezifische Managementkonzepte für Erholungswälder erstellen zu können. Bisherige Schätzungen zu Besucherzahlen im Wald fielen viel zu niedrig aus. Vor allem in zu Fuß erreichbaren Waldgebieten in Siedlungsnähe kann mit einem hohen Aufkommen an Waldbesuchenden gerechnet werden. Daraus ergibt sich, dass für die Waldbewirtschaftung gerade in urbanen Räumen Gestaltungsansätze für den Umgang mit einem hohen Besucheraufkommen erforderlich sind, beispielsweise durch die Gestaltung des Wegenetzes. Aus den berichteten zeitlichen Bewegungsradien können wiederum Hinweise für die räumliche Ausdehnung von Erholungswäldern abgeleitet werden (z. B. die Verteilung von Waldbesuchenden im Wald). Aus Sicht aller Befragten bietet der Wald Potenzial für Erholung. Wälder sind somit eine wichtige Gesundheitsressource, die in

Baden-Württemberg von den meisten Menschen leicht zu Fuß erreicht werden können. Allen in den qualitativen Interviews Befragten ist gemeinsam, dass ihnen durch das Betreten des „anderen Raumes“ Wald eine Phase der Distanzierung von alltäglichen Belastungen eintritt: Beispielsweise gelingt es Erwachsenen im Wald vom Alltag abzuschalten, Kindern und Jugendlichen ermöglicht der Wald Freiräume.

Dr. Kerstin Ensinger  
FVA, Abt. Wald und Gesellschaft  
Tel.: (07 61) 40 18 – 4 69  
kerstin.ensinger@forst.bwl.de

### Literatur

- ENSINGER, K.; WURSTER, M.; SELTER, A.; JENNE, M.; BETHMANN, S.; BOTSCH, K. (in press): *Eintauchen in eine andere Welt* - Untersuchungen über Erholungskonzepte und Erholungsprozesse im Wald. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, angenommen am 30.10.2012.
- JAY, M. und U. SCHRAML (2009): *Understanding the role of urban forests for migrants – uses, perceptions and integrative potential. Urban Forestry and Urban Greening*, 8, S. 283–294.
- TREPL, L. (2012): *Zur Frage der Wirkungen der Landschaft auf die Gesundheit. In: BAUER, N.; MONDINI, M.; BERNASCONI, A. (Hrsg.), Landscape and Health: Effects, Potential and Strategies (S. 14–17): International conference, January 24 and 25, 2012. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL.*
- VOLK, H. (1992): *Neue Entwicklungen bei der Walderholung in Südwestdeutschland. Forstwissenschaftliches Centralblatt* 111. S. 282–292.



Abb. 4: Waldbesuchender

(Foto: Georg Jehle)

# Stichprobenverfahren der temporären Betriebsinventur im Vergleich

von Joachim Hradetzky und Walter Schöpfer

**Der Vergleich der Ergebnisse einer Folgeinventur mit denen der Erstaufnahme in einem Betrieb mit strukturreichen Beständen hat erhebliche Vorratsdifferenzen offengelegt, die Zweifel an der generellen Anwendbarkeit der gewählten Aufnahme-methodik, der 6-Baum-Stichprobe, haben aufkommen lassen. Nach umfangreichen Berechnungen mit dem Stichprobensimulator STIPSI haben sich diese Zweifel aber als unbegründet erwiesen.**

Die modifizierte 6-Baum-Stichprobe ergibt durchaus annähernd erwartungstreue Ergebnisse. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass eine Reduktion der Radien der derzeit alternativ angewandten konzentrischen Probekreise zu einer erheblichen Verringerung der Zahl der aufzunehmenden Probebäume führt, wobei die Baumzahl durchaus mit dem doppelten 6-Baum-Verfahren vergleichbar ist, bei der Genauigkeit dieses aber übertroffen wird.

## Ausgangssituation

Ergänzend zur permanenten Betriebsinventur Baden-Württemberg wurde Anfang des Jahrhunderts für kleinere Forstbetriebe die temporäre Betriebsinventur auf Stichprobenbasis eingeführt. Als kostengünstigstes Stichprobenverfahren kam die 6-Baum-Stichprobe von Prodan zur Anwendung. In Ergänzung zu dieser war vorgesehen, in Beständen mit vielen Bäumen des Nebenbestandes diese vom gleichen Mittelpunkt mit einer doppelten 6-Baum-Stichprobe getrennt zu erheben. Ausgenommen von der 6-Baum-Stichprobe waren strukturreiche Bestände ohne klare Zuordnungsmöglichkeiten von Haupt- und Nebenbestandsbäumen, wie sie beispielsweise für den Plenterwald charakteristisch sind. In diesen Fällen waren als Aufnahmeverfahren zwei konzentrische Probekreise vorgesehen: 6 m Radius für BHD unter 30 cm und 12 m für BHD darüber (Anwenderhandbuch 2004). Wegen der bekannten Überschätzung der Hektarwerte durch die 6-Baum-Stichprobe wurde von der FVA in Vorversuchen ein Korrekturfaktor ermittelt und in das Auswertungsprogramm aufgenommen.

## Problemstellung

Die Anweisung von 2012 leitete einen Wechsel im Aufnahmeverfahren der temporären Inventuren ein. Statt der 6-Baum-Stichprobe wurden konzentrische Probekreise zum Standardverfahren bestimmt. Der Einsatz der einfachen 6-Baum-Stichprobe beschränkt sich nunmehr auf genau definierte Ausnahmefälle wie Dickungen und Stangenhölzer, die doppelte 6-Baum-Stichprobe dagegen auf zweischichtige Bestände.

Anlass für diesen Verfahrenswechsel war eine zunächst nicht erklärbare Vorratsdifferenz zweier Folgeinventuren in einem Gemeindewald. In diesem zu 85% der Holzbodenfläche mit Plenterwald bestockten Betrieb wurden 1998 vorwiegend konzentrische Probekreise, 2005 dagegen überwiegend 6-Baum-Stichproben aufgenommen. Die sorgfältige Analyse der Ergebnisse (Nothdurft et al. 2010) legte den Schluss nahe, dass unter anderem die besonderen räumlichen Verteilungsmuster dieses Plenterwaldbetriebes zu einer Überschätzung des Vorrats durch die 6-Baum-Stichprobe geführt haben.

Wie aber sind nun die Inventurergebnisse der Forstbetriebe zu beurteilen, die ebenfalls nach der früheren Anweisung mit 6-Baum-Stichproben aufgenommen wurden, aber keinen größeren Anteil an strukturreichen Beständen (z.B. Plenterwälder) aufweisen? Mit welchen systematischen Fehlern für den Gesamtbetrieb und einzelne Straten ist hier zu rechnen?

Eine andere Frage betrifft das aktuelle Standardverfahren der temporären Inventur, die Aufnahme mit zwei konzentrischen Probekreisen. Lassen sich durch Reduktion der Kreisradien Varianten finden, die den Erhebungsaufwand bei noch hinreichender

Genauigkeit reduzieren? Bei dieser Fragestellung spielen Stammverteilungsmuster keine Rolle, da dieses Stichprobenverfahren erwartungstreue Ergebnisse liefert.

**STIPSI - ein Instrument zur Problemlösung**

Ein geeignetes Werkzeug zur Lösung der aufgeworfenen Fragen ist der Stichprobensimulator STIPSI der FVA. Die letzte, 2006 im Internet freigegebene Softwareversion (<http://stipsi.fva-bw.de>) wurde im FVA-einblick 02/2010 ausführlich besprochen (Schöpfer & Hradetzky). Eine in wesentlichen Punkten weiterentwickelte Programmversion ist in Vorbereitung. Sie hat im Hinblick auf die hier anstehenden Probleme den Vorteil, dass bis zu 2000 Simulationen mit variierender Lage der Probeflächen in einem Durchgang ablaufen können.

Grundlage des Simulators sind 237 Bestände, davon 71 real vermessen sowie 166 im Anhalt an Messdaten von bestandesweisen Inventuren generiert. Mit diesem digitalen Datenpool von Beständen lassen sich die Strukturen vieler Betriebe im Land hinsichtlich Alter, Durchmesserverteilung, Baumartenzusammensetzung sowie Aufbau- und Mischungsform näherungsweise abbilden. Im Folgenden wird ein derart generierter Modellbetrieb als „Durchschnittswald“ bezeichnet.

Zur Problemlösung wurde ein mittelgroßer arrondierter Betrieb mit 564 ha Holzbodenfläche gewählt. Form und Größe der Bestände blieben für alle Auswertungen gleich. Insgesamt wurden 160 Bestände mit einer mittleren Flächengröße von 3,54 ha gebildet. Als Inventurdesign wurde ein in der Praxis übliches Stichprobenraster von 200/100 m gewählt. Die zu simulierenden Repräsentativverfahren beschränkten sich auf die hier zur Diskussion stehende 6-Baum-Stichprobe und die konzentrischen Probekreise (Tab. 1).

Die Stichprobenvarianten PR+5 und PR+5D sowie KPK12 sind die in

Tab. 1: In die Simulation einbezogene Stichprobenverfahren

Bezeichnung	Stichprobenverfahren bzw. -varianten
PR	Originalversion der 6-Baum-Stichprobe nach Prodan
PR+5	Wie PR, aber mit einer Flächenkorrektur von +5%
PR+5D	Doppelte 6-Baum-Stichprobe: Wie PR+5, aber getrennt für Haupt- und Nebenbestand
KPK12	6 m Radius für BHD unter 30 cm, 12 m für BHD darüber
KPK10	4 m Radius für BHD unter 30 cm, 10 m für BHD darüber

der Praxis angewendeten Verfahren. Die Flächenkorrektur von 5% wurde empirisch ermittelt und dient zur Kompensation des bekannten systematischen Fehlers des Prodan-Schätzers. Mit der doppelten Stichprobe werden auch in Beständen mit Unterstand immer 6 Bäume des Hauptbestandes aufgenommen. Variante KPK10 ist eine denkbare Alternative zu PKP12. Die Ergebnisse der konzentrischen Probekreise sind stets erwartungstreu.

**Auswertungsschritte und Ergebnisinterpretation**

Für den ausgewählten Modellbetrieb wurden vier Belegungsmuster als Kombinationen aus je 5 Waldentwicklungstypen und 5 Behandlungseinheiten zufällig generiert. Resultat dieses Sortierprozesses waren je ein nadelbaumreicher (NBR) beziehungsweise laubbaumreicher (LBR) sowie ein starkholzreicher (StHR) beziehungsweise schwachholzreicher (SchHR) Forstbetrieb. Dabei entfallen bei der NBR- bzw. LBR-Forstbetriebsvariante jeweils rund 20% der Holzbodenfläche auf jede der 5 Behandlungseinheiten (JPF, DF, VPF, VN, DW), bei der StHR- bzw. SchHR-Variante konzentrieren sich je 73% der Fläche auf die Behandlungseinheiten VN + DW beziehungsweise auf JPF + DF. Für jede dieser vier Betriebsvarianten wurden mit gleicher Rasterweite Simulationsläufe mit 2000 Durchgängen pro Stichprobenverfahren durchgeführt.

Die Ergebnisse aller Auswertungen sind für die Grundfläche/ha (G/ha) in

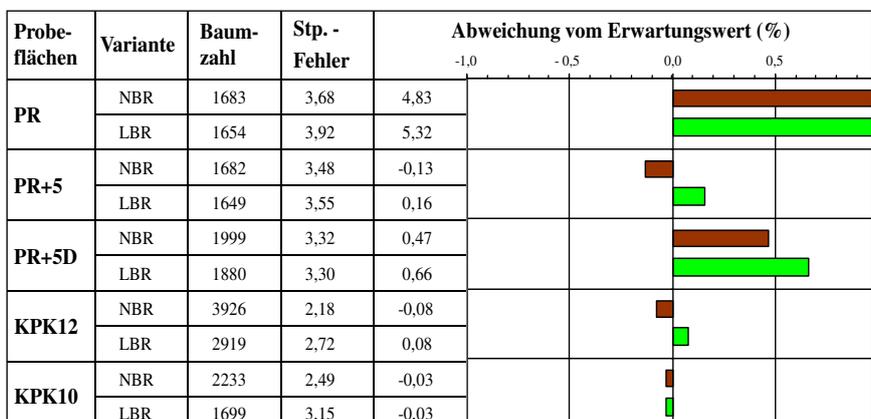


Abb. 1: Vergleich des nadelbaumreichen (NBR) und laubbaumreichen (LBR) Betriebs

den Abb. 1 bis 4 dargestellt. Sie geben für die einzelnen Stichprobenverfahren die Anzahl der aufzunehmenden Probestämme, den Stichprobenfehler sowie die Abweichung vom Erwartungswert (Bias) wider.

**Vergleich des nadelbaumreichen und laubbaumreichen Betriebs**

Erwartungsgemäß beträgt beim Prodan-Schätzer der systematische Fehler der G/ha ca. 5%. Dagegen sinken bei den näherungsweise korrigierten 6-Baum-Schätzern die Werte unter ±1%. Wie zu erwarten, tendieren bei den erwartungstreuen Schätzern der konzentrischen Probekreisen KPK12 und KPK10 die prozentualen Abweichungen gegen Null. Deutliche Unterschiede zu den verschiedenen 6-Baum-Varianten bestehen beim Umfang der aufzunehmenden Probestämme. Bezogen auf die entsprechenden Zahlen der doppelten 6-Baum-Stichprobe sind beim aktuellen Aufnahmeverfahren KPK12 im NBR-Forstbetrieb 96% und im LBR-Betrieb 55% mehr Probestämme zu erfassen. Wesentlich günstiger schneidet dagegen das alternative Verfahren KPK10 ab: Die Vergleichswerte lauten hier +12% beziehungsweise -10%. (Abb. 1)

**Vergleich des starkholzreichen und schwachholzreichen Betriebs**

Hinsichtlich der Größenordnung des systematischen Fehlers schneiden beide Betriebe etwa gleich ab. Die Unterschiede liegen wieder im abweichenden Umfang der zu messenden Probestämme.

Bezogen auf die Werte der doppelten 6-Baum-Stichprobe sind beim starkholzreichen Betrieb mit dem heute praktizierten Stichprobenverfahren KPK12 71%, beim schwachholzreichen Typ sogar 105% mehr Probestämme aufzunehmen.

Dagegen sind mit den reduzierten Kreisradien KPK10 bei beiden Betriebsvarianten lediglich ca. 5% mehr Probestämme zu erfassen (Abb. 2).

Probestflächen	Variante	Baumzahl	Stp.-Fehler	Abweichung vom Erwartungswert (%)			
				-1,0	-0,5	0,0	0,5
PR	StHR	1664	3,43	4,25			
	SchHR	1686	3,35	4,57			
PR+5	StHR	1664	3,17	-0,51			
	SchHR	1689	3,46	0,15			
PR+5D	StHR	1808	2,98	-0,10			
	SchHR	2181	3,08	0,38			
KPK12	StHR	3090	2,11	0,01			
	SchHR	4474	2,52	-0,07			
KPK10	StHR	1904	2,46	0,01			
	SchHR	2278	2,87	0,00			

Abb. 2: Vergleich des starkholzreichen (StHR) und schwachholzreichen (SchHR) Betriebs

**Vergleich von Betrieben mit realen und generierten Beständen**

Die bisherigen Vergleiche zugrunde liegender Betriebe wurden sowohl aus realen als auch generierten Beständen gebildet. Um eine eventuelle Beeinträchtigung der Ergebnisse durch die Vermischung dieser Bestandeskategorien zu prüfen, wurden zwei Betriebe gebildet, von denen einer ausschließlich reale und der andere generierte Bestände umfasste. Allerdings standen für jede Herkunftsgruppe nur drei gleiche Waldentwicklungstypen mit je vier gleichen Behandlungseinheiten zur Verfügung – in die Vergleichsrechnungen gingen lediglich 46 reale und 64 generierte Bestände ein. Ungeachtet dieses eingeschränkten Stichprobenumfangs waren die Ergebnisse der Simulationsläufe eindeutig: Die Auswertung

der auf unterschiedliche Weise gewonnenen Bestände bekräftigte die in den vorangegangenen Analysen getroffenen Aussagen in allen wesentlichen Punkten (Abb. 3).

**Vergleich der Stichprobenvarianten im Plenterwald-Betrieb**

Orientierende Untersuchungen über die Größenordnung des Bias beim Einsatz der 6-Baum-Stichprobe in stark strukturierten Beständen konnten anhand von 18 Ta/Fi/Bu-Plenterwald-Versuchsflächen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL durchgeführt werden <sup>1)</sup>. Diese Flächen decken ein breites Spektrum von Baumverteilungsmustern im Plenterwald ab. Analog dem Vorgehen beim bisher diskutierten Modellbetrieb „Durchschnittswald“ wurde mit diesen Flächen ein „Plenterwald-

Probestflächen	Variante	Baumzahl	Stp. - Fehler	Abweichung vom Erwartungswert (%)			
				-1,0	-0,5	0,0	0,5
PR	real	1674	2,74	4,17			
	generiert	1683	3,96	5,29			
PR+5	real	1673	2,36	-0,60			
	generiert	1684	3,66	0,31			
PR+5D	real	1808	2,18	-0,58			
	generiert	1854	3,37	0,92			
KPK12	real	3045	1,91	0,14			
	generiert	3330	2,50	-0,19			
KPK10	real	1934	2,22	0,22			
	generiert	2023	2,90	-0,13			

Abb. 3: Vergleich von Betrieben mit realen und generierten Beständen

Betrieb“ generiert. Die beiden Forstbetriebe entsprechen sich hinsichtlich der Größe der Holzbodenfläche und der Bestandesgliederung.

Wie zu erwarten, fällt bei den 6-Baum-Stichprobenvarianten der Bias für die ertragskundliche Größe G/ha größer aus als bei den vergleichbaren Verfahrensvarianten des „Durchschnittswaldes“. Überraschend ist dennoch der insgesamt moderate Anstieg des systematischen Fehlers. Dies gilt insbesondere für die dieser speziellen Betriebsform angemessene Aufnahmevariante einer doppelten 6-Baum-Stichprobe. Danach ist für die hier unterlegten Baumverteilungstypen der systematische Fehler für G/ha mit <2% einzugrenzen (Abb. 4).

Für die Resultate beim Einsatz der konzentrischen Probekreise im Plenterbetrieb gilt im Wesentlichen wieder das für den „Durchschnittswald“ Gesagte. Im Vergleich zur doppelten 6-Baum-Stichprobe sind beim heutigen Standardverfahren KPK12 rund 44% mehr, bei der Probeflächenvariante KPK10 dagegen 14% weniger Probebäume zu erfassen.

**Schlussfolgerungen**

Die Auswertungen mit STIPSI zeigen, dass mit der korrigierten 6-Baum-Stichprobe ermittelte Inventurergebnisse für Vorratsvergleich und -entwicklung von Forstbetrieben

beziehungsweise deren Straten prinzipiell verwendet werden können. Voraussetzung ist allerdings, dass keine Verfahrensfehler vorliegen, da die Simulationsergebnisse frei von zufälligen und systematischen Fehlerquellen sind. Berechnungen mit STIPSI für einen digitalen Modellwald mit verschiedenen WET-Anteilen (nadelbaum- beziehungsweise laubbaumreich, starkholz- bzw. schwachholzreich) ergaben bei rd. 280 Probeflächen je Betrieb Abweichungen vom Erwartungswert für die Grundfläche/ha von unter 1% und für die Stammzahl/ha unter 2%. Auch in Betrieben mit einem höheren Anteil an strukturreichen Beständen steigt der Bias nicht in dem befürchteten Ausmaß.

Die mit dem Handbuch von 2012 angeordnete Umstellung des Standardverfahrens der temporären Inventur von der 6-Baum-Stichprobe auf konzentrische Probekreise war eine richtige Entscheidung. Mit dem erwartungstreuen Schätzer dieses Repräsentivverfahrens fallen alle Einschränkungen hinsichtlich der Baumverteilungstypen wie unter anderem Regelmäßigkeit und Zufälligkeit der Klumpung weg. Zu überlegen ist, anstelle der aktuellen Version eine in den Radien um 2 m gekürzte Version (4 m Radius für BHD unter 30 cm und 10 m für BHD darüber) zu verwenden. Hierfür spricht eine deutlich geringere Zahl von aufzunehmenden Probebäumen. Sie kommt dem Messaufwand einer doppelten 6-Baum-Stichprobe

nahe, allerdings ist ein um etwa 15% größerer Stichprobenfehler in Kauf zu nehmen. Zu erwägen wäre, auf beide 6-Baum-Verfahren (einfache und doppelte 6-Baum-Stichprobe) völlig zu verzichten. Damit würde man, wie bei der permanenten, auch bei der temporären Betriebsinventur zu einem Einheitsverfahren bei der Stichprobenaufnahme kommen.

Prof. Dr. Joachim Hradetzky  
v.hradetzky@kabelbw.de

<sup>1)</sup> Die Stammverteilungspläne dieser Flächen wurden der FVA für diese Untersuchung freundlicherweise von Andreas Zingg von der WSL überlassen.

Probe- flächen	Baum- zahl	Stp.- Fehler	Abweichung vom Erwartungswert (%)						
				-2	0	2	4	6	
PR	1687	4,56	6,91						
PR+5	1687	4,89	1,89						
PR+5D	1943	3,22	1,04						
KPK12	2790	2,26	-0,01						
KPK10	1680	2,72	0,26						

Abb. 4: Vergleich der Stichprobenvarianten in einem Betrieb mit Plenter-Beständen

**Literatur**

Nothdurft, A.; Saborowski, J.; Nuske, R.S.; Stoyan, D. (2010): Density estimation based on k-tree sampling and point pattern reconstruction. *Can. J. For. Res.* 40 (5), 953–967  
 Schöpfer, W. & Hradetzky, J. (2010): Simulation von Betriebsinventuren, FVA-einblick 2, 12-18

# Forschung mit dem Computertomografen an der FVA

von Udo H. Sauter, Stefan M. Stängle, Franka Brüchert und Lorenz F. Breinig

**Seit 2008 ist der erste Prototyp des MICROTEC CT.LOG® an der FVA in Betrieb. Seither wurde der CT.LOG in einer Reihe von Forschungsprojekten eingesetzt, die zur Entwicklung automatisierter Erkennung von Holzmerkmalen dienen. Mit Hilfe dieser automatisierten Merkmalerkennung kann die Computertomografie in Zukunft sowohl für forst- und holzwissenschaftliche Fragestellungen verwendet werden, als auch als Messverfahren in der Holzverarbeitenden Industrie.**

Die Computertomografie (CT) basiert darauf, dass eine Röntgenquelle und die Detektoren um ein Untersuchungsobjekt rotieren, während das Untersuchungsobjekt entlang der Längsachse vorwärts bewegt wird. Die Visualisierung von Querschnitten wird dann aus einer hohen Anzahl von einzelnen Durchstrahlungsebenen rekonstruiert. Die dritte Dimension ergibt sich aus der Verrechnung der einzelnen Querschnittsebenen.

Dichteunterschiede im Holz können mit dieser Technologie zerstörungsfrei abgebildet und beispielsweise als Äste, Kern- und Splintholz, Früh- und Spätholz im Jahring, sowie Harzgalen oder Rinde interpretiert werden. Im Folgenden soll ein Überblick über abgeschlossene und aktuelle Projekte der FVA gegeben werden, die CT als Messverfahren einschließen.

## Stammdatenbank

Seit der Inbetriebnahme des CT.LOG wurden bereits über 500 Stämme und Stammabschnitte der verschiedensten Baumarten (unter anderem Fichte, Waldkiefer, Douglasie, Schwarzkiefer, Eiche, Buche, Kastanie, Esche, Ahorn und Robinie) unterschiedlicher Herkunft aufgenommen. Nach und nach wird eine umfassende Stammdatenbank aufgebaut, die als Datenbasis zur Charakterisierung von Holzressourcen genutzt werden kann.

## Automatisierte Merkmalerkennung

Der bisher größte Teil der durchgeführten Projekte fokussierte die Entwicklung von Erkennungsalgorithmen für Holzmerkmale, die für die allgemeine Qualitätsansprache von Rundholz

und eine anschließende industrielle Verarbeitung im Besonderen bedeutsam sind. In der Reihenfolge der Priorisierung sind dies Astdimension, Astzustand, Fäule, Risse, Splintholzgrenze, Rindenstärke, Jahringbreite, Holzdichte und Wassergehalt.

## Äste

Die Lage, die Größe und der Zustand von Ästen in Rundholz sind von besonderer Bedeutung für Forst- und Holzwirtschaft. Die Ast- und Kronenentwicklung kann einerseits waldbaulich gesteuert werden, andererseits ist die innere Ästigkeit ausschlaggebend für die Qualität des daraus erzeugten Schnittholzes.

Die genaue Vermessung dieser Parameter ist mittels CT möglich. Die Erkennungsrate von Ästen ist insgesamt stark von der Auflösung der CT-Rekonstruktion, dem Dichtekontrast zwischen Ast- und Stammholz und der Dimension der Äste abhängig; größere Äste werden einfacher erkannt als kleine Äste. Für Nadelholz ist die Abgrenzung des Stammholzes zu Ästen auf Grund der niedrigeren Stammholzdichte generell besser möglich als für Laubholz. Für Fichte, Kiefer und Tanne können die Lage des Astes und die Astdimension automatisiert ausgelesen werden. Für Douglasie werden die erarbeiteten Erkennungsalgorithmen derzeit angepasst. Damit steht ein Messverfahren zur Verfügung, mit dem es nun möglich ist, die Astentwicklung im Stamminnenen ohne destruktives Beprobieren von Stämmen nachzuvollziehen. Infolge der hohen Strahlungsabsorption des stark wasserhaltigen Nasskerns ist die Erkennung von Ästen in nasskernhaltigen Tannenabschnitten nur bedingt möglich. Hier überlagern sich die Bildsignale von Astholz und Nasskern.

Die Abteilung Waldnutzung konnte

auch zeigen, dass die zerstörungsfreie Beurteilung innerer Holzeigenschaften für Laubholz, insbesondere der Größe und Lage von Ästen, mit CT möglich ist. Hier ist das Verfahren wegen des geringeren Dichtekontrastes in der CT-Rekonstruktion nicht vollautomatisiert; es wird ein visuell-teilautomatisiertes Verfahren angewendet. Die Messdaten werden ausgelesen und können anschließend in Einschnittssimulationen weiterverrechnet werden.

So wurde im Projekt „Flexwood“ aus den CT-Daten von 33 Buchenstammabschnitten 3D-Modelle rekonstruiert, um daraus virtuelles Schnittholz zu erzeugen. Dieses wurde auf Qualitätseigenschaften wie die Ästigkeit überprüft. Abhängig vom gewählten Einschnittswinkel zeigten die Einschnittssimulationen große Unterschiede in der Ausbeute. Die Volumenausbeute an besäumtem Schnittholz hängt stark von der äußeren Form der Abschnitte ab, der erzielbare Wert wird jedoch nicht nur vom Schnittholzvolumen, sondern auch von dessen Qualität bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer optimalen Eindrehung der Stämme im Vergleich zu einer zufälligen Eindrehung sowohl die Volumenausbeute als auch die Wertschöpfung um bis zu 25% gesteigert werden können. Auch für verschiedene Nadelhölzer konnten ähnliche Optimierungspotenziale simuliert werden.

### Asthaltiger Kern

Der Anteil des asthaltigen Kerns an Stammabschnitten ist ausschlaggebend für die Qualitätsausbeute im Sägewerk. In einer großen Anzahl wertgeästeter Stämme schnellwüchsiger Radiata-Kiefern von Plantagenherkünften aus Chile und Neuseeland konnte mit dem CT.LOG der asthaltige Kern zuverlässig bestimmt werden.

Bei Laubbäumen mit glatter Rinde, wie z.B. Buche, lässt sich mit dem äußeren Erscheinungsbild des Stammes auf den asthaltigen Kern schließen, da im Allgemeinen Astnarben zurückbleiben, nachdem Äste abgeworfen wurden. Das Verhältnis zwischen Höhe und Breite eines Astsiegels spiegelt



Abb. 1: Computertomograf CT.LOG an der FVA in Freiburg

die Überwallungstiefe eines darunterliegenden Astes wider (Schulz 1961). Dieser Zusammenhang konnte mit über 650 CT-vermessenen Ästen verschiedener Größenklassen bestätigt werden, weshalb sich der Astsiegelquotient grundsätzlich als zusätzlicher Indikator für Rundholzqualität von Buche eignet.

Eine Vermessung von Astnarben im Bestand ist mit Hilfe von terrestrischem Laserscanning (TLS) möglich. Eine Verknüpfung der TLS-Daten mit den CT-Daten ergab, dass in Zukunft somit prinzipiell mit TLS eingeschätzt werden könnte, wie groß der astfreie Mantel von im Bestand stehenden Buchen ist.

### Fäule

Fäule ist ein bedeutsames Qualitätsproblem und führt zur starken Abwertung bei Rundholz. Eine automatisierte Erkennung von Stammbereichen, die von Fäule betroffen sind, könnte somit sowohl eine genauere Qualitätssortierung als auch eine Optimierung des Ablängens ermöglichen. Untersuchte Fichten- und Tannenstämme zeigten eine deutliche Erhöhung der Holzdichte im Anfangsstadium von Fäule durch Wassereinlagerung. Bei fortgeschrittener Fäule und zunehmend zersetzten Holzstrukturen nimmt die Dichte der Faulstellen dann soweit ab, dass sie unter der des umgebenden Holzes

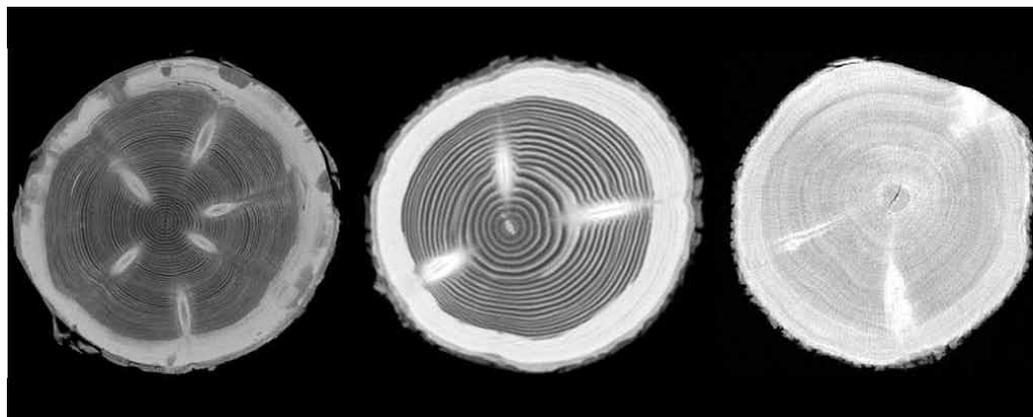


Abb. 2: Querschnitte von Fichte, Douglasie und Eiche im Vergleich

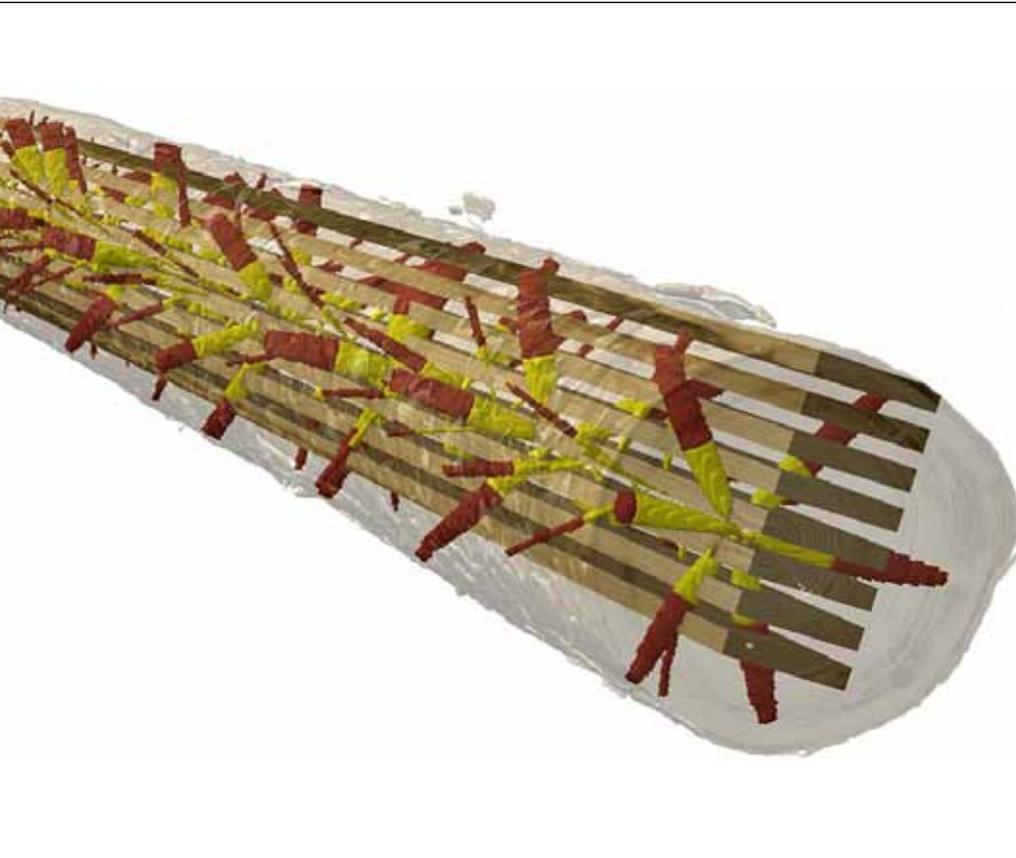


Abb. 3: 3-D-Rekonstruktion einer Kiefer mit ihren Ästen (differenziert nach gesundem und totem Anteil) und virtuell erzeugter Schnittware

liegt. Somit ist die Erkennung sowohl frischer, als auch fortgeschrittener Fäule im CT-Bild möglich und es steht mit dem CT-Scanner nun ein Analysetool zur Verfügung, mit dem die Entwicklung von Fäule innerhalb des Holzkörpers in größeren Volumina untersucht werden könnte. Ein Einsatz für mykologische Fragestellungen aus dem Arbeitsschwerpunkt Waldschutz ist damit denkbar.

### Risse

Risse gelten als schwerwiegende Holzdefekte, da sie sowohl das Aussehen, als auch die Tragfähigkeit von Schnittholz beeinflussen. Jedoch sind sie am Rundholz oft weder an den Schnittflächen noch am Mantel erkennbar. Eine optimierte Stammausrichtung im Sägewerk zur Minimierung negativer Effekte ist daher bisher kaum möglich. Mit CT-Technologie

sind luftgefüllte Risse auf Grund des hohen Kontrastes zum umgebenden Holz allerdings deutlich sichtbar, und Größe, Lage und Orientierung können automatisch bestimmt werden. Ein solcher Algorithmus wurde an der FVA entwickelt und an Stammscheiben validiert. Der Algorithmus erkennt radiale und tangentielle Risse mit großer Genauigkeit. Die Erkennung von Ringschäle folgt anderen bildanalytischen Verfahren und soll ebenfalls entwickelt werden. Mit Hilfe dieser Algorithmen wäre es nun möglich, auch für die forstwissenschaftliche Forschung die Problematik der Rissneigung aufzunehmen.

### Splint- und Kernholz

Wasserverteilung und Splintbreite im Stammquerschnitt erlauben eine Vielzahl von Schlüssen zu Vitalität, Baumwachstum und sekundären phy-

siologischen Prozessen im Stamminternen. Es können Austrocknungsprozesse oder die Folgen von äußeren Stammschäden nachvollzogen werden. Zudem nimmt man an, dass die sekundären Verkernungsprozesse bei den obligatorischen Kernholzbildnern der innenliegenden Splintgrenze in gewissem Abstand folgen, so dass somit durch die Verschiebung der Splint-/Kernholzgrenze auch die Entwicklung der Dauerhaftigkeit von Bäumen nachvollzogen werden kann. Dauerhafte Laubhölzer mit obligatorischer Verkernung, wie Robinie und Eiche, eignen sich am ehesten in ihrer natürlichen Wuchsform für eine Verwendung in frei bewitterten Holzkonstruktionen. Im Projekt „CT-Spec“ war es das Ziel, in CT-Bildern solcher Stämme den Rinden-, Splint- und Kernholzanteil zu unterscheiden und damit zerstörungsfrei eine Abschätzung des tragenden Holzkörpers zu modellieren sowie daraus die Tragfähigkeit des einzelnen Stammes zu berechnen.

### Harzgallen

Harzgallen sind harzgefüllte Hohlräume, deren Entstehung weitestgehend durch die Windexposition von Bäumen beeinflusst ist. Sie sind am Rundholz von außen nicht erkennbar, stellen bei der Schnittholzsortierung von Nadelholz jedoch ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar.

Eine Erkennung von Harzgallen mit Hilfe von CT ist möglich und erlaubt dadurch eine genauere Sortierung von Rundholz. Der Erkennungsalgorithmus filtert zuerst andere Merkmale ähnlich erhöhter Dichte, wie feuchte Stellen, Druckholz, Rindeneinschlüsse oder dichte Jahrringe aus, um dann nach Harzgallen zu suchen.

### Ästhetik

Im Projekt „Was macht Holz so attraktiv?“ wird die ästhetische Wahrnehmung von Holz(oberflächen) durch potenzielle Endkundinnen und -kunden charakterisiert und mit messbaren Holzmerkmalen (insbesondere der Aststruktur) verknüpft.

Die automatisierte Erkennung dieser Holzmerkmale im CT-Bild kann dann helfen, geeignete Schnittebenen und Eindrehwinkel zur Optimierung des Rundholzeinschnitts hinsichtlich der optischen Qualität der Produkte zu finden. Damit können attraktive Endprodukte auf den Markt gebracht und schlecht absetzbare Sortimente vermieden werden. Dies erhöht die Akzeptanz für Holz, wovon wiederum der Rundholzmarkt profitiert und letztlich der Erfolg der Forstbetriebe abhängt.

### Anwendung

Im Zuge einer dauernden Weiterentwicklung einer integrierten Analyse-Software werden einzelne Auswertungsaspekte sukzessive weiter automatisiert und ergänzt. Momentan ist die CT-Software für die Baumarten Fichte, Kiefer, Tanne und Douglasie hinsichtlich der Erkennung der Markröhre, der Splintholzgrenze und der Asterkennung weitgehend automatisiert, für weitere Baumarten geschieht dies noch bildbasiert-manuell. Aus den erläuterten Messverfahren ergeben sich für die forstwissenschaftliche und holztechnologische Forschung neue Anwendungsfelder für die Computertomografie.

Die automatisierte Erkennung von Holzstrukturfehlern am Sägewerks-eingang mit Hilfe der CT als Teil der Werkeingangsvermessung könnte eine optimierte Sortierung und Sägesteuerung und damit gesteigerte Wertschöpfung ermöglichen.

Des Weiteren können die Auswirkungen unterschiedlicher waldbaulicher Konzepte und Standortseigenschaften auf die Ausprägung diverser Qualitätsmerkmale untersucht werden. Forschungen zu Einflüssen des Genoms auf das Baumwachstum und Merkmalsausprägungen können wichtige Rückschlüsse für die Forstpflanzenzüchtung und die Auswahl von Pflanzenmaterial leisten. Durch die Asterkennung können nun auch die Astinitialen entlang der Markröhre lokalisiert und diese Information für die in der Waldwachstumskunde



Abb. 4: Virtuell längs aufgeschnittener Stamm mit dunkel eingefärbtem Splintholz und rot eingefärbter automatisch erkannter Fäule

wichtige Triebhöhenrückmessungen verwendet werden. Ebenso können z.B. Astdurchmesser und Astansatzwinkel von überwallten Ästen bestimmt werden, um Unterschiede aufzuzeigen, die durch das Genom oder durch Wuchsbedingungen verursacht wurden.

### Weitergehende Nutzungen der Computertomografie

Neben der dargelegten automatisierten Merkmalerkennung kann der Computertomograf aber auch für ganz andere Fragestellungen verwendet werden. So wurden Fundstücke aus einer steinzeitlichen Pfahlbausiedlung am Bodensee gescannt, um die innere Struktur dieser Pfähle nach einer Konservierung zu überprüfen. Die CT-Aufnahmen sind in der Ausstellung des Pfahlbaumuseums zu besichtigen.

In Zusammenarbeit mit der Abteilung Waldschutz konnte bewiesen

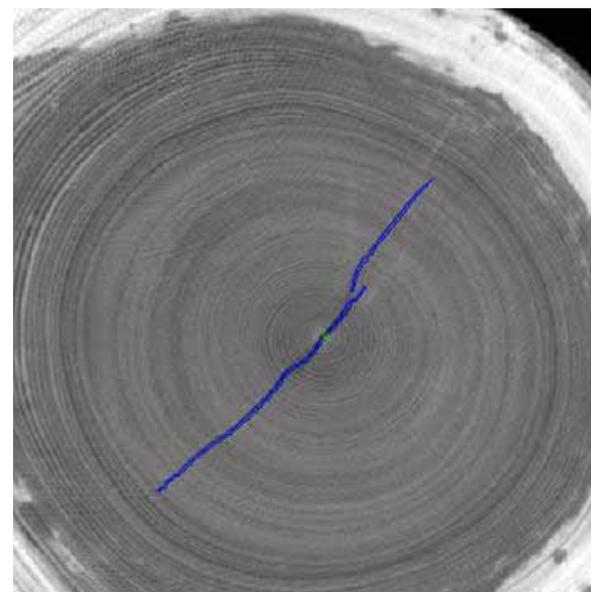


Abb. 5: Automatisierte Risserkennung (blau) bei Fichte



Abb. 6: 3-D-Rekonstruktion von Ahornästen: mit leerem Insektenfraßgang (links) und mit Larve in Fraßgang (rechts)

werden, dass nicht nur Fraßgänge von Holzschädlingen auf CT-Aufnahmen sichtbar sind, sondern auch deren Larven zu erkennen sind. Der Zitrusbock (*Anoplophora chinensis*), dessen Larven schwere Schäden auch an Waldbäumen verursachen,

kann durch befallene Pflanzen nach Europa eingeschleppt werden. In einem Vorversuch mit dem Julius Kühn-Institut wurde erfolgreich getestet, ob der Befall von Importware mit Larven dieses Schädlings mit CT erkennbar und damit eine zerstörungsfreie Prüfung möglich ist.

## Die Nachhaltigkeit geht in die Schule

Schülerinnen und Schüler des Freiburger Angell-Gymnasiums haben sich über die forstliche Nachhaltigkeit Gedanken gemacht - und ihre Vorstellungen davon als Logoentwürfe aufs Papier gebracht. Mitglieder der FVA-einblick-Redaktion wählten aus den vielen Entwürfen einen aus und erstellten daraus ein digitales Logo. Der „Siegerentwurf“ stammt von Amelie Weitbrecht aus der Klassenstufe 10.



## Ausblick

Die Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller MICROTEC GmbH führt zu einer ständigen Fortentwicklung der CT-Software mit den zugehörigen Erkennungsalgorithmen. Es wird momentan angestrebt, Algorithmen für weitere Holzmerkmale und für weitere Baumarten zu entwickeln, die sämtlichen Forschungsprojekten um den Computertomografen zugutekommen.

Mit Hilfe des Computertomografen an der FVA wird eine Vielzahl an Fragestellungen bearbeitet, die mit zunehmender Tendenz forstbetriebliche Belange aufgreifen und die Entwicklung von Praxislösungen maßgeblich unterstützen. Auch in Zukunft werden sich weitere interessante Kooperationen mit unterschiedlichen Forschungseinrichtungen und Betrieben ergeben und neue Themen gemeinsam bearbeitet werden.

Aktuelle Projekte um den Computertomografen an der FVA greifen beispielsweise die Aspekte Rindenstärke

und –volumen von Fichte, die automatisierte Unterscheidung von Fichte und Tanne sowie die Berechnung der Trockendichte bei Rundholz auf.

Die vorangestellten Ausführungen machen deutlich, dass der Nutzen der CT-Forschung bereits heute von hohem Wert für die Forst- und Holzwirtschaft ist. Die ersten realisierten industriellen Anwendungen in Säge- und Furnierwerken zeigen erhebliche Fortschritte bei der Rohstoffausnutzung und Wertschöpfung bei gleichzeitiger Steigerung der Produkthomogenität und –qualität. Dadurch trägt die CT-Technologie zur Steigerung der Marktposition des Rohstoffes Holz gegenüber konkurrierenden Werkstoffen bei und führt zur Stärkung der gesamten Forst- und Holzbranche.

Dr. Udo H. Sauter  
FVA, Abt. Waldnutzung  
Tel.: (07 61) 40 18 - 2 37  
udo.sauter@forst.bwl.de

## Literatur

SCHULZ, H. (1961): *Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume*. Forstarchiv 32(5), 89–99