

Zum Informationspotenzial langfristiger forstlicher Versuchsflächen und periodischer Waldinventuren für die waldwachstumskundliche Forschung

JÜRGEN NAGEL¹⁾, HERMANN SPELLMANN²⁾ und HANS PRETZSCH³⁾

(Angenommen März 2012)

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Forstliche Versuchsflächen; Forstliche Inventuren; Forstliche Forschung.

Long term forest experiments; forest inventory; forest research.

1. ERTRAGSKUNDLICHE VERSUCHSFLÄCHENDATEN VERSUS INVENTURINFORMATIONEN

Langfristige forstliche Versuchsflächen liefern den Forstwissenschaften Datengrundlagen für die Ableitung von Gesetzmäßigkeiten auf Bestandes-, Baum- und Organebene. Durch ihre Wiederholung auf verschiedenen Standorten kann aufgedeckt werden, wie solche Gesetzmäßigkeiten von Umweltbedingungen abhängen. Versuchsflächen werden unter *ceteris paribus*-Bedingungen punktuell oder entlang ökologischer Gradienten angelegt und können Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufdecken. Die besondere Bedeutung langfristiger forstlicher Versuchsflächen liegt darin, dass Effekte von Behandlungen untersucht, und diese über lange Zeiträume unter den existierenden oder kontrollierten Bedingungen analysiert werden können. Das wissenschaftliche Potenzial von Inventurdaten liegt demgegenüber in ihrer Aktualität und (Flächen-)Repräsentativität. Über sie lassen sich statistische Zusammenhänge zwischen Waldwachstums- und Standortdaten aufzeigen. Versuche zielen auf das Verstehen ab, Inventuren auf die repräsentative Beschreibung und Erfassung von Zuständen und Veränderungen sowie der Option diese Informationen zu regionalisieren bzw. zu skalieren. Indem die Waldwachstumforschung Gebrauch von beiden Informationsquellen macht und ihren komplementären Charakter weiterentwickelt, entsteht größtmöglicher Nutzen für Wissenschaft und Praxis.

Stichprobeninventuren zur Erfassung der Waldentwicklung (Waldfläche, Vorrat, Zuwachs) wurden in Europa erstmals in den 1920er Jahren in den skandinavischen Ländern eingesetzt. Im Laufe der Zeit folgten viele europäischen Länder diesem Vorbild (TOMPPÖ et al., 2010). So wurde darauf aufbauend in Österreich bereits 1961 mit einer stichprobenbasierten Waldinventur

begonnen. Seit den 1970er Jahren werden auch in Deutschland vermehrt Stichprobeninventuren für unterschiedliche Fragestellungen (Bundeswaldinventur, Bodenzustandserhebung, Betriebsinventuren etc.) und Monitoringaufgaben durchgeführt. Dazu wurden in den meisten Fällen permanente Stichprobepunkte eingerichtet und an diesen entweder auf definierten Probeflächen oder mittels Winkelzählproben dendrometrische Messungen vorgenommen. Inzwischen liegen für einige dieser Inventuren die Messwerte einer oder sogar mehrerer Wiederholungen vor, aus denen sich die Veränderungen einzelner Merkmale, wie zum Beispiel dem Durchmesser, ableiten lassen. Allein die Datensätze der Bundeswaldinventuren umfassen Tausende von Durchmesser- und Höhenmessungen für die Perioden 1986–2002, 2002–2012 und teilweise 2002–2008 verteilt über viele Baumarten und Standorte, aus denen sich Zuwächse ableiten lassen. Die Verfügbarkeit solcher Inventurdaten wirft die Frage auf, ob die von den Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten und zuständigen Lehrstühlen betreuten waldwachstumskundlichen Versuchsflächen nicht reduziert und teilweise eingespart werden könnten.

Seitens der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten wurde diese Frage diskutiert und von den Autoren dieser Arbeit zu einer Perspektive zusammengefasst. An dieser Stelle möchten wir den Kollegen PD Dr. U. Kohnle (FVA Baden-Württemberg), Dr. M. Neumann (BFW Wien), Prof. Dr. H. Röhle (Univ. Dresden), Dr. J. Rock (VTi), Prof. Dr. H. Spieker, Dr. H.-P. Kahle (beide Univ. Freiburg), Prof. Dr. H. Sterba (Univ. BoKu Wien) und A. Zingg (WSL Birmensdorf) für ihre kritische Durchsicht und konstruktiven Beiträge sowie allen Mitgliedern der Sektion Ertragskunde für die Diskussion danken.

2. LANGFRISTIGE VERSUCHSFLÄCHEN ALS FORSCHUNGSGRUNDLAGE

Die waldwachstumskundliche Forschung hat im deutschsprachigen Raum eine lange Tradition. Bereits im Jahre 1873 wurde vom „Verein deutscher forstlicher Forschungsanstalten“ eine Anleitung für Durchforschungsversuche herausgegeben. Schon damals hatten die Waldwachstumskundler die Notwendigkeit erkannt, die Forschung von der reinen Beobachtung auf eine objektive, experimentell-basierte, zahlenmäßige Grundlage zu stellen. Dazu legten die Gründerväter des Ertragskundlichen Versuchswesens Experimente an, die von den Forstlichen Versuchsanstalten über Generationen beobachtet wurden und zum Teil noch heute unter Beobachtung sind. Ziel der waldwachstumskundlichen For-

¹⁾ Prof. Dr. JÜRGEN NAGEL, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstraße 2, D-37079 Göttingen. E-Mail: juergen.nagel@nw-fva.de.

²⁾ Prof. Dr. HERMANN SPELLMANN, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstraße 2, D-37079 Göttingen. E-Mail: hermann.spellmann@nw-fva.de.

³⁾ Prof. Dr. Dr. h.c. HANS PRETZSCH, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, D-85354 Freising. E-Mail: Hans.Pretzsch@lrz.tum.de.

schung war und ist es, die Vorgänge des Waldwachstums zu verstehen, Hypothesen zu prüfen, Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, Empfehlungen für die Praxis zu erarbeiten und Prognosemodelle für die Planung und Sicherung der Nachhaltigkeit bereitzustellen. Beispielhaft seien Pflanzversuche erwähnt, in denen gezielt die Wirkung des Standraumes auf die BHD-, Höhen-, Kronenansatz- und Astentwicklung herausgearbeitet werden konnte (SPELLMANN und NAGEL, 1992) oder die Standraumversuche zu Eiche mit Extremvarianten in Bregentved (Spiecker 1991). In der Vergangenheit konnte ein breites Wissen über Wachstum und Behandlung von Reinbeständen erarbeitet werden, welches in Lehrbüchern zusammengefasst ist (ASSMANN, 1961; ERTELD und HENGST, 1966; MITSCHERLICH, 1970; KRAMER, 1988; WENK et al., 1990; PRETZSCH, 2002, 2009), und welches in zahlreichen Entscheidungshilfen für die forstliche Praxis Eingang gefunden hat. So ist auch der Umstand, dass heutzutage in Österreich Fichtenkulturen mit maximal 2000–2500 Pflanzen je Hektar begründet werden, im Wesentlichen auf die Erkenntnisse aus dem Pflanzweiteversuch „Hauersteig“ zurückzuführen (NEUMANN, 2010).

Die von der Waldwachstumskunde bereitgestellten Ertragstafeln haben bis in die Gegenwart eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder ermöglicht. Gegenwärtig werden diese zunehmend von flexiblen Waldwachstumssimulatoren abgelöst. Heutige Forschungsschwerpunkte sind die Auswirkungen von Klima- und Umweltänderungen auf das Wachstum, die Sicherung der standörtlichen Nachhaltigkeit bei Nutzungsintensivierung, ein verbessertes Verständnis des Wachstums in Mischbeständen und die Weiterentwicklung von modernen Simulatoren zur Projektion der Waldentwicklung unter verschiedensten Bedingungen. Die wichtigste Datengrundlage für derartige Untersuchungen bilden auch heute noch die waldwachstumskundlichen Versuchsflächen. Insbesondere für die Bearbeitung von Mischbestandsfragen wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue Mischbestandsversuchsanlagen in Form von Wuchsreihen angelegt und wiederholt gemessen (DE WALL et al., 1998; BIBER, 1996). Darüber hinaus wurden für viele Versuchsanlagen Stammverteilungspläne erstellt und zusätzliche Parameter erfasst, wodurch erweiterte Auswertungsmöglichkeiten eröffnet wurden.

Eine besondere Herausforderung für die waldwachstumskundliche Forschung besteht darin, dass sich das Untersuchungsobjekt Wald nur sehr langsam entwickelt und waldwachstumskundliche Versuche daher über lange Zeiträume (oft mehrere Jahrzehnte) und häufig von mehreren Wissenschaftlergenerationen beobachtet werden müssen. Während man früher eher bereit war, geduldig auf Ergebnisse zu warten, besteht heute der Druck, Ergebnisse in relativ kurzen Zeiträumen kostengünstig zu produzieren. Für die Waldwachstumsforscher ist es daher ein Glück, dass die Daten vieler alter, gut dokumentierter Versuchsanlagen noch heute vorhanden sind und sich nicht selten auch für die Bearbeitung aktuellen Fragen nutzen lassen. Folgende vier Beispiele seien genannt: (1) Die versuchsanstalts- und länderübergreifende Untersuchung der Produktivität von Buche

und Fichte im Rein- und Mischbestand (PRETZSCH et al., 2010), welche auf den Daten alter Mischbestandsversuchsflächen aufbaut, (2) die Versuche zur Anbauwürdigkeit fremdländischer Baumarten, die seit der Verabschiedung des Arbeitsplanes für Anbauversuche im Jahre 1881 durchgeführt werden (GANGHOFER, 1884), (3) die Nutzung von Dauerversuchsaufnahmen in Österreich für die Ableitung von Biomassefunktionen (LEDERMANN und NEUMANN, 2006) und (4) die Verwendung archivierter Versuchsflächendaten zur Analyse historischer Wachstumstrends seit dem 19. Jahrhundert (YUE et al., 2011). Bei Fragestellungen, für deren Beantwortung keine geeigneten Versuchsflächendaten vorhanden sind, wird versucht, kurzfristig durch die Anlage unechter Zeitreihen oder mittels Simulationsrechnungen Erkenntnisse bereitzustellen, wohlwissend, dass diese nur vorläufige Aussagekraft haben können. Bei wichtigen Fragestellungen ist es daher ratsam, parallel zu den unechten Zeitreihen eine entsprechende Versuchsanlage einzurichten, mit der man später die vorläufigen Ergebnisse überprüfen kann.

Vom Verständnis her ist eine Versuchsanlage eine methodisch klar konzipierte Versuchsanordnung auf sorgfältig ausgewählten und kartierten Standorten, die zuverlässige Kausalaussagen (Ursache-Wirkungs-Beziehungen) ermöglicht. Vorab sind die Fragestellung, das Versuchs- bzw. Behandlungsprogramm und das entsprechende Versuchsdesign mit Wiederholungen für die begleitende und abschließende statistische Auswertung zu definieren. In der Regel wird mindestens eine unabhängige Variable aktiv verändert und registriert, wie sich die Veränderung auf eine oder mehrere abhängige Variable auswirkt. Die Wirkung weiterer Variablen versucht man durch die Kontrolle der Randbedingungen/Störfaktoren auszuschalten. Bei der Untersuchung waldwachstumskundlicher Fragen besteht eine besondere Schwierigkeit darin, ausreichend große homogene Flächen für Versuchsanlagen zu finden. Oft werden Flächen von mehreren Hektar Größe benötigt, auch weil eventuell eintretende Risiken wie Sturm- und Insektenkatastrophen von vornherein mit einkalkuliert werden müssen. Eine Kontinuität in der Unterhaltung und Behandlung, eine sorgfältige Dokumentation der Versuchsanlage und -steuerung sowie höchste Ansprüche an die Qualität der Datenerhebung sind erforderlich.

3. INVENTURDATEN ALS NEUE VIELSEITIGE INFORMATIONSBASIS

Inventurdaten liefern in vielen Eigenschaften komplementäre Informationen über das Waldwachstum. Während Versuchsflächen zur Prüfung einer Fragestellung gezielt angelegt werden und der Ableitung spezieller Ursache-Wirkungs-Beziehungen dienen, ermöglichen Inventurdaten aufgrund des Repräsentationsanspruchs bei der Datenerhebung vielseitige Korrelationen entlang von Klima-, Standorts- und Strukturgradienten. Versuche fragen demgegenüber konkret nach der Wachstumsreaktion auf sehr unterschiedliche Begründungsdichten, Freistellungsgrade und Wuchskonstellationen. Die Variationsbreite dieser Einflussgrößen ist in den Inventurdatensätzen oftmals zu gering, um Reaktionen auch

unter extremen Bedingungen untersuchen zu können. Zudem ist die länger zurückliegende Bestandesgeschichte, die ebenso wie die gegenwärtige Einzelbaum- bzw. Bestandessituation die Reaktionsmuster beeinflusst, nicht bekannt. Wachstum ohne Eingriffe und Solitärwachstum (z.B. Abetz Solitärversuchsflächen) liefern hingegen wichtige Extremwerte für Potenzialabschätzungen, zeigen eigendynamische Entwicklungen für die Umweltdiagnose auf und dienen der Modellbildung. Sie sind in Inventurdatensätzen meist kaum vertreten. Das gilt auch für fremdländische Baumarten, Provenienzen und Düngungsalternativen, die meist bei Inventuren nur mit geringer Genauigkeit erfasst werden. Schließlich decken Inventurdaten auch Alternativen in der Baumartenmischung oder der Verjüngungsstrategie nicht in ausreichender Breite bzw. ohne konsequente Steuerung von Artenanteilen und Bestandesstrukturen ab. Zusammenfassend gilt, dass die für eine differenziertere Bestandesbehandlung notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen und waldbaulichen Leitlinien allein aus Inventurdaten kaum ableitbar bzw. zu entwickeln sind.

Ungeachtet dessen ist fraglich, ob Waldinventuren in heutiger Dichte und Frequenz auch künftig unter veränderten organisatorischen Rahmenbedingungen der Forstwirtschaft wie bisher weitergeführt werden. Angesichts verbesserter Stichprobenverfahren und Fernerkundungsmethoden könnten die gegenwärtig von Rasterinventuren bereitgestellten Informationen künftig ggf. effizienter durch Nutzung der Laser-Scanner-Technologie, der Satelliten-Fernerkundung oder der Kombination terrestrisch, Flugzeug- oder Satelliten-gestützter Methoden in Verbindung mit Waldwachstumssimulatoren erbracht werden. Damit würden die bestehenden waldbaukundlichen Auswertungsmöglichkeiten von Forstinventuren bei einer solchen Extensivierung wieder entfallen.

4. SPEZIFISCHER WISSENSCHAFTLICHER NUTZEN BEIDER DATENQUELLEN

Inventuren erfassen mit einer Vielzahl an Stichprobenpunkten in größerem Umfang Baumdurchmesser, -höhen und Alter. Es leiten sich daraus Zustände sowie im Falle von Wiederholungsinventuren Zuwächse auf Baum- und Bestandesebene ab. Da für die Inventurpunkte teilweise auch Standortvariablen bekannt sind, entstehen Informationen über die Bestandesproduktivität und deren statistische Abhängigkeit von Standortgrößen. Wie und warum die jeweilige Bestandesproduktivität und -struktur aus der Entwicklung der Einzelbäume resultiert, also die Bestandesdynamik und deren Beeinflussung durch Eingriffe, bleibt dabei unbekannt. Genau diese Zusammenhänge werden aber durch langfristige Versuchsflächen aufgedeckt. Der unterschiedliche Informations- und Wissensbeitrag beider Datenquellen lässt sich vielleicht über folgende Analogie erklären: Das Bruttosozialprodukt weist zwar den fiskalischen Anteil von forstwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Betrieben aus, erst über das Netzwerk von Testbetrieben wird aber klar, wie die forstwirtschaftlichen bzw. landwirtschaftlichen Produkte eigentlich

erzeugt werden, wie unterschiedlich die einzelnen Betriebe agieren und funktionieren, welche Steuerungsmöglichkeiten es gibt und wie sich die Betriebe jeweils optimieren lassen. Erst die Kombination des top-down Ansatzes (Inventurdaten) mit dem bottom-up Ansatz (Versuchsflächen) erbringt das für zielorientierte Entscheidungen erforderliche Bild vom Ganzen.

Inventur- und Monitoringstichprobenpunkte/-flächen unterscheiden sich also von Versuchsflächen dadurch, dass es auf ihnen keine aktive Variation einer Variablen mit dem Ziel der Untersuchung einer Ursache-Wirkungs-Beziehung gibt. Stattdessen dienen sie dazu, repräsentative Informationen (z.B. durchschnittlicher Vorrat) zu erfassen und den Zustand bzw. die Veränderung in einem Gebiet oder Stratum innerhalb einer Zeitspanne zu beschreiben. Das bedeutet für waldbaukundliche Fragestellungen, dass die meisten Stichprobenpunkte mittlere Verhältnisse und nur sehr selten die für das Verständnis und die Modellbildung wichtigen Randbereiche abbilden. Zudem sind die Datenerhebungen auf die jeweiligen Fragestellungen optimiert, d. h. es werden so wenig Daten wie möglich erfasst, um eine Variable, wie zum Beispiel den Vorrat, mit einer vorgegebenen Genauigkeit zu erfassen. So wird im Fall der BWI bei der Winkelzählprobe in der Regel der Zählfaktor 4 verwendet, so dass im Schnitt nur 8 Bäume pro Inventurpunkt gemessen werden. Bei Betriebsinventuren in Niedersachsen, Hessen und Baden-Württemberg werden die Bäume auf konzentrischen Probekreisen erfasst, um den Messaufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Auf diesen im Vergleich zu den waldbaukundlichen Versuchsflächen kleinen Probeflächen (BHD-abhängig von ca. 0.01–0.1 ha) werden darüber hinaus meist nur die Durchmesser aller Bäume gemessen. Baumhöhen und Kronenansätze werden – wenn überhaupt – nur an wenigen Bäumen erhoben, Merkmale wie Kronenbreite, Astdurchmesser, Kronenkontaktzonen etc. fast nie. Auch lassen sich Nachbarschaftsverhältnisse auf den kleinen Inventurflächen aufgrund der erheblichen Randeffekte allenfalls für einzelne Bäume befriedigend beschreiben. Außerdem liegen bisher aus den meist in 10-jährigen Intervallen wiederholten Inventur- und Monitoringprogrammen nur die Daten relativ kurzer Zeiträume (< 30 Jahre) vor, die ihrerseits wiederum Phasen einschließen, die für das Baumwachstum günstigere und schlechtere Bedingungen aufweisen. Dies birgt die Gefahr von Fehlschlüssen, wie Prognosen mit einer ersten Version des Waldwachstumssimulators PROGNAUS, parametrisiert mit Daten der österreichischen Waldinventur 1980, belegt haben (STERBA et al., 2000). Um die Auswirkungen langfristiger Umweltänderungen (Klima, Stoffeinträge, etc.) beschreiben zu können, sind daher längere Zeitreihen und die Berücksichtigung von Witterungseinflüssen notwendig (KINDERMANN, 2010). Ein weiterer Unterschied zwischen Inventurstichprobenpunkten und Versuchsflächen besteht darin, dass die meisten Inventurflächen verdeckt angelegt werden. Der Bewirtschafter soll nicht erkennen, dass er sich an einem Probepunkt befindet. Im Gegensatz dazu sind die Messstellen auf den Versuchsflächen an den Bäumen markiert. Dieses Vorgehen sichert insbesondere bei Wiederholungsaufnahmen eine bessere Datenqualität.

5. BEISPIEL FÜR SYNERGIEEFFEKTE

Frühen Mischbestