

**ISSN 18-3044**  
**ISBN 978-3-902762-58-0**

Copyright 2016 by BFW

**Impressum**

Die Abkürzung BFW und der Kurzname „Bundesforschungszentrum für Wald“ werden stellvertretend für den Langnamen „Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft“ verwendet.

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet. Die Urheberrechte von namentlich nicht gekennzeichneten Fotos und Grafiken liegen beim Ersteller.

Presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:  
DI Dr. Peter Mayer  
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft  
Seckendorff-Gudent-Weg 8  
1131 Wien, Österreich  
Tel. +43-1-87838 0

Layout: Gerald Schnabel

Fotos: BFW

Bestellungen und Tauschverkehr:  
Bibliothek des BFW  
Tel. +43-1-87838 1216  
E-Mail: [bibliothek@bfw.gv.at](mailto:bibliothek@bfw.gv.at)  
[www.bfw.ac.at/webshop/](http://www.bfw.ac.at/webshop/)

Dem Wald zuliebe, gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier



**BFW-Dokumentation**  
**22/2016**

**Anlage, Aufnahme und Auswertung**  
**von Dauerversuchen**

MARKUS NEUMANN,  
GÜNTER RÖSSLER

# Anlage, Aufnahme und Auswertung von Dauerversuchen

Markus Neumann & Günter Rössler



*Versuchsfläche 203/m, Hauersteig bei Gablitz zum Zwecke  
der Feststellung des Einflusses der Pflanzweite bei Fichte im  
Wr. Walde. 1892 im Reihenverbande von 1:2m begründet. Bis 1923  
unberührt.  $D = 9.5\text{ cm}$ ,  $H = 8.8\text{ m}$ .*

## Inhaltsverzeichnis

1.	Grundsätze der Versuchsführung .....	7
1.1	Fragestellung .....	7
1.1.1	Versuchsziel .....	7
1.1.2	Zielgrößen und zu erhebende Parameter .....	8
1.1.3	Genauigkeitskriterien.....	8
1.2	Anlage von Versuchsflächen .....	9
1.2.1	Kooperation mit Waldeigentümer .....	9
1.2.2	Wahl des Versuchsortes und Flächenauswahl .....	9
1.2.3	Flächenanlage und Parzelleneinteilung .....	9
1.2.4	Baummarkierung .....	11
1.2.5	Lageplan und Parzellenplan .....	12
2.	Aufnahmen .....	12
2.1	Periodische Revisionsaufnahmen.....	13
2.2	Zusatzuntersuchungen.....	13
2.3	Ablauf der periodischen Revisionsaufnahmen .....	14
2.3.1	Allgemeine Arbeiten .....	14
2.3.2	Aushieb .....	14
2.3.3	Durchmesserbestimmung .....	14
2.3.4	Höhenmessung .....	15
2.3.4.1	Verfahren und Entwicklung der Höhenmessung .....	15
2.3.4.2	Auswahl der Höhenmessbäume .....	15
2.3.4.3	Aufsuchen des günstigsten Standpunktes .....	16
2.3.5	Bestimmung der Kronendimension .....	17
2.3.6	Erfassung der Baumverteilung und Kartierung der Kronenprojektion.....	17
2.4	Qualitätssicherung und -kontrolle.....	19
2.4.1	Vermeidung von Gerätefehlern.....	19
2.4.2	Vermeidung von Bedienungsfehlern.....	20
2.4.3	Messungenauigkeiten.....	20
2.4.4	Vermeidung von fehlerhaften Ablesungen und Datenaufzeichnungen .....	20
2.5	Datenverwaltung .....	21
3.	Hinweise zur Auswertung von Dauerversuchen .....	22
3.1	Datenprüfung.....	22
3.2	Auswertung.....	22
4.	Ausblick.....	23
5.	Anhang .....	25

## **Kurzfassung:**

Ein Teil der am Institut für Waldwachstum und Waldbau des BFW im Laufe der Zeit aufgebauten Expertise ist in die folgende Zusammenstellung eingeflossen. Dadurch soll die Anlage, Führung, Aufnahme und Auswertung von Dauerversuchen präzisiert und operationalisiert werden. Auf den Ergebnissen von Dauerversuchen basieren viele der heute in Verwendung stehenden Ertrags- tafeln und Wachstumsmodelle, aber auch unmittelbar praxisrelevante Bewirtschaftungshinweise (z.B. wirtschaftlich sinnvolle Begründungsstammzahlen, Durchforstungshinweise und andere „best practice“ Beispiele) wurden durch sie ermöglicht.

Die Anlage, die periodischen Aufnahmen und die Auswertung von forstlichen Dauerversuchen kosten viel Geld und binden bedeutende Ressourcen. Eine entsprechende Qualität der Versuchsanlagen bedingt großen personellen und finanziellen Aufwand. Wenn der Qualitätslevel nicht eingehalten werden kann, so ist eine Beschränkung auf weniger Versuchsanlagen einer mangelhaften Qualität vorzuziehen. Zur Rechtfertigung des großen Aufwands müssen einerseits stets Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung bei der Führung dieser Versuche gesucht werden und andererseits muss daraus entsprechender Nutzen gezogen werden.

*Schlüsselworte:* Dauerversuche, langfristige Waldwachstumsforschung, Ertragskunde

## **Abstract:**

Part of the expertise developed at the institute for forest growth and silviculture of BFW has been incorporated into the following compilation. The procedures of establishment, periodical measurements and evaluation of permanent growth-yield experiments should be documented and operationalized by the following. On the results of these experiments many yield tables and growth models were based, but also directly relevant recommendation for practice management (for example, stem numbers for afforestation, guidelines for thinnings and other „best practice“ examples) were made possible by them.

The facility, periodic recordings and the evaluation of forest growth and yield experiments are costly and need significant resources. An adequate quality caused great human and financial resources. If the level of quality cannot be secured with, a restriction in the numbers of experimental plots is preferable to avoid poor quality of the results. To justify the large expenses needed possibilities of increasing efficiency in the conduct of these tests are always wanted and on the other hand must therefrom corresponding benefits are drawn.

*Keywords:* permanent plot, long-term forest growth research, growth and yield experiment



## Vorwort

Seit ihrer Begründung als Forschungsbranche ist die forstliche Ertragslehre bzw. Waldwachstumsforschung bestrebt, die im Ökosystem „Wald“ ablaufenden Wachstumsvorgänge quantitativ und qualitativ zu erfassen, um dadurch allgemein gültige Regeln zu erkennen und diese in Modellen abzubilden.

Die Dauerversuchsfelder stellen die dafür unentbehrliche Grundlage dar. Einerseits bieten nur Dauerversuche die experimentellen Möglichkeiten einer kontrollierten Bestandesbehandlung, andererseits sind nur Dauerversuche in der Lage, die Gesamtwuchsleistung (d.h. den verbleibenden Vorrat inklusiver aller Vornutzungen) als wesentlichsten Wachstumsfaktor zu erfassen. Die notwendige Beobachtungsdauer von Dauerversuchsfeldern erstreckt sich also im Idealfall über die gesamte Umtriebszeit eines Bestandes von dessen Begründung bis zur Endnutzung. Die langen Zeiträume, in denen Wachstumsvorgänge im Wald ablaufen, bedingen zumindest eine Beobachtung über Jahrzehnte. Versuchsziele - sowie die damit verbundenen Versuchsprogramme für Dauerversuchsfelder - dürfen daher nicht nur von den gerade aktuellen ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen abgeleitet werden. Vielmehr müssen sie aus derzeitiger Betrachtungsweise heraus noch nicht relevante Entwicklungen berücksichtigen. Andererseits dürfen bestehende Versuchsziele nicht aktuellen Zielen geopfert werden. Bei kurzfristiger Betrachtung ist die - wie schon im Namen inhärent - lange Beobachtungsdauer auf den Dauerversuchsfeldern ein wesentlicher Nachteil. Auf längere Sicht ist dies jedoch von Vorteil, da die Reaktion der Bäume bzw. der Bestände - gerade jetzt im Zeichen des prognostizierten Klimawandels - über das gesamte Leben verfolgt wurden und nun zur Beantwortung aktueller Fragen herangezogen werden können<sup>1</sup>.

Die Bedeutung des forstlichen Dauerversuchswesens wurde bereits um die Mitte des 19ten Jahrhunderts erkannt und war Anlass für die Gründung der forstlichen Versuchsanstalten. Nachdem vor mehr als 140 Jahren die ersten Dauerversuche angelegt worden sind, hat das forstliche Versuchswesen seither ein umfassendes Methodenspektrum für die Planung, Anlage und Steuerung von Versuchen entwickelt, ohne das die Waldwachstumsforschung und die Versorgung der forstlichen Praxis mit gesicherten Informationen nicht möglich wäre. „Von geglaubten Regeln zu gesichertem Wissen“ so beschreibt Pretzsch (2002) die Bedeutung der Dauerversuche. Auf deren Ergebnissen basieren viele der heute in Verwendung stehenden Ertragstabellen und Wachstumsmodelle, aber auch Bewirtschaftungshinweise (z.B. wirtschaftlich sinnvolle Begründungszahlen und andere „best practice“ Beispiele) wären ohne Dauerversuche nicht möglich. Nicht zuletzt nahmen die Erkenntnisse über langfristige Zuwachsveränderungen ihren Ausgang von den Messergebnissen von Dauerversuchen.

Ein Teil der am Institut für Waldwachstum und Waldbau des BFW im Laufe der Zeit aufgebauten Expertise ist in die folgende Zusammenstellung eingeflossen. Sie soll die Anlage und Führung von Dauerversuchen in Zukunft erleichtern.

<sup>1</sup> Nagel, J., Spellmann, H., und Pretzsch, H., 2014: Zum Informationspotenzial langfristiger forstlicher Versuchsfelder und periodischer Waldinventuren für die waldwachstumskundliche Forschung. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 183(5/6), 111-116



## 1. Grundsätze der Versuchsführung

Die Lebensaktivität von Bäumen oder ganzen Waldbeständen manifestiert sich in einer mehr oder weniger deutlichen Dimensionsveränderung. Der Verlauf dieser sich über der Zeit bzw. dem Alter ändernden Zustandsvariablen (Baumhöhe, Durchmesser, Kronenradius usw.) bildet das Wachstum ab. Die Differenz zwischen zwei Zustandsgrößen wird als Zuwachs bezeichnet.

Auf forstlichen Versuchen werden die Auswirkungen von im Versuchsplan vorbestimmten Behandlungen auf das Untersuchungsobjekt (Einzelbaum oder Bestand) beobachtet, um daraus Behandlungsempfehlungen abzuleiten. Werden keine Behandlungen angewandt, so handelt es sich nicht um Versuche im engeren Sinn. Auf (Dauer-)Beobachtungsflächen, Monitoringflächen oder Inventurpunkten wird auch die Waldentwicklung - teilweise auch langfristig – beobachtet, jedoch fehlt als wichtiges Merkmal die zielorientierte und niedergeschriebene Bestandesbehandlung.

In der Versuchsführung ist Kontinuität eine Grundvoraussetzung für Ergebnisse, die eine Basis für solide Interpretationen schaffen. Vor Beginn der Versuchsflächenanlage ist daher von der Fragestellung ausgehend ein Versuchsplan festzulegen, in dem die Behandlungen hinsichtlich Zeitpunkt, Stärke und Art festgelegt sind. Dieser soll für die gesamte Versuchsdauer Gültigkeit haben. Die relativ hohen Kosten einer Versuchsneuanlage sind nur gerechtfertigt, wenn die regelmäßige Betreuung und Beobachtung des Versuchs durch entsprechende finanzielle Vorsorge sichergestellt ist. Um dies sicherzustellen, wurde das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) durch das österreichische Forstgesetz mit der Anlage und Führung von langfristigen Versuchen beauftragt.

Bereits seit den 1880er Jahren wurden in Österreich Dauerversuche angelegt. Grundlage und Ausgangspunkt für ein standardisiertes Vorgehen waren sogenannte Arbeitspläne, die je nach Fragestellung detaillierte Aufnahme- und Auswertungsmethoden festlegten (Böhmerle, 1888)<sup>2</sup>. Eine zusammenfassende Anleitung zur Aufnahme, Berechnung der Ergebnisse und Führung von Dauerversuchsflächen wurde von Schmied (1932)<sup>3</sup> verfasst.

Die nachfolgende Richtlinie präzisiert und operationalisiert die Anlage, Führung, Aufnahme und Auswertung von Dauerversuchen. Sie ist für Arbeiten an Dauerversuchen des Instituts für Waldwachstum und Waldbau am BFW verpflichtend. Im Sinne einer Vergleichbarkeit und einer möglichst breiten Verwendung soll diese Anleitung auch von anderen Institutionen und für andere Versuchsanlagen gegebenenfalls in entsprechend adaptierter oder vereinfachter Form zur Anwendung gelangen.

### 1.1 Fragestellung

#### 1.1.1 Versuchsziel

Je enger sich das Versuchsziel an der Fragestellung orientiert, desto klarere Ergebnisse können erwartet werden. Von der Festlegung der zeitlichen und räumlichen Gültigkeit ist die erforderliche Mindestbeobachtungsdauer und die Notwendigkeit von Wiederholungen bzw. Anlage auf mehreren Standorten/Versuchsorten abhängig.

Je nach untersuchter Fragestellung können Dauerversuche typisiert werden: Wie wirken sich Behandlungsvarianten auf das Wachstum aus (Pflanzweiteversuche oder Durchforstungsversuche)? Wie wirken sich Behandlungsvarianten auf die Qualität aus? Wie ist das Wachstum von Baumarten oder Herkünften für sich oder im Vergleich mit anderen (Provenienzversuchen, Anbau-

<sup>2</sup> Böhmerle, K., 1888: Die forstlichen Versuchsarbeiten. Centralbl. f.d. ges. Forstwesen 14(6), 275-278.

<sup>3</sup> Schmied, H., 1932: Aufnahme, Berechnung der Ergebnisse und Führung der Aufzeichnungen von Dauerversuchsflächen. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Österreichs, 42. Heft. Verlag Julius Springer, Wien.

versuche)? Welche Veränderungen im Wachstum ergeben sich unter speziellen Umweltbedingungen (z.B. Düngungs- oder Bewässerungsversuche, in jüngster Zeit angelegte „roof“ Experimente) oder Schädigungseinflüssen (Versuche mit simuliertem Verbiss, Begasungsexperimente)?

Eine Beschränkung auf wenige Varianten mit größerer Spreitung bringt besser unterscheidbare Ergebnisse. Ist die verfügbare Fläche klein, so ist es besser die Varianten zu reduzieren (Böhmerle, 1892)<sup>4</sup> als an den Wiederholungen oder der Flächengröße zu sparen. Prinzipiell können unterschiedliche Einflussfaktoren in einer Variante zusammen untersucht werden, aber auch hier bringt eine Beschränkung Vorteile in der Interpretation.

### 1.1.2 Zielgrößen und zu erhebende Parameter

Bei welcher Zielgröße wird die deutlichste Reaktion erwartet, welche ist aus wirtschaftlicher Sicht am relevantesten: Gesamtwuchsleistung an Holz oder Gesamtbiomasse, Vorratsentwicklung an Schaft- oder Derbholz, Höhenwachstum, u.a.m. In der Vergrößerung des Baumvolumens zeigt sich nach Assmann (1961)<sup>5</sup> das volle Ausmaß der Lebenstätigkeit. Von welchen Parametern können zusätzliche Informationen als Interpretationshilfe erwartet werden?



Abbildung 1: Durchforstungsversuch nach der Erstdurchforstung



Abbildung 2: Versuch zur Beurteilung der Wuchsleistung von *Sequoiadendron giganteum*

### 1.1.3 Genauigkeitskriterien

Die angestrebte Genauigkeit und Aussagekraft bedingt die Anzahl der Wiederholungen und Kovariaten, die Erfassungsgenauigkeit, Aufnahmeumfang und Aufnahmeintervall. Das Aufnahmeintervall ist durch die erreichbare Erfassungsgenauigkeit mitbestimmt und beträgt traditionell als Kompromiss zwischen Aufwandaufwand, erreichbarer Genauigkeit und zeitlicher Auflösung 5-(10) Jahre. Je langsamer die zu erwartende Veränderung (schlechtere Bonitäten) desto eher sind längere Intervalle sinnvoll. Der Wunsch nach einer feineren Auflösung setzt eine geringere Streuung der Aufnahmeparameter voraus. So kann durch die Verwendung von permanent fixierten BHD-Bändern die Genauigkeit der BHD-Messung deutlich erhöht werden. Die Erfassung der Baumhöhen ist jedoch selbst bei Verwendung von elektronischen Messgeräten mit deutlich größerer Streuung behaftet. Die Erfassung eines oberen Durchmessers (in 0.3 der Baumhöhe) verbessert die Formzahl-schätzung und damit die Volumenbestimmung, insbesondere wenn Formveränderungen erwartet werden. Die dadurch erreichte Verbesserung ist gegen den erhöhten Aufwand abzuwiegen.

4 Böhmerle, K., 1892: Die forstlichen Versuchsarbeiten. Centralbl. f.d. ges. Forstwesen 18(2), 65-73.

5 Assmann, E., 1961: Waldertragskunde – Organische Produktion – Struktur – Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BLV Verlagsgesellschaft München Bonn Wien. 490 S.

## 1.2 Anlage von Versuchsfeldern

Grundsätzlich können Fehler oder Unterlassungen bei der Versuchsanlage nicht oder nur sehr aufwendig korrigiert werden.

### 1.2.1 Kooperation mit Waldeigentümer

Es ist eine Voraussetzung, dass der Waldeigentümer und auch nächste Besitzergenerationen sowie das Forstpersonal vor Ort die Versuchsidee mittragen. Eine genaue Information und schriftliche Vereinbarung bezüglich des Versuchsprogramms (vor allem die geplanten Nutzungen) sind notwendig, um eventuelle Konflikte im Zuge der weiteren Versuchsführung zu vermeiden (Muster einer solchen Vereinbarung im Anhang). Die wesentlichsten Versuchsunterlagen sollen in Kopie auch an den Waldbesitzer ergehen.

### 1.2.2 Wahl des Versuchsortes und Flächenauswahl

Um den Einfluss eines unterschiedlichen Kleinstandortes auf die Varianten auszuschließen, ist ein möglichst einheitlicher Standort am gesamten Versuch anzustreben. Die Idealvorstellung Dauerversuche in vielen Wuchsgebieten und/oder Höhenstufen zu wiederholen, scheitert an der Realisierbarkeit. Eine Verteilung auf einzelne, sehr unterschiedliche Standorte kann zumindest Hinweise auf eine (Wechsel-)wirkung mit Standortfaktoren ergeben.

Die Tauglichkeit des Bestandes ist in Absprache mit dem Eigentümer zu prüfen und festzulegen. Die künftigen Pläne des Eigentümers sind mit dem Versuchsziel in Einklang zu bringen. Informationen über die Bestandesgeschichte (Vorbstand, Begründungsverfahren, Herkünfte, Bestandeschäden, Pflegemaßnahmen und -aufwand) sind einzuholen. Auch ist auf entsprechende Lage und Erschließung wegen der Erreichbarkeit oder künftiger Nutzungen Rücksicht zu nehmen. Eine Dokumentation dieser Kriterien und anderer Informationen ist von entscheidender Bedeutung. Mit der Dokumentation ist bereits vor Anlage des Versuches zu beginnen und sie soll auch eine Aufzeichnung aller Maßnahmen während der Versuchslaufzeit beinhalten. Es bietet sich dafür ein Datenbanksystem an, eine zusätzliche Speicherung auf Papier erhöht die langfristige Verfügbarkeit der Informationen. Versuchsanlagen ohne entsprechende Dokumentation sind wertlos.

### 1.2.3 Flächenanlage und Parzelleneinteilung

Die gewählten Zielgrößen entscheiden über den Typ der Flächenanlage: Gesamtwuchsleistung, Vorratsentwicklung und andere auf eine Fläche bezogene Werte erfordern Parzellenversuche. Geht es darum, die Reaktion von Einzelbäumen zu erfassen (z.B. Höhenentwicklung, Einzelbaumzuwachs) können auch Einzelbaumversuche (z.B. für Standraumuntersuchungen im „Nelderdesign“<sup>6</sup>) angelegt werden. Auf jeder Parzelle wird eine Variante untersucht, d.h. eine Behandlungsvariante umgesetzt oder eine bestimmte Baumart/Herkunft ausgebracht. Die Einbeziehung von nicht behandelten „Nullflächen“ ist stets sinnvoll. Spielt bei Versuchen der Demonstrationscharakter eine Rolle, so sind diese Nullflächen auch wesentliche Anschauungsobjekte. Bei Herkunftsversuchen kann diese Funktion von einer voraussichtlich weniger geeigneten Herkunft übernommen werden. Damit werden die angewandten Maßnahmen/Herkünfte wesentlich besser verdeutlicht.

Bei der Flächenanlage ist auf eventuelle Gradienten der Wuchsbedingungen zu achten (z.B. Oberhang – Unterhang). Wenn Wiederholungen der Versuchsvarianten vorgesehen sind, so bilden die unterschiedlichen Versuchsvarianten zusammen einen Block. Die Blöcke müssen wiederholt werden, innerhalb der Blöcke ist die räumliche Anordnung der Varianten zufällig festzulegen. Die zunehmend kleinflächige Bewirtschaftung/Verjüngung unserer Waldbestände erschwert das Auffinden von ausreichend großen Flächen.

Traditionell werden überwiegend Parzellenversuche angelegt, für bestimmte Fragestellungen können auch Einzelbaumversuche bei der Versuchsplanung berücksichtigt werden. Bei Einzelbaum-

<sup>6</sup> Nelder, J.A.: New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics* 18, 1962, S. 283-307

versuchen muss die Verteilung der einzelnen beobachteten Bäume ebenso zufällig wie bei Parzellenversuchen sein. Die Auswertung eines bestehenden Parzellenversuchs als Einzelbaumversuch ist statistisch nicht zulässig, da die unterschiedlich behandelten Bäume räumlich geklumpt wären und daher die Anzahl der Bäume innerhalb der Parzelle keine Wiederholungen der Behandlungsvariante sind.

Das Versuchsareal und auch die einzelnen Parzellen sollten aus Gründen der Übersichtlichkeit und Orientierung möglichst quadratisch oder rechteckig sein. Bei ausreichendem Flächenangebot setzt sich eine Parzelle aus der eigentliche Messfläche und einem möglichst breiten Umfassungstreifen (Isolierstreifen) zusammen (Abb. 6 und 10). Die erforderliche Größe der einzelnen Parzellen richtet sich nach der Fragestellung, der beabsichtigten Versuchsdauer und der zum Endzeitpunkt erwarteten Stammzahlen, die wiederum auch von der Baumart abhängig sind. Auch die Breite des Umfassungstreifens richtet sich danach. Die Nachteile zu klein gewählter Versuchsflächen erkannte bereits Böhmerle (1890)<sup>7</sup>. Es sollten bis zum Versuchsende mindestens 25-30 Bäume je Parzelle in der Beobachtung verbleiben, daraus ergibt sich eine Mindestgröße um die 1000m<sup>2</sup>.

Die Lage des Versuches wird koordinatenmäßig erfasst, außerdem in einer Karte eingezeichnet (Abb. 8). Zusätzlich ist der Standort (Bestand, Boden, Vegetation, Exposition, Neigung usw.) zu erfassen. Von der Lage der einzelnen Versuchsparzellen/Varianten ist ein Parzellenplan zu erstellen. Bei Kartierungen ist eine Kartierungsskizze mit dem Ursprungspunkt (Standard: Südwestecke), der Nordrichtung und den Achsenbezeichnungen zu erstellen. Durch eine frühzeitige Festlegung, wo Rückegassen eingelegt werden sollen, kann die Störung des weiteren Versuchsablaufs vermieden oder zumindest verringert werden.



Abbildung 3: Vermarkungsstein auf einer historischen Versuchsfläche mit Versuchs- und Parzellennummer



Abbildung 4: Vermarkungspflock mit Nummern der angrenzenden Parzellen

Die Eckpunkte werden mit Pflöcken und/oder eingeschlagenen geodätischen Vermessungsmarken vermarktet. Die Nummer der Parzellen auf den jeweiligen Pflöcken erleichtert die Orientierung auf (größeren) Versuchsanlagen. Auf die begrenzte Haltbarkeit von Holzpflöcken und eventuelle Beschädigung durch Maßnahmen der Holzernte ist Rücksicht zu nehmen. Bei Wildeinfluss kann die Zäunung der Fläche notwendig sein, Verbissschutz an Einzelpflanzen ist bei Versuchen selten zielführend. Um Passanten zu informieren und damit auch Störungen des Versuchsablaufs vorzubeugen, ist die Aufstellung einer Infotafel mit Angaben des Versuchsziels, gegebenenfalls Ergebnissen und Kontakten vorteilhaft.

<sup>7</sup> Böhmerle, K., 1890: Die forstlichen Versuchsarbeiten. Centralbl. f.d. ges. Forstwesen 16(2), 71-79.

Um eine richtige Flächenleistung (Hektarwerte) zu erhalten, ist die Fläche genau zu bestimmen. Es ist zu beachten, dass es sich bei der Berechnung um die Horizontalflächen handelt. Daher ist auch die Neigung der Flächengrenzlinien zu messen und mit dem Kosinus auf die Horizontale umzurechnen.

Im Falle einer Neuanlage von Herkunfts- oder Pflanzweiteversuchen ist auf die Qualität des Pflanzgutes, des Pflanzzeitraums (Witterung), des Pflanzverfahrens und des eingesetzten Personals besondere Rücksicht zu nehmen.

#### 1.2.4 Baummarkierung

In sehr stammzahlreichen, jungen Beständen kann die Beschränkung auf stärkere Bäume durch die Festlegung einer Aufnahmekluppschwelle notwendig werden. Dieses Vorgehen stellt einen manchmal erforderlichen Kompromiss zwischen Aufwandaufwand und Aussagekraft dar. Je niedriger diese Schwelle gewählt wird, desto besser ist die Entwicklung der Bäume und des Bestandes nachvollziehbar.



Abbildung 5: Vermarkung eines Versuchs mit weißen Parzellenpflöcken, die roten Pflöcke begrenzen die Messfläche

Dauerhaft mit Ölfarbe, Tubenfarbe, Metallplättchen, u.a.m. nummerierte Versuchsbäume erlauben die Nachvollziehbarkeit und eventuelle Korrektur der Messungen. Die Entfernung lockerer Rinde erhöht die Haltbarkeit der Nummerierung, möglichst standardisierte Ziffern (evt. mit Schablonen) erleichtern deren Rekonstruktion. Farbspray ist generell nicht zu einer längerfristigen Markierung geeignet. Eine klare Reihenfolge der Nummerierung und entsprechende Ausrichtung erleichtern die späteren Arbeiten durch eine einfachere Identifizierung der Bäume.

Die Stelle für die BHD-Messung ist im Sinne der Vergleichbarkeit von Wiederholungsmessungen ebenfalls dauerhaft mit einer Markierung am Stamm festzulegen (permanent fixierte

BHD-Bänder erhöhen die Vergleichbarkeit der Ablesungen ganz wesentlich). Es ist vorteilhaft, auch die Z-Bäume dauerhaft zu markieren (z.B. weißer Ring). Die Messung der Stammfußkoordinaten (X- und Y-Koordinaten) ist zwar aufwändig, bringt aber viele Vorteile für die Aufnahmearbeiten und erlaubt erweiterte Auswertungsmöglichkeiten.



Abbildung 6: Buchenbestand mit BHD-Markierungen und Baumnummern



Abbildung 7: Baumnummerierung in jüngeren Beständen mit Kunststoffmarken

### 1.2.5 Lageplan und Parzellenplan

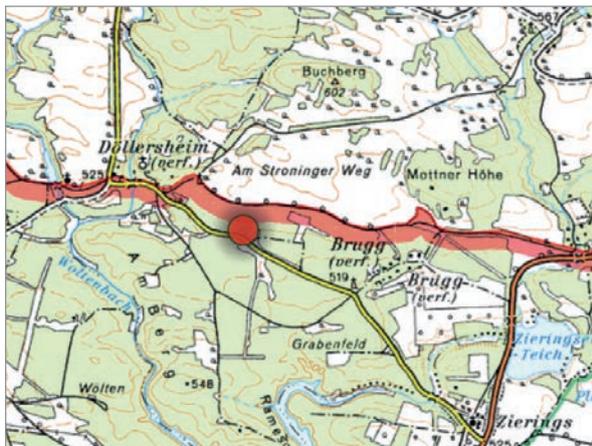


Abbildung 8: Lage des Versuchs auf ÖK 50.000

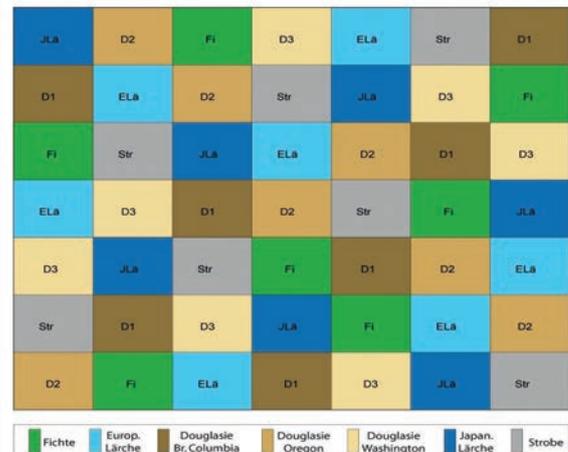


Abbildung 9: Wuchsleistungsvergleich von drei Douglasienherkünften mit Fichte, Europ. und Japanlärche sowie Strobe mit 7 Wiederholungen

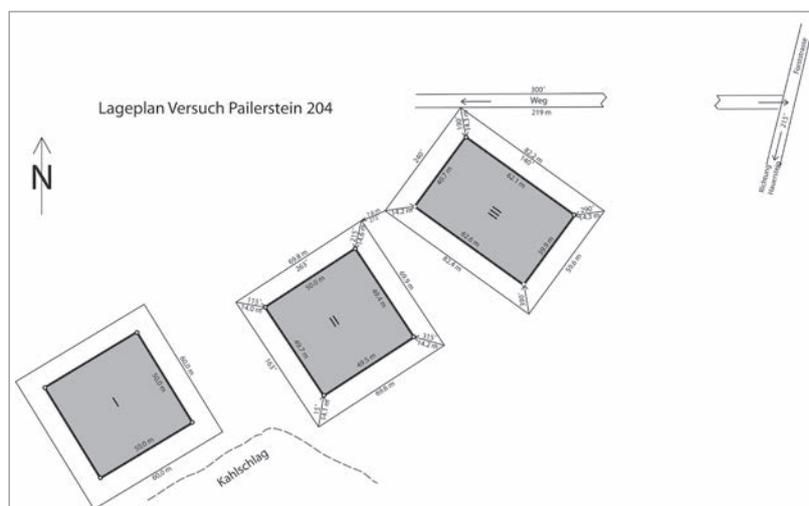


Abbildung 10: Beispiel eines historischen Durchforstungsversuchs ohne Wiederholung mit den drei Behandlungsvarianten: schwach, mäßig und stark

## 2. Aufnahmen

Vor Beginn der Baummessungen und -beschreibungen sind im Versuchsplan Art und Umfang der Messungen festzulegen, die bei allen folgenden Wiederholungsmessungen (Revisionen) beachtet werden sollen. Ebenso ist darin das Aufnahmeintervall mit dem Versuchsziel, der zu erwartenden Veränderungsgeschwindigkeit und den verfügbaren Ressourcen und Finanzierungsquellen abzustimmen. Für die Aufnahmarbeiten ist entsprechend qualifiziertes Personal einzusetzen, die Aufnahmen stützen sich auf schriftlich festgelegte Methodenbeschreibungen. Aktivitäten auf den Versuchsflächen sind in der Versuchsdokumentation festzuhalten.

Die erforderliche Kontinuität der Revisionsaufnahmen auf Dauerversuchen ist auf Basis einer Anlass bezogenen Projektfinanzierung meist nicht gewährleistet.

## 2.1 Periodische Revisionsaufnahmen

Bei der Messung von Wachstumsparametern (BHD, Höhe) ist darauf zu achten, dass die Messungen vor oder nach der Vegetationsperiode (April - September) gemacht werden und jeweils zu vergleichbaren phänologischen Entwicklungsstadien. Es ist aus Gründen der Vergleichbarkeit sinnvoll, für die Erhebungen die im Anhang folgenden Hinweise zur Erhebung von Dauerversuchen zu beachten.

Standardmäßig ist von jedem Baum jedenfalls der Brusthöhendurchmesser (BHD) auf Millimeter zu messen. Eine Aufnahme in einer Kluppliste (egal ob 1 cm oder 4 cm Stufen) ist nicht sinnvoll. BHD-Messungen während starker Frostperioden ergeben durch Schwindungsprozesse im Stamm zu geringe Werte. Ob alle Baumhöhen gemessen werden, ist im Einzelfall zu entscheiden. Es besteht bei sehr großen Baumzahlen auch die Möglichkeit, nur ein Teilkollektiv nach einem systematischen Auswahlssystem (z.B. jeder 4. Baum oder vorstratifiziert nach Durchmesserklassen) zu messen, unbedingt aber zusätzlich die Höhen der Oberhöhenbäume (z.B. 100 stärksten Bäume/ha).

Aus einer einmaligen Aufnahme kann über die Einzelbaummessung nur die Flächenleistung errechnet werden. Berechnungen des laufenden Zuwachses sind erst nach einer Folgeaufnahme möglich. Zur Beurteilung der Gesamtwuchsleistung bzw. des durchschnittlichen Zuwachses sind Informationen über den bis dato ausgeschiedenen Bestand notwendig. Falls Bäume bei der Wiederholungsaufnahme nicht mehr auffindbar sind, ist soweit möglich, der Grund des Ausscheidens (reguläre Nutzung, Windwurf, Käferbefall, u.ä.m.) zu erfassen. Weiter ist festzulegen, in welcher Form die Aufnahmedaten erfasst werden (in Papierform oder digital mittels Eingabegerät). Die generelle Verwendung des in der Instruktion dargestellten Aufnahmemanuals (siehe Anhang) ist wegen der Einheitlichkeit von Vorteil.

## 2.2 Zusatzuntersuchungen



Abbildung 11: Hemiview Kamera zur Erfassung der Blattflächen (LAI)

Zusatzuntersuchungen können, müssen aber nicht detailliert im Versuchsprogramm festgelegt werden. Sie können sich aus neuen (Zusatz-)fragestellungen ergeben, richten sich nach den verfügbaren Ressourcen bzw. kurzfristig verfügbaren Finanzquellen und können auch die jeweils aktuell verfügbaren technischen Möglichkeiten einbeziehen. So hat etwa erst die Entwicklung neuer Verfahren die Abschätzung von Blattflächen durch Hemiview-Aufnahmen ermöglicht. Die Möglichkeiten des Laserscannings und/oder der Einsatz von Drohnen lassen weitere neue Erkenntnisse erwarten. Durch Stammanalysen oder Jahrringanalysen mittels Bohrkernen können die periodisch gemessenen Zuwächse auf Einzeljahre aufgeteilt werden, feinere Auflösung ermöglichen permanente Zuwachserhebungen mittels Dendrometerbändern (Dobbertin M. et al., 2010)<sup>8</sup>. Spezielle Untersuchungen der Ein- und Austräge von Elementen, von Boden-, Vegetations- oder Nadelgehaltsanalysen können zum Verständnis der Nährstoffkreisläufe beitragen. Eine Erfassung des lokalen Wettergeschehens kann mithelfen, die Wachstumsabläufe besser zu interpretieren.

<sup>8</sup> Dobbertin, M., Neumann, M., und Schröck, H.W., 2013: Tree Growth Measurements in Long-Term Forest Monitoring in Europe. In: Forest Monitoring. Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia (Ferretti, M., Fischer, R., Eds). Developments in Environmental Science Volume 12, Elsevier Ltd.

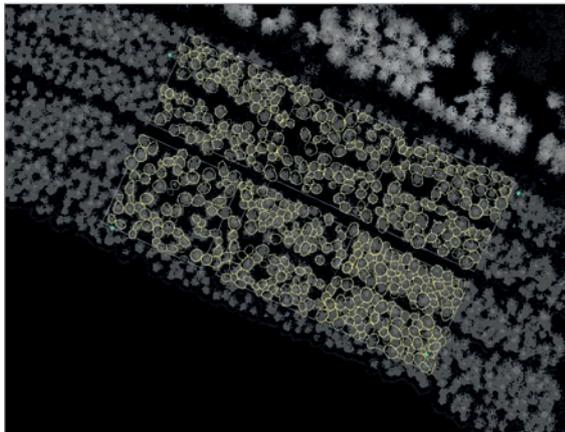


Abbildung 12: Darstellung der Kronenoberflächen mit Laserscanning



Abbildung 13: Permanentes BHD-Messband und elektronisches Dendrometer

## 2.3 Ablauf der periodischen Revisionsaufnahmen

### 2.3.1 Allgemeine Arbeiten

Zu Beginn der Arbeiten ist mit dem Waldeigentümer bzw. dessen Beauftragtem Kontakt aufzunehmen. Für jede Aufnahme ist am Anfang des Manuals ein Infoblatt zu erstellen (Datum, Aufnahmeteam, Besonderheiten, bei Stammfusskartierung-Kartierungsplan etc.)

Aufnahmeblätter sind durchnummerieren. Das Datum der erfolgten Aufnahme sowie der Name jener Mitarbeiter, die die Messarbeiten durchgeführt haben, sind unbedingt auf jeder Seite einzutragen.

Weiter sind der Zustand der Verpflockung oder der Versteinung der Probestfläche und der Parzellen sowie die Farbmarkierungen an den Probestbäumen zu kontrollieren und gegebenenfalls zu erneuern. Außerdem sind bei Versuchsflächen mit Wildschutzzäunen das Drahtgeflecht und der Zustand der Zaunsteher zu überprüfen.

Nach Beendigung der Arbeiten ist es sinnvoll, ein schriftliches Protokoll über die durchgeführten Arbeiten anzufertigen. Die langfristige Ablage dieser Protokolle kann in Datenbanken und/oder herkömmlichen Archiven erfolgen.

### 2.3.2 Aushieb

Die Auszeige des Aushiebs gemäß Versuchsplan erfolgt nach Absprache oder gemeinsam mit dem Waldeigentümer. Bei der Revisionsaufnahme wird ein beabsichtigter Aushieb als solcher vermerkt und erhält eine entsprechende Klassifikation des Aushiebegrunds. Bei der nächsten Revision wird dann der tatsächlich durchgeführte Aushieb erfasst. Abgestorbene Bäume werden nur beim ersten Auftreten mit der entsprechenden Aushiebsschlüsselzahl vermerkt. Zwischen zwei Aufnahmen unprotokolliert entfernte Bäume werden entsprechend - und womöglich mit dem Grund der Entnahme - vermerkt.

### 2.3.3 Durchmesserbestimmung

Der Brusthöhendurchmesser ist in Millimeter und stets bei der BHD-Markierung zu erfassen. Nur bei Fehlen einer Markierung ist ersatzweise in 1,3 m Höhe zu messen. Eine Messung mit einem Umfangmassband ergibt zwar tendenziell zu große Werte, ist aber im Vergleich zu (zweifachen) Kluppierungen wesentlich besser reproduzierbar. Bei festgelegter Messhöhe ergeben unmittelbar folgende Messungen erfahrungsgemäß Abweichungen von maximal 2 mm.



Abbildung 14: Transponder und Messgerät des Forestor Vertex III



Abbildung 15: BHD-Messung mit Umfangmaßband

## 2.3.4 Höhenmessung

### 2.3.4.1 Verfahren und Entwicklung der Höhenmessung

Die Schwierigkeiten einer exakten Erfassung der Baumhöhen sind seit jeher bekannt. Zu Beginn beschränkte man sich daher auf die Messung an liegenden Aushiebsbäumen. Die Erkenntnis, dass dieses Sample oft nicht dem verbleibenden Bestand entsprach, führte dazu, Mittelstämme nach fünf Durchmesserklassen zu erfassen. Über Höhenkurven bzw. Massenkurven wurde dann das Volumen bestimmt. Schmied (1932)<sup>9</sup> entwickelte Verfahren, die Messungen der Höhe und von oberen Durchmessern am stehenden Baum ermöglichten, allerdings unter gewaltigem Zeit- und Personalaufwand. Daher wurde später auf die Winkelmessung mit optischer Distanzbestimmung zurückgegriffen. Zur Erleichterung der Wahl eines geeigneten Standpunkts wurde von Johann (1974)<sup>10</sup> eine variable Basislatte erfunden. Dies erleichterte zwar den Arbeitsablauf, trug aber nicht wesentlich zu einer höheren Genauigkeit bei. Die Notwendigkeit eines Ausgleichs der Messwerte durch eine Durchmesser-Höhenkurve blieb weiterhin bestehen, auch um die Höhen nicht gemessener Bäume schätzen zu können. Eine Messung aller Bäume war daher damals weder notwendig noch sinnvoll, spezifische Formunterschiede der Bäume konnten dadurch aber nicht erfasst werden.

Aktuell erfolgt die Bestimmung der Baumhöhen und der Kronenansätze mit dem Höhenmesser der Type Vertex. Damit ist eine Messung an allen Bäume möglich und sinnvoll geworden. Nur dann geben Parameter wie der HD-Wert die Baumindividualität wider. In Beständen mit Baumhöhen bis 8-9 Meter können zur Höhenmessung Teleskopstangen verwendet werden. Voraussetzungen für eine möglichst fehlerfreie Messung sind im Abschnitt 2.3.4.3 angeführt.

### 2.3.4.2 Auswahl der Höhenmessbäume

In der Regel sind die Höhen und Kronenansätze aller Probestämme zu messen und die entsprechenden Höhenmesskennziffern einzutragen. Bäume mit frischen Wipfelbrüchen sind nicht zu messen.

In Ausnahmefällen kann in sehr stammzahlreichen Beständen ein Höhenmessteilkollektiv systematisch ausgewählt werden. Es sollte nach Möglichkeit dem Messkollektiv der vorangegangenen Aufnahme entsprechen. Bei der Messung eines systematischen Höhenmessteilkollektives sind die Höhen der 100 stärksten Bäume je Hektar (Oberhöhe) zusätzlich zu messen, wobei jedoch Ausschließungsgründe für eine Oberhöhenmessung (Wipfelbruch, Ersatzwipfel usw.) zu beachten sind. Weiters sind in diesem Fall die Höhen aller Z-Bäume zu messen.

<sup>9</sup> Schmied, H., 1932: Aufnahme, Berechnung der Ergebnisse und Führung der Aufzeichnungen von Dauerversuchsflächen. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Österreichs, 42. Heft. Verlag Julius Springer, Wien.

<sup>10</sup> Johann, K., 1974: Höhenmessung mittels BLUME-LEISS-Höhenmesser bei variabler Entfernung zum Messbaum. Forstw. Centralbl. 93,86-91

Bei schiefstehenden Bäumen ist die Messung problematisch, einzelne eindeutig und stark schiefstehende Bäume sind nicht zu messen, sondern deren Höhe aus der Höhenkurve zu schätzen.

Die Baumhöhe entspricht der Distanz vom Stammfuß bis zur Wipfelspitze und ist in Dezimeter zu erfassen. In der Regel wird bei allen Höhenmessbäumen auch die Höhe des Kronenansatzes gemessen. Diese entspricht der Distanz vom Stammfuß bis zum Beginn der vollen grünen Krone (erster vollständiger Astquirl mit grünen Ästen ohne größere Unterbrechung Richtung Wipfel, d.h. nicht mehr als zwei fehlende Quirl). Bei einseitigen Kronen mit unterschiedlicher Kronenansatzhöhe verschiedener Baumseiten ist ein Mittelwert der verschiedenen Kronenansatzhöhen anzugeben.

### **2.3.4.3 Aufsuchen des günstigsten Standpunktes**

Die Genauigkeit der Höhenbestimmung hängt einerseits von der exakten Position des Transponders am Baum (Höhe [in der Regel Brusthöhe] und zentriert am Baumstamm) und andererseits von der guten Sichtbarkeit des Baumwipfels ab. Der Messvorgang darf daher erst dann beginnen, wenn ein Standpunkt gefunden wurde, von dem aus man eine freie Sicht zu beiden Messpunkten (Wipfel und BHD-Marke bzw. Transponder) hat. Bei der Suche nach einem derartigen Standpunkt sind folgende Regeln zu beachten:

- In geneigtem Gelände soll der Standpunkt oberhalb des Messbaumes liegen, nach Möglichkeit in der Falllinie.
- Im ebenen Gelände sollte der Abstand zum Baum mindestens der Höhe des Messbaumes entsprechen.
- In Beständen mit gewölbten Baumkronen (z.B. bei Kiefer, Buche, Eiche) ist eine größere Entfernung zu wählen als in Beständen mit spitzen Baumkronen (Fichte, Lärche).



Abbildung 16: Messungen an stehenden Bäumen wie von H. Schmied beschrieben



Abbildung 17: Baumhöhenbestimmung mit Messlatte

### 2.3.5 Bestimmung der Kronendimension



Abbildung 18: Verschiedene Kronenspiegel zur Kronenablotung

Die Kronenbreite ist in Dezimeter entweder aus einer Kronendurchmessermessung oder aus dem Mittel mehrerer Messungen verschiedener Richtungen zu ermitteln. Dies kann genau aber sehr aufwendig mit einem Dachlot/Kronenspiegel oder durch die „tangentiale Hochblickmethode“<sup>11</sup> erfolgen, dabei wird die Kronenausladung von mehreren Seiten angeschätzt.

In Sonderfällen sind Kronenradien einzeln zu erfassen. Die Richtung der ersten Messung ist zu vermerken (z.B. Hang oben oder Norden). Weitere Richtungen sind im Uhrzeigersinn zu messen. Die Position der Eintragung der Messungen im Manual ist festzulegen.

### 2.3.6 Erfassung der Baumverteilung und Kartierung der Kronenprojektion

Ob die Kartierung der Lage der Probestämme durchgeführt wird, ist von der Fragestellung und den verfügbaren Ressourcen abhängig. Die Koordinaten werden als rechtwinklige Koordinaten (X- und Y-Koordinate) erfasst. Das Verfahren mit Maßbändern parallele Streifen auszulegen

und dann die Baumabstände rechtwinklig dazu mit Fluchtstangen zu bestimmen, hat sich als äußerst praktikabel erwiesen. Es ist damit eine Genauigkeit in Dezimeter erreichbar.

Es ist einfacher, jede Parzelle als eigene Einheit mit neuem Koordinatenursprung zu kartieren. Die Festlegung des Nullpunktes erfolgt im südwestlichen Eck jeder Parzelle. Bei der Kartierung ist eine Skizze mit Nullpunkt und Achsenrichtung anzufertigen und dem Aufnahmemanual beizufügen. Eine Kartierung gleich zu Versuchsbeginn ist am sinnvollsten, weil dadurch später auch die Lage der ausgeschiedenen Bäume zu jedem Zeitpunkt rekonstruierbar ist.

In der Versuchspraxis bewährt hat sich die Kombination des Baumverteilungsplans mit zuvor eingemessenen Stammfußkoordinaten mit der „tangentialen Hochblickmethode“ zur analogen Darstellung der Kronenprojektionen. Dies stellt einen guten Kompromiss zwischen erforderlicher Genauigkeit und Arbeitsaufwand dar. Aus der grafischen Darstellung können später die Kronenradien für die weitere Verarbeitung in beliebiger Anzahl digitalisiert werden.

<sup>11</sup> Preuhler T., (1979) Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forstl. Forschungsberichte München 45, 372 pp

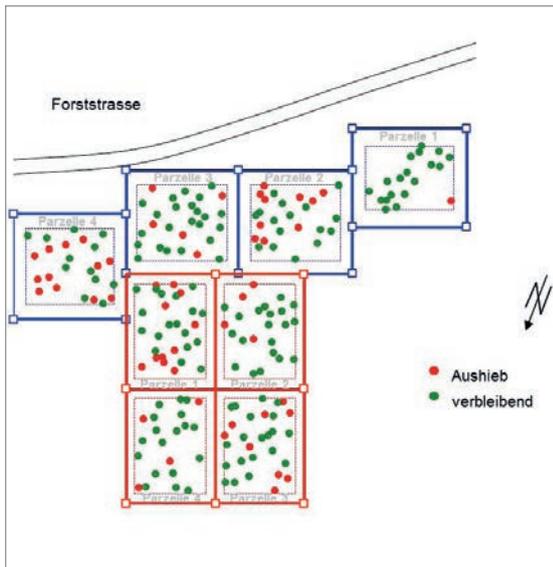


Abbildung 19: Kartierung der Baumverteilung mit Kennzeichnung des Aushiebs

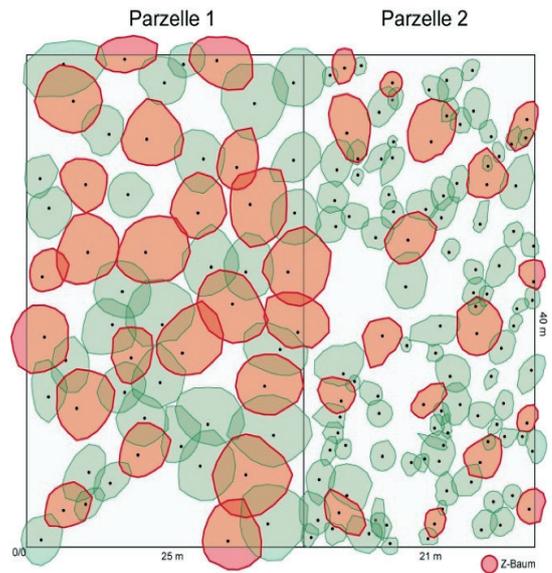


Abbildung 20: Kronenkartierung eines Durchforstungsversuchs ohne Isolierstreifen, durchforstete Fläche (links) und Nullfläche (rechts)

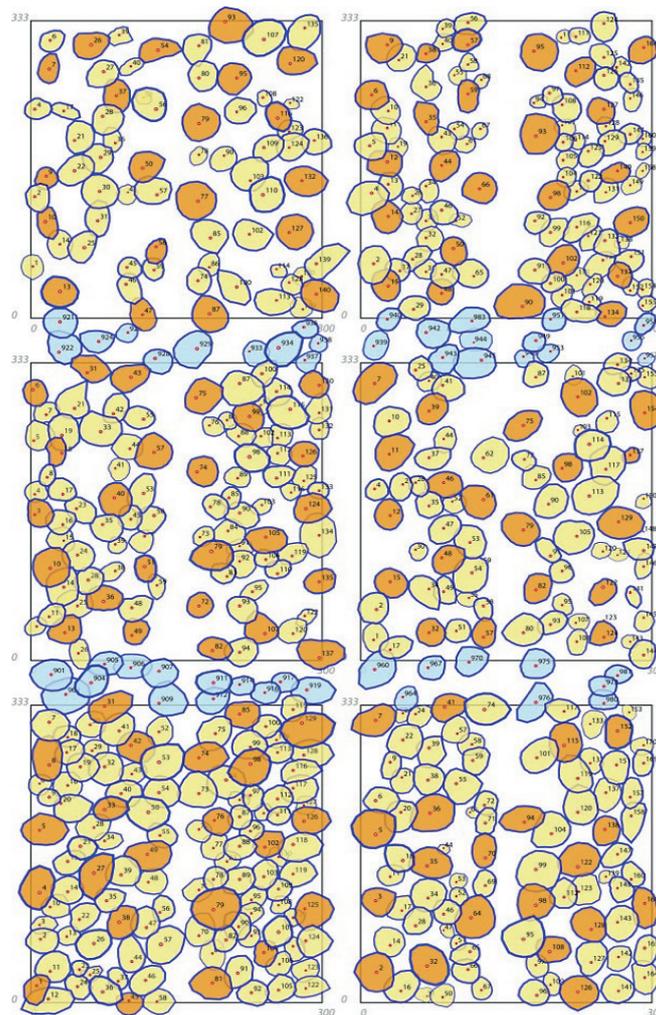


Abbildung 21: Kronenkartierung eines Durchforstungsversuchs mit Isolierstreifen und Rückegassen

## 2.4 Qualitätssicherung und -kontrolle

Bei jeder Messung besteht die Gefahr von systematischen und/oder zufälligen Messfehlern, die einerseits die Auswertung erschweren bzw. zu fehlerhaften Ergebnissen führen.

Revisionsaufnahmen ermöglichen einen Vergleich der aktuellen Messung mit der Messung der vorangegangenen Erhebung, bei abnehmendem Durchmesser bzw. unplausibel hohen Werten kann die Messung vorerst von derselben und dann von einer anderen Messperson wiederholt werden. Eine fehlerhafte Messung ist zu korrigieren. Bei Bestätigung der aktuellen Messung ist ein Vermerk „BHD stimmt“ anzubringen. Korrekturen im Manual der vorangegangenen Aufnahme dürfen nicht durchgeführt werden! Wenn sich bei der BHD Messung von abgestorbenen Bäumen (Dürrlinge, Schneebruch) ein abnehmender Durchmesser ergibt, so wird der BHD-Wert im Nachhinein von der letzten Aufnahme übernommen.

Im Zuge der Revisionsaufnahme sollen an zufällig ausgewählten Probestämmen die Messungen unabhängig (sofern möglich durch eine andere Person und mit anderem Gerät) voneinander durchgeführt und verglichen werden.

Quantitative Aussagen zur erreichten Genauigkeit können nur gemacht werden, wenn nach Abschluss der Messarbeiten an einem systematisch ausgewählten Kontrollkollektiv (ca. 5-10% des Gesamtkollektives) die Messungen wiederholt und die Ergebnisse dieser Zweitmessung protokolliert werden.

Folgende Fehler können bei der Datenerhebung auftreten und müssen daher auf ein Minimum reduziert werden:

### 2.4.1 Vermeidung von Gerätefehlern

Alle verwendeten Messgeräte (Höhenmessgeräte, Winkelmessgeräte, Umfangbänder, Maßbänder) sind sowohl vor Beginn der jährlichen Revisionsaufnahmen wie auch während der Messperiode in periodischen Abständen auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Die Überprüfung der Höhen- und Winkelmessgeräte ist an vermessenen Eichpunkten - am besten an Gebäuden - durchzuführen. Über die Prüfung der Messgeräte ist für jedes Gerät ein eigenes Überprüfungsprotokoll zu erstellen. Sollten sich bei der Überprüfung Abweichungen eines Gerätes vom Sollwert ergeben, darf dieses Gerät solange nicht mehr für Messarbeiten eingesetzt werden bis der Fehler wieder behoben wurde. Keinesfalls dürfen Messgeräte mit konstant systematischen Abweichungen eingesetzt werden, auch wenn ein konstanter Fehler bei den Messungen theoretisch berücksichtigt würde (z.B. konstante Abweichung einer Bussole bei Winkelmessung).

Bei batteriebetriebenen Messgeräten (z.B. Höhenmessgerät „Vertex“) ist darauf zu achten, dass die erforderliche Leistung durch die Batterien gegeben ist. Bei Messarbeiten sind daher immer genügend Ersatzbatterien mitzuführen.

Nachfolgend als Beispiel die Betriebsanleitung des Forestor Vertex: Vor Beginn der Messarbeiten muss sich das Höhenmessgerät „Vertex“ an die Umgebungstemperatur anpassen; die Einstellungen von Pivot Offset (P.OFFSET) und die Transponderhöhe (T.HEIGHT) sind zu kontrollieren. Danach ist die Kalibrierung des Messgerätes durchzuführen. Dazu wird der Transponder auf eine gemessene Distanz von 10, 20, 30 oder 40m aufgestellt und danach die Kalibrierung durchgeführt. Falls sich während der Aufnahmen die Temperatur wesentlich ändert, ist eine neuerliche Kalibrierung erforderlich. Einstellung der MANUELLEN DISTANZ dient nur in Ausnahmefällen bei Messungen ohne Transponder. Pivot Offset beträgt bei Freihandmessung 0,3, die Transponderhöhe ist in der Regel mit 1,3m (Markierung in Brusthöhe) festgelegt. Der Vertex misst den Winkel zwischen der Transponderhöhe und dem anvisierten Messpunkt (Baumwipfel oder Kronenansatzhöhe), errechnet daraus die Höhe und addiert automatisch die voreingestellte Transponderhöhe, ein Abweichen von

der eingestellten Transponderhöhe führt zu falschen Messergebnissen. Daher ist der Transponder möglichst exakt anzuvisieren, bei ungenauer Visur (höher oder niedriger) erfolgt zwar auch der Empfang des Signals, jedoch wird die Baumhöhe dann falsch ermittelt.

#### **2.4.2 Vermeidung von Bedienungsfehlern**

Jeder bei den Aufnahmen eingesetzte Mitarbeiter ist in der Verwendung der Messgeräte einzuschulen. Bedienungsanleitungen sind mit den Messgeräten mitzuführen und zu beachten.

Vor Beginn der Messarbeiten im Gelände sind von allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe gemeinsam Probemessungen durchzuführen und dabei die Handhabung der Geräte gegenseitig zu überprüfen. Unsicherheiten bei der Anwendung der Geräte sind durch neuerliche Einweisung auszuschalten.

#### **2.4.3 Messungenaugigkeiten**

Bei den aufzunehmenden Parametern muss zwischen Messwerten und Einstufungen/Einschätzungen (nominal oder ordinal skaliert) unterschieden werden. Dazu ist eine ausführliche schriftliche Instruktion für die Erhebungsarbeiten zu erstellen und vor Beginn der Arbeiten eine gemeinsame Einweisung abzuhalten. Langfristig sind nur quantitative Parameter vergleichbar. Qualitative kategoriale Einstufungen (z.B. soziale Stellung, Qualitätsansprüche u.ä.m.) können nur nach umfassenden qualitätssichernden Maßnahmen über die Zeit bzw. zwischen unterschiedlichen Aufnahmeteams sinnvoll verglichen werden. Bei Höhenmessungen muss der gesamte Baum eingesehen werden und der Winkel zum Baumwipfel soll möglichst um 45° betragen. Bei Laubholz ergibt eine Visur zum äußeren Kronenrand meist einen zu hohen Messwert. Messungen zum Baumwipfel sind bei Laubholz im laubfreien Zeitraum weniger fehleranfällig.

#### **2.4.4 Vermeidung von fehlerhaften Ablesungen und Datenaufzeichnungen**

Es ist zu beachten, dass die Messhöhe (Markierung) eingehalten wird, Maßbänder gespannt sind, Umfangbänder straff am Stamm anliegen, Bussolen vollständig ausschlagen.

Bei Ablesung von Werten auf einer Skala (z.B. Umfangband, Bussole) ist auf die Laufrichtung der Skala zu achten, indem auch die Werte links und rechts der Ablesemarke beobachtet werden. Bei Ablesungen von einem Display ist eine direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden.

Auf eine fehlerfreie Übernahme der Messwerten und Ansprachedaten auf das Aufnahmemedium (Papierformular, Laptop oder andere mobile Datenerfassung) ist besonderes Augenmerk zu richten. Bei Revisionsaufnahmen tragen vorgegebene Datenformate zur Vollständigkeit der Aufnahmeparameter und der Einzelbäume wesentlich bei.



### 3. Hinweise zur Auswertung von Dauerversuchen

#### 3.1 Datenprüfung

Zusätzlich zu den Qualitätskontrollen während der Aufnahme müssen die Aufnahmedaten vor der Auswertung hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Plausibilität überprüft werden. Die Datenqualität bestimmt neben der Auswertungsmethode die Aussagekraft von Dauerversuchen. Im Zuge der Vollständigkeitsüberprüfung ist neben dem Vorhandensein aller vorgesehenen Aufnahmeparameter insbesondere zu prüfen, ob alle Bäume erfasst wurden.

Die Anzahl der aufgenommenen Bäume bleibt prinzipiell immer ident. Veränderungen sind nur bei Einwuchs in die Aufnahmekluppschwelle bzw. durch Nutzung/Mortalität zulässig. Bei nicht mehr vorhandenen Bäumen sind deren Dimensionen zu ergänzen, damit die Berechnung der Nutzungsmengen vollständig ist und die Zuwachsleistung vollständig erfasst wird. Diese Ergänzung kann mit den Werten der letzten Aufnahme erfolgen, oder es kann die zwischenzeitliche Veränderung geschätzt werden. In den Folgeaufnahmen werden diese Bäume nicht mehr weitergeführt. Während der Aufnahmen sollte für detaillierte Analysen auch der Grund des Ausscheidens erfasst worden sein.

Die Messwerte der Einzelbäume können einerseits in ihrer Veränderung (Zunahme) im Laufe der Zeit und andererseits in ihrer Relation zu anderen Aufnahmeparameter (HD-Wert, Kronenlänge) auf Plausibilität geprüft werden (Neumann und Rössler, 2010)<sup>12</sup>. Als fehlerhaft erkannte Werte sollen verworfen bzw. durch modellierte Werte ersetzt werden, eine entsprechende Kennzeichnung solcher Werte ist sinnvoll.

#### 3.2 Auswertung

Art und Weise der Auswertung richtet sich einerseits nach der Fragestellung und den gewählten Methoden, andererseits nach der Verfügbarkeit (und Genauigkeit) der Aufnahmedaten. Sie muss sich an den jeweiligen technischen Möglichkeiten orientieren (Biber, 2013)<sup>13</sup> und kann auch immer wieder neu gestaltet und durchgeführt werden, beispielhaft analysierte Utschig (2002)<sup>14</sup> die Standraumökonomie oder Zingg und Bürgi (2008)<sup>15</sup> die Auswirkungen von Trockenperioden.

Eine so strenge Standardisierung - wie bei den Aufnahmarbeiten - ist daher weder erforderlich noch wünschenswert. Umso wichtiger ist aber eine exakte Dokumentation der angewandten Methoden. Beispielhafte Auswertung von Dauerversuchen finden sich bei Pollanschütz (1974)<sup>16</sup>, Röhle (1995)<sup>17</sup> oder Kristöfel & Rössler (2010)<sup>18</sup>.

Ein traditionell angestrebtes Auswertungsergebnis ist eine Leistungstabelle, die in ihrem Aufbau einer Ertragstafel entspricht. Die Zustandsgrößen für den verbleibenden Bestand (Stammzahl, Grundfläche und Vorrat) ergeben in Kombination mit der Erfassung des ausscheidenden Bestandes eine berechnete

---

12 Neumann, M. und Rössler, G., 2010: Methodenbeschreibung. In: Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig. BFW-Berichte, Wien, (143): 15-36.

13 Biber, P. 2013: Kontinuität durch Flexibilität – Standardisierte Datenauswertung im Rahmen eines waldwachstumkundlichen Informationssystems. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 184(7/8):167-177.

14 Utschig, H. 2002: Analyse der Standraumökonomie von Einzelbäumen auf langfristig beobachteten Versuchsflächen - Methoden, Programmentwicklung und erste Ergebnisse. Forstw. Centralbl. 121:335-348.

15 Zingg A. und Bürgi A., 2008: Trockenperioden seit 1900 und Waldwachstum: eine Analyse langfristiger Datenreihen. Schweiz. Zeitschrift Forstwesen 159(10):352-361.

16 Pollanschütz, J., 1974: Erste ertragskundliche und wirtschaftliche Ergebnisse des Fichten- Pflanzweiteversuches „Hauersteig“.

17 Röhle, H., 1995: Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern. Mitt. der Staatsforstverwaltung Bayerns. 48. Heft, 272pp.

18 Kristöfel, F. und Rössler, G.: Darstellung und Analyse der ertragskundlichen Bestandeskennwerte. In: Neumann, M. (Hrsg.) 2010: Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig. BFW-Berichte, Wien, (143): 37-59.

Gesamtwuchsleistung (GWL), sowie eines durchschnittlichen Gesamtzuwachses (dGZ). Als charakteristische Zustandsgrößen werden außerdem der Durchmesser und die Höhe der Oberhöhenstämme (100 stärksten Bäume pro Hektar), sowie der Kreisflächenmittelstamm und dessen Höhe ermittelt.

Das früher übliche Vorgehen, die Baumhöhen nur an einem Teilkollektiv zu messen und für alle übrigen Bäume die Baumhöhe als Funktion des Durchmessers zu schätzen, wird nunmehr - wegen der erleichterten (und genaueren) Messung mit neuen Messgeräten - durch die Messung aller Bäume ersetzt. Dennoch bleibt in vielen Fällen die Ableitung einer Durchmesserhöhenkurve erforderlich, um Messwerte zu überprüfen bzw. einzelne fehlerhaft oder nicht gemessene Höhen zu ersetzen. Auch zur Schätzung von Ober- und Mittelhöhen kann die Höhenkurve Verwendung finden.

Das Einzelbaumvolumen wird üblicherweise - ausgehend von BHD und Höhe - als Schaffholzvolumen mit Rinde über die Formzahlfunktionen von Pollanschütz (1974)<sup>19</sup> ermittelt. Die Verwendung von Derbholzformzahlen ist in Österreich weniger verbreitet und wenn überhaupt eher auf Laubholz beschränkt (Kennel, 1973)<sup>20</sup>. Die Summe der Einzelbaumwerte wird mit der Messflächengröße auf einen Hektar hochgerechnet. Der Flächenzuwachs an Kreisfläche bzw. Volumen wird periodisch bestimmt. Der Vorrat am Periodenende plus dem zwischenzeitlich genutzten Volumen (ausscheidender Bestand) minus dem Vorrat am Periodenanfang ergibt den Zuwachs in der Periode. Daraus ergibt sich mit der Periodenlänge der jährlich laufende Zuwachs an Volumen (IVZ) bzw. Grundfläche (IGZ).

Die Gesamtwuchsleistung ist die gesamte Volumenleistung von der Bestandesbegründung bis zur jeweiligen Aufnahme, erfordert also zusätzlich zum stehenden Vorrat die lückenlose Erfassung des bislang genutzten Volumens. Daraus ergibt sich mit dem Bestandesalter der durchschnittliche Gesamtzuwachs an Volumen (dGZ). Bezogen auf das Alter 100 – also  $dGZ_{100}$  – ist er als Weiser für die Ertragsklasse (Bonität) in Verwendung. Der früher verwendete Haubarkeitsdurchschnittszuwachs (HDZ) bezieht sich nur auf den verbleibenden Vorrat und umfasst keine Vornutzungen. Dies war in früheren Zeiten mit geringeren, überwiegend aus Niederdurchforstungen stammenden Vornutzungen gerechtfertigt, heute ist der HDZ als Produktionsweiser nicht mehr aussagekräftig.

Je besser methodisch fixiert die Auswertungen gemacht werden, desto zuverlässiger sind die daraus abgeleiteten Ergebnisse. Fehlerhafte Aufnahmen oder unterschiedliche Auswertungsmethoden wirken sich auf den - sich als Differenz zwischen Zustandsgrößen - ergebenden Zuwachs entscheidend aus. Daher sollten auch nur entsprechend standardisierte Verfahren angewandt werden, die Methoden nachvollziehbar dokumentiert sein und die ursprünglichen Aufnahmedaten der Einzelbäume gespeichert bleiben, um eine spätere Vergleichsauswertung zu erlauben. Die Speicherung der Einzelbaumdaten ermöglicht eine dem jeweiligen Wissenstand angepasste Auswertung und erlaubt es ursprünglich nicht geplante Analysen - wie zum Beispiel Mortalitätsuntersuchungen, Konkurrenzmodellen, Standraum- und Strukturuntersuchungen - durchzuführen.

#### 4. Ausblick

Die Anlage, Führung und periodischen Aufnahmen von forstlichen Dauerversuchen kosten viel Geld und binden bedeutende Ressourcen. Eine entsprechende Qualität der Versuchsanlagen bedingt großen personellen und finanziellen Aufwand. Wenn der Qualitätslevel nicht eingehalten werden kann, so ist eine Beschränkung auf weniger Versuchsanlagen einer mangelhaften Qualität vorzuziehen.

<sup>19</sup> Pollanschütz J., 1974: Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. Informationsdienst der FBVA, 153.Folge, AFZ 85:341-343.

<sup>20</sup> Kennel E., 1973: Formzahl- und Volumentafeln für Buche und Fichte. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München. 55S.

Zur Rechtfertigung des großen Aufwands müssen einerseits stets Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung bei der Führung dieser Versuche gesucht werden und andererseits muss daraus entsprechender Nutzen gezogen werden.

Im Laufe der Jahre konnten bedeutende Schritte der Effizienzsteigerung gesetzt werden. Die Aufnahmearbeiten wurden durch neue Instrumente (Vertex) entscheidend beschleunigt und verbessert. Ebenso konnte durch die rapide technische Entwicklung die Auswertung enorm erleichtert werden, darüber hinaus ergaben sich dadurch viele neue, früher überhaupt nicht denkbare Auswertungsmöglichkeiten, Beispiele dafür finden sich bei Neumann (2010)<sup>21</sup>.

Während die technische Entwicklung bei Aufnahme und Auswertung enorme Erleichterungen brachte, sind bei der Datenverwaltung und langfristigen Datenspeicherung zwar viele neue Möglichkeiten entstanden, andererseits aber auch viele zusätzliche Aufgaben notwendig geworden. Wie ausgeführt, ist die langfristige Speicherung der Primärdaten über viele Jahrzehnte ein wesentlicher Aspekt der Führung von waldwachstumskundlichen Versuchen. In den meisten Fällen ist daher nicht die technisch fortschrittlichste, sondern die langfristig sicherste Lösung als günstigste anzusehen. Die aktuellen Möglichkeiten der Datenspeicherung sind vielfältig und können heute hochspezialisierte Hard- und Software nutzen. Die rasche Entwicklung in diesem Bereich macht jedoch eine ständige Nachführung, Transferierung und Adaptierung unentbehrlich. Der Aufwand dafür steigt mit Datenmenge und -umfang aber noch viel mehr mit der Vielfalt im technischen Umfeld exponentiell an. Ein wenn auch nur kurzfristiges Einstellen dieser Aktivitäten kann zu vollständigem Informationsverlust führen, wenn nicht durch Redundanzen entsprechend Vorsorge getroffen wurde. Diese Redundanzen sind nicht auf technische Maßnahmen im Hard- und Softwarebereich zu beschränken, sondern müssen personelle Ressourcen und Expertise mit umfassen. Bei jeder Änderung der Methoden sind deren Auswirkungen auf die langfristige Ausrichtung der Versuche zu berücksichtigen.

#### **Nutzen aus Dauerversuchen kann für drei Bereiche gezogen werden:**

- I) Ableitungen von Behandlungsempfehlungen
- II) Erkenntnisse über Entwicklung des Wachstums
- III) Entwicklung und Verbesserung von Waldwachstumsmodellen

Für das erste Ziel ist eine möglichst umfassende und schnelle Information der forstlichen Entscheidungsträger eine Grundvoraussetzung. Dem kann durch Publikationen, Vorträgen und über das Internet nachgekommen werden. Von entscheidender Wirkung sind dabei aber auch Exkursionen und Seminare vor Ort, bei denen der unmittelbare Konnex zwischen Theorie und Praxis anschaulich vermittelt werden kann. Der unmittelbare Nutzen bzw. die Auswirkungen von Versuchsergebnissen auf die praktische Forstwirtschaft sind nur schwer zu quantifizieren, wegen der langsamen Reaktion der Bestände und auch durch den langen Zeitbedarf der Umsetzung. Die Ergebnisse des Pflanzweiteversuchs am Hauersteig erbrachten eine eindeutige Überlegenheit des „Weitverbands“ mit 2.500 Pflanzen am Hektar. Es ist durchaus gerechtfertigt diesem Versuch eine wesentliche Wirkung zuzuschreiben, indem er Grundlagen zur Verringerung der Ausgangspflanzenzahlen d.h. zu weiteren Pflanzverbänden geliefert hat. Unzweifelhaft konnte die Forstwirtschaft dadurch enormen Nutzen ziehen und Aufwendung in der Aufforstung und Pflege einsparen, aber auch die Bestandesstabilität konnte erhöht und die Erntekosten verringert werden. In jüngerer Vergangenheit wurden einige weitere Dauerversuche mit noch weitaus geringeren Pflanzenzahlen begründet, diese vermitteln bei Exkursionen bereits ganz neue Eindrücke und lassen für die Zukunft weitere richtungsweisende Erkenntnisse erwarten.

<sup>21</sup> Neumann, M. (Hrsg.) 2010: Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig. BFW-Berichte, Wien, (143): 144 S..

## 5. Anhang

### Werbung von Stammscheiben für Stamm- und Höhenanalyse

#### Ziele

- Stammanalysen ermöglichen die retrospektive Feststellung des Verlaufs der Höhenentwicklung und der jährlichen Radialzuwächse in unterschiedlichen Baumhöhen (je nach Lage der Stammscheiben). Mit einer speziellen Auswertungssoftware ist auch die Ermittlung der Volumenzuwächse möglich. Die Ergebnisse dienen in erster Linie einem Vergleich des Höhenwachstumsverlaufs aus Wachstumsmodellen (Ertragstafeln) oder zur Überprüfung von Wuchsreihen. Sie können jedoch nicht unmittelbar auf Flächenwerte hochgerechnet werden.

#### Auswahl der zu analysierenden Bäume

- Erfolgt je nach Untersuchungsziel, das Schwergewicht ist meist auf das herrschende Kollektiv beschränkt, Bäume mit erkennbaren Kronenbrüchen oder Zwiesel sind nicht geeignet. Ebenso sollten Bäume mit Randeinwirkung nicht ausgewählt werden.

#### Messung am stehenden Baum

- BHD (mm)
- Kronenradien (dm), und evtl. Lage der nächsten Nachbarbäume
- Markierung der Nordrichtung im BHD- und Stockbereich

#### Messung am liegenden Baum bzw. Stock

- Mittlerer Stockdurchmesser (mm) und Stockhöhe (cm)
- Anzahl der Jahrringe (n)
- ggf. Bestimmung von Faulstellen

#### Messung und Markierung am Stamm

Festlegung von Anzahl und Lage der Stammscheiben (je größer die Anzahl, desto genauer kann die Bestimmung des Höhenwachstums erfolgen):

BHD-Scheibe und weitere Scheiben je nach Ausformung, im oberen Stammbereich in kürzeren Abständen, Höhenbestimmung unter Einrechnung der Stockhöhe:

- Abschnittshöhe der Scheiben an der Oberseite der Stammscheibe (cm)
- Höhe des Kronenansatzes (cm)
- Höhe von erkennbaren Ersatzwipfelbildungen (cm)
- Gesamtlänge (cm)
- Markierung aller Scheiben und der Nordrichtung
- Quirlmessung (cm) vom Wipfel abwärts (solange eindeutig erkennbar)

### **Scheibenmessung und Scheibenbeschriftung**

- Kreuzweise Kluppierung der einzelnen Scheiben (an Oberseite der Scheiben, beginnend in Nordrichtung)
- Markierung der Nordrichtung an Unterseite der Scheibe (Pfeil)
- Beschriftung an Unterseite der Scheibe Code / Parzelle / Baum (z.B. BRU/105/1)
- Beschriftung des Stockes mit Stammnummer



## Kartenspiegel

Feldbezeichnung	Spalte		
	Felder	Beginn	Ende
Kartenart	2	1	2
Versuch Nr. bzw. Probeflächen Nr.	3	3	5
Parzellen	2	6	7
Teilflächen Nr.	2	8	9
Flächengröße (m <sup>2</sup> )	5	10	14
Vegetationsjahr	2	15	16
Alter	3	17	19
Bonität	2	20	21
KD (Messmethode BHD)	1	22	22
KH (Messmethode Höhe)	1	23	23
Aufnahmejahr	4	24	27
Stamm Nr.	4	28	31
Aushieb	1	32	32
Holzart	2	33	34
Soziale Stellung	1	35	35
Kronengüte	1	36	36
Schaftgüte	1	37	37
Einzelbaumbeschreibung (individuell festzulegen)	6	38	43
BHD 1 (mm)	4	44	47
BHD 2 (mm)	4	48	51
Rinde (mm)	3	52	54
Höhenmesskennziffer (HMK)	1	55	55
Höhe (dm)	3	56	58
Höhe Kronenansatz (dm)	3	59	61
Kronenbreite (dm)	3	62	64
nicht definiert	3	65	67
frei für spezielle Sondererhebungen	4	68	71
X-Stammfußkoordinate (dm)	4	72	75
Y-Stammfußkoordinate (dm)	4	76	79
Z-Baum, Konkurrent, andere Bäume	1	80	80
Kronenradius 1 (dm)	3	81	83
Kronenradius 2 (dm)	3	84	86
usw.....			

## Schlüsselzahlen für die Aufnahmen

### Flächendaten

#### **Versuchsflächen - Nr., Probeflächen- /Teilflächen – Nr.** [Spalte 3-5, 6-7/8-9]

Versuchsflächennummer aus dem Versuchsflächenverzeichnis

#### **Flächengröße** [Spalte 10-14]

Parzellengröße in m<sup>2</sup>

#### **Vegetationsjahr** [Spalte 15-16]

Angabe der letzten 2 Stellen, es ist zu beachten, dass das abgeschlossene Vegetationsjahr eingetragen wird. z.B.: Die Aufnahme erfolgte im März 2004 so ist 03 einzutragen. Die Aufnahme erfolgte im November 2004 so ist 04 einzutragen.

#### **Alter** [Spalte 17-19]

Fortschreibung aufgrund der Altersangabe der vorangegangenen Aufnahme

#### **Bonität** [Spalte 20-21]

wird nicht eingetragen

#### **KD (Art der BHD Messung)** [Spalte 22]

- 0 eine BHD-Angabe in mm aus Umfangmessung oder Kluppierung
- 1 Baumumfang in mm
- 2 zwei BHD-Angaben aus kreuzweiser Kluppierung in mm

#### **KH (Art der Höhenmessung)** [Spalte 23]

- 0 Baumhöhe in dm
- 1 Winkelmessung zu BHD-Marke und Wipfel, Distanz zum Baum in dm (derzeit nicht aktuell)

#### **Aufnahmejahr** [Spalte 24 bis 27]

es ist das Kalenderjahr, in dem die Aufnahme durchgeführt wird, einzutragen

### Einzelstammdaten

#### **Baumnummer** [Spalte 28-31]

#### **Aushieb** [Spalte 32]

- 0 Stehender Baum
- 1 planmäßiger Aushieb
- 2 Schneebrüche
- 3 Windwürfe oder Windbrüche
- 4 sonstige abiotische Schäden (Blitz, Bringung, usw.)
- 5 Insektenschäden (Käferbaum)
- 6 Pilzschäden
- 7 Schältschäden
- 8 Baum fehlt
- 9 Dürrlinge, infolge natürlichen Wettbewerbes  
(nur soziale Stellung 4 und 5)

#### **Holzart** [Spalte 33-34]

Diese ist nach dem Holzartenschlüssel (siehe Anhang) bei jeder Revision neu aufzunehmen bzw. bei vorgedruckter Baumartenkennziffer zu überprüfen.

**Soziale Stellung nach Kraft** [Spalte 35]

Beschreibung nach Kraft (1884)

- 1 vorherrschend: Bäume mit kräftig entwickelten Kronen
- 2 herrschend: in der Regel den Hauptbestand bildende Stämme mit verhältnismäßig gut entwickelten Kronen
- 3 mitherrschend: Kronen zwar noch ziemlich normal geformt und in dieser Beziehung denen der zweiten Stammklasse ähnelnd, aber verhältnismäßig schwach entwickelt und eingeeengt, oft schon mit beginnender Degeneration. Die dritte Klasse bildet die untere Grenzstufe des herrschenden Bestandes.
- 4 beherrscht: Kronen mehr oder weniger verkümmert, entweder von allen Seiten oder nur von zwei Seiten zusammengedrückt oder einseitig (fahnenförmig) entwickelt; a.) zwischenständige, im Wesentlichen schirmfreie, meist eingeklemmte Kronen b.) teilweise unterständige Kronen, der obere Teil der Krone frei, der untere Teil überschirmt oder infolge von Überschirmung abgestorben
- 5 ganz unterständig:
  - a.) mit lebensfähigen Kronen (nur bei Schattholzarten)
  - b.) mit absterbenden oder abgestorbenen Kronen

**Kronengüte** [Spalte 36]

- 0 normale Krone
- 1 Bruch im Kronenbereich
- 2 Ersatzwipfel im Kronenbereich
- 3 Kronenzwiesel
- 4 Verbuschung, Storchennest, Hexenbesen
- 5 wipfeldürr
- 6 neuerlicher Wipfelbruch und bereits bestehender alter Wipfelbruch

**Schaftgüte** [Spalte 37]

- 0 normaler Schaft, ohne sichtbare Schäden
- 1 krumm, schief, drehwüchsig, astig (eine oder mehrere dieser Eigenschaften)
- 2 Schaftschäden abiotischer Natur (z.B. Frostleiste-Riss, Blitzriss, Fällungs- oder Bringungsschäden, entfernter oder weggebrochener Zwiesel)
- 3 Schaftschäden biotischer Natur, z.B. Krebsbeulen, Pilzschäden, Rotfäule, Insektenschäden, Harzfluss am Stammfuß oder Schaft
- 4 Zwiesel im Schaftbereich ohne sichtbaren Schaden
- 5 Zwiesel im Schaftbereich mit Schaden
- 6 Schälwunde bis zu einem Drittel des Stammumfanges
- 7 Schälwunde größer als ein Drittel des Stammumfanges
- 8 Schaftbruch
- 9 Sonstige Schädigung

**Zusätzliche Einzelbaumbeschreibung** [Spalten 38 bis 43]

Nicht definiert; die Codierung kann für bis zu sechs Merkmalen im jeweiligen Fall individuell festgelegt werden und muss nachhaltig dokumentiert sein.

**Durchmesserbestimmung** [Spalten 44 bis 47]

mit Umfangmassband

[bzw. 48 bis 51 bei 2 Messungen]

kreuzweise oder in verschiedenen Höhen bei Schäden in Brusthöhe

**Rindenstärke** [Spalten 52 bis 54]

Erhebung der Rindenstärke in Millimeter, evt. als Mittelwert

**Kennziffer für Auswahl der Höhenmessbäume (HMK)** [Spalte 55]

- 1 Höhenmessung nach systematischer Auswahl
- 2 gehört zur systematischen Auswahl gleichzeitig zu den 100 stärksten Bäumen/ha
- 3 nicht in systematischer Auswahl, gehört jedoch zu den 100 stärksten Bäumen/ha
- 5 Z-Baum (ist weder in systematischer Auswahl noch ein Oberhöhenbaum)
- 6 Ausreißer (nicht nachvollziehbare Höhenabnahme, extremer Höhenzuwachs, Wipfelbruch – Messwert für Auswertung ungeeignet)
- 7 nicht messbar (Wipfel nicht sichtbar)
- 8 Längenmessung an liegenden Aushiebsstämmen

**Baumhöhe** [Spalten 56 bis 58]

Baumhöhe als Distanz vom Stammfuß bis zur Wipfelspitze in Dezimeter.

**Höhe des Kronenansatzes** [Spalten 59 bis 61]

Bei allen Höhenmessbäumen wird auch die Höhe des Kronenansatzes in Dezimeter als Distanz vom Stammfuß bis zur vollen grünen Krone gemessen.

**Kronenbreite** [Spalten 62 bis 64]

Die Kronenbreite in Dezimeter ist entweder aus einer Kronendurchmessermessung oder als Mittel mehrerer Messungen zu erfassen.

**Stammfußkoordinaten** [Spalten 72-75 für X-Koordinate, 76 -79 für Y-Koordinate]

Rechtwinklige Koordinaten (X- und Y-Koordinate) in Dezimeter zu erfassen

**Z-Baum, Konkurrenten, andere Bäume** [Spalte 80]

Die Festlegung der Z-Bäume ist aus der vorhergegangenen Aufnahme zu übernehmen. Bei vorhandenen Farbmarkierungen (z.B. Z-Baumringe) sind diese hinsichtlich Übereinstimmung mit dem Manual zu überprüfen.

- 1 Z-Baum
- 2 Konkurrent
- 3 andere Bäume

**Kronenradien** [ab Spalten 81]

Kronenradien können in Dezimeter angegeben werden.

## Baumartenschlüssel

### Heimische Baumarten

#### Nadelhölzer

- 01 Fichte
- 02 Tanne
- 03 Lärche
- 04 Weißkiefer
- 05 Schwarzkiefer
- 06 Zirbe

#### Laubhölzer

- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 07 Rotbuche             | 21 Schwarzerle             |
| 08 Weiß- oder Hainbuche | 22 Grauerle                |
| 09 Stieleiche           | 23 Schwarzpappel           |
| 10 Zerleiche            | 24 Silber- oder Weißpappel |
| 11 Traubeneiche         | 25 Aspe- oder Zitterpappel |
| 12 Birke                | 26 Baumweiden              |
| 13 Bergahorn            | 27 andere Laubhölzer       |
| 14 Spitzahorn           |                            |
| 15 Feldahorn            |                            |
| 16 Winterlinde          |                            |
| 17 Sommerlinde          |                            |
| 18 Bergulme             |                            |
| 19 Feldulme             |                            |
| 20 Esche                |                            |

#### Ausländische Holzarten

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 30 grüne Douglasie     | 47 48 49 andere                         |
| 31 graue Douglasie     | 50 Chameacyparisarten                   |
| 32 blaue Douglasie     | 51 Libocedrus decurrens                 |
| 33 Sitkafichte         | 52 Sequoiadendron giganteum             |
| 34 Omorikafichte       | 53 Thuja plicata                        |
| 35 andere Fichtenarten | 54 Tsuga heterophylla                   |
| 36 Abies grandis       | 55 Roteiche                             |
| 37 Abies nobilis       | 56 Ahornarten                           |
| 38 Abies concolor      | 57 Juglans nigra, Schwarznuß            |
| 39 Abies nordmanniana  | 58 Tulpenbaum                           |
| 40 Abies cephalonica   | 59 Magnolia                             |
| 41 andere Tannenarten  | 60 Schein-Akazie (Robinia pseudoacacia) |
| 42 Japanlärche         | 65 Pappelsorten                         |
| 43 Pinus strobus       |   |
| 44 Pinus ponderosa     |   |
| 45 Pinus peuce         |   |
| 46 Pinus leucodermis   |   |

## Stammanalysen (Stammscheibenwerbung)

<b>Code</b>	<b>Versuch</b>	<b>Parzelle</b>	<b>MS</b>	<b>Rechtswert</b>	<b>Hochwert</b>	<b>Seehöhe (m)</b>

### Stehender Baum

<b>Stamm-Nr.</b>	<b>Baumart</b>	<b>Sozi</b>	<b>Alter</b>	<b>BHD mit Rinde (mm)</b>	<b>Kronenradien (dm)</b>				
					<b>Nord</b>	<b>Ost</b>	<b>Süd</b>	<b>West</b>	

### Stock

<b>DM (mm)</b>	<b>Höhe (cm)</b>	<b>Jahrringe</b>	<b>DM Fäule(cm)</b>

### Liegender Baum

<b>Kronenansatz (cm)</b>	<b>Bruch (cm)</b>	<b>Zwiesel (cm)</b>	<b>Ersatzwipfel (cm)</b>		<b>Baumlänge (cm)</b>
			1.	2.	
			3.	4.	

### Stammscheiben

Scheibe Nr.	1	2	3	4	5	6	7
<b>Höhe (cm)</b>							
<b>DM<sub>m,R</sub> (mm)</b>							
<b>DM<sub>m,R</sub> (mm)</b>							

Scheibe Nr.	8	9	10	11	12	13	14
<b>Höhe (cm)</b>							
<b>DM<sub>m,R</sub> (mm)</b>							
<b>DM<sub>m,R</sub> (mm)</b>							

<b>Wipfelabschnitt (cm)</b>	
-----------------------------	--

### Quirlmessung vom Wipfel abwärts (Längen in cm)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.
41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.

**Aufnahmegruppe:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_



## Checkliste – Dauerversuche

### Fragestellung

	Anmerkungen
Zweck und Ziel	
Zielgrößen	
Varianten	
Gültigkeitsrahmen (räumlich, zeitlich)	
Behandlung	
Variation - Wiederholungen	
Schriftlicher Versuchsplan	

### Flächenauswahl

Vereinbarung mit Eigentümer	
Lage	
Bestandesgeschichte	
Bestandestauglichkeit	
Standortsgleichheit	

### Flächenanlage

Vermarkung - Markierung	
Isolierstreifen	
Flächengröße	
Flächenbeschreibung (Lage, Koordinaten, Exposition, Neigung, Boden ....)	
Zäunung	
Infotafel	

### Baummarkierung

Nummer	
BHD-Marke	
Stammfusskoordinaten	

## Aufnahmen

	Anmerkungen
Zeitpunkt	
Messmethode	
Aufnahmemethode (gemäß schriftlicher Instruktion)	
Messkollektive (alle, Teilkollektiv – systematische Auswahl .....	
BHD	
Höhe	
Krone	
Baummerkmale (Baumart, sozial, Schaden .....	
andere	
Aufzeichnungen (Papier-Standardformblatt, Laptop, .....	

## Revisionsaufnahme

Aufnahmeintervall und -zeitpunkt	
Messungen (BHD, Höhe, Kronenansatz, Merkmale ....)	
Aufnahmemethode (gemäß schriftlicher Instruktion)	
Messkollektive (alle, Teilkollektiv – systematische Auswahl .....	
Aufzeichnungen (Papier-Standardformblatt, Laptop, .....	

## Zusatzuntersuchungen

Stammanalysen, Bohrkernproben	
Vegetation	
Bodenanalysen	
Nadelgehalte	
Ein- und Austräge	
Klima	
Genetik	
Biomasse	

### Flächeninformationen

Versuchsart	
Konzeption	
Versuchsort	
BFI	
Bundesland	
Wuchsgebiet	
Baumarten	
Anlagejahr	
Keimjahr	
Letzte Revision	
Flächengröße	ha
Anzahl Parzellen	
Seehöhe	m
Hangneigung	%
Exposition	
ÖK-Nummer	
Rechtswert	
Hochwert	
Meridiansystem	

### Eigentümer

Forstamt	
Eigentümer	
Strasse	
Ort	
Telefon	
Fax	
Email	
Ansprechperson	
Vertrag	
Vertrag Nr	

### Pläne

Lageplan	
Parzellenpläne	

## Vorlage für eine Dauerversuchsvereinbarung

Gemäß § 139 (1) des Forstgesetzes 1975 idgF wird zwischen Eigentümer als Grundeigentümer (im folgenden kurz Eigentümer) und dem Waldforschungszentrum (im folgenden kurz BFW) in Wahrnehmung der Aufgaben gemäß Forstgesetz § 130 (1) folgende Vereinbarung zur Führung eines Dauerversuchs getroffen:

Der Eigentümer gestattet dem BFW die Führung eines Versuches im Revier Waldort Abt. Nr. mit der Versuchsbezeichnung ..... und BFW internen Versuchsnummer Nr.

1. Der Versuchszweck ist die Untersuchung .....
2. Die Versuchsführung wird vom BFW wahrgenommen. In periodischen Abständen werden waldwachstumskundliche Erhebungen vorgenommen, notwendige Markierungsarbeiten durchgeführt und Auswertungen zu gegebener Zeit durchgeführt.
3. Das BFW und der Eigentümer informieren sich gegenseitig rechtzeitig über beabsichtigte forstliche Maßnahmen im Versuchsbestand gemäß Versuchsplan und führen diese einvernehmlich durch. Über den Versuchsplan hinausgehende forstliche Maßnahmen auf der Versuchsanlage (z.B. Astung, Kronenschnitte, Düngung/Kalkung, u.ä.m.) werden vom Eigentümer nur nach Absprache mit dem BFW vorgenommen.
4. Die erhobenen Daten sind Eigentum des BFW, eine Kopie kann dem Eigentümer überlassen werden. Der Eigentümer erklärt sich damit einverstanden, dass das BFW die erhobenen Daten für wissenschaftliche Zwecke verarbeitet und Ergebnisse daraus öffentlich darstellt. Das BFW stellt dem Eigentümer Forschungsergebnisse, die aus der Erhebung gewonnen werden, in einem angemessenen Zeitraum zur Verfügung.
5. Der Eigentümer informiert das BFW in geeigneter Weise über allenfalls auftretende unvorhergesehene Ereignisse (insbesondere über Schadauftreten).
6. Der Eigentümer gestattet dem BFW gegebenenfalls Stammscheiben und sonstiges Probenmaterial von den Versuchsbäumen zu entnehmen und überläßt dieses Material dem BFW unentgeltlich.
7. Der Eigentümer gewährt dem BFW das Recht die Forstwege unter dem für „sonstige berechtigte Benutzer“ geltenden Bestimmungen im erforderlichen Ausmaß mit Kraftfahrzeugen zu befahren. Der Eigentümer übernimmt keine Gewähr für einen bestimmten Zustand bzw. die ständige Benützbarkeit der Straße.
8. Der Eigentümer verzichtet auf die Geltendmachung von Ersatzansprüchen, die aus der versuchsplangemäßen Führung allenfalls entstehen könnten.
9. Mit Ausnahme der in dieser Vereinbarung angeführten Einschränkungen bleiben alle bestehenden Eigentumsrechte von dieser Vereinbarung unberührt.
10. Diese Vereinbarung gilt bis zum Zeitpunkt der Hiebsreife des Versuchsbestandes. Im Falle unvorhersehbarer Ereignisse kann die Vereinbarung in gegenseitigem Einvernehmen abgeändert oder aufgelöst werden.

Für den Eigentümer:

Für das BFW:

**BFW-Dokumentation**  
**Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien**

			Preis in Euro
2004	1	DANNEBERG O.H., POCK H., WANDL M. Entwicklung effizienter, EDV-gestützter Arbeitsverfahren zur Parametrisierung der Bodenformen einiger ausgewählter Kartierungsbereiche: Abschlussbericht. 26 S	2,86
2004	2	SMIDT ST. Waldschädigende Luftverunreinigungen: Eigenschaften - Nachweis - Monitoring - Waldschadensforschung - Immissionsschutz. 183 Seiten	20,13
2004	3	MARKART G., KOHL B., SOTIER B., SCHAUER T., BUNZA G., STERN R. Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). 83 Seiten	9,68
2004	4	GSCHWANTNER T., SCHADAUER K. Datenmodelle der Österreichischen Waldinventur 2000/02. 76 Seiten	8,36
2007	5	MARKART G., PERZL F., KOHL B., LUZIAN R., KLEEMAYR K., ESS B., MAYERL J. 22. und 23. August 2005 - Analyse von Hochwasser- und Rutschungsereignissen in ausgewählten Gemeinden Vorarlbergs . 48 Seiten	9,50
2007	6	ANDRECS P., HAGEN K., LANG E., STARY U., GARTNER K., HERZBERGER E., RIEDEL F., HAIDEN T. Dokumentation und Analyse der Schadensereignisse 2005 in den Gemeinden Gasen und Haslau (Steiermark). 75 Seiten	28,00
2007	7	KRISTÖFEL F., NEUMANN M. Abschlussbericht zum Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS): Zusammenstellung von Metadaten und kritische Analyse. 45 Seiten	10,00
2008	8	SMIDT ST. Wirkungen von Luftschadstoffen auf Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung von Waldbäumen. 241 Seiten	15,30
2008	9	SMIDT ST., HERMAN F., PLATTNER J., PAUSCH J. 20 Jahre immissionsökologische Forschung am BFW - Risikobewertung von Gebirgswäldern anhand von Freilanduntersuchungen	18,00
2009	10	SMIDT ST., HERMAN F., PLATTNER J. Immissionssituation und Ernährungszustand der Wälder der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen, 62 Seiten	25,00
2010	11	KINDERMANN G. Erste österreichweite Jahrringanalyse - Daten, Methoden und Ergebnisse, 77 Seiten	18,00
2011	12	HEMUND, C., MARKART, G., KOHL, B., DOBMANN, J., WEINGARTNER, R. Abschätzung von Oberflächenabflussbeiwerten bei konvektiven Starkregen – Evaluation der Geländeanleitung	17,00
2010	13	SCHÜLER, S., WEISSENBACHER, L. Herkunftsversuche mit Stiel- und Traubeneiche aus Österreich und angrenzenden Ländern , 40 Seiten	11,00

2011	14	SMIDT, ST. Teil 1 – Lexikon; Teil 2 - Anhang Waldschädigende Luftverunreinigungen und Klimawandel Druckversion des Textteiles des gleichnamigen Online Lexikons ( <a href="http://www.luftschadstoffe.at">http://www.luftschadstoffe.at</a> ), 2 Mappen, 818 Seiten	11,00
2011	15	REIMOSER, S. , WILDAUER, L., SMIDT, ST., REIMOSER, F. Veränderung von Jagdstrecken, Wildlebensraum und Jagdgesetzgebung seit 1891 in einem Wienerwald-Revier , 122 Seiten	25,00
2013	16	MEHRANI-MYLANY, H. Oberirdische Biomasse der Krautschicht in Österreichs Wäldern und ihre Rolle bei der CO <sub>2</sub> -Bindung, 43 Seiten	
2014	17	FRIEDRICH REIMOSER, HEIMO SCHODTERER, SUSANNE REIMOSER Erfassung und Beurteilung des Schalenwildeinflusses auf die Waldverjüngung – Vergleich verschiedener Methoden des Wildeinfluss-Monitorings ("WEM-Methodenvergleich")	15,00
2014	18	MICHEL A., SEIDLING W. (EDS.) Forest Condition in Europe 2014 Technical Report of ICP Forests. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)	25,00
2015	19	RÖSSLER, G. Wuchsleistungsvergleiche zwischen Vor- und Folgebeständen langjähriger Fichten- Dauerversuchsflächen. 199 Seiten	
2015	20	HAUK, E. European Forest Types Der Versuch einer Zuordnung der Teilflächen der Österreichischen Waldinventur. 44 Seiten	
2015	21	MICHEL, A.; SEIDLING, W. (eds.) Forest Condition in Europe 2015: Technical Report of ICP Forests Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) nur als PDF erhältlich	0,00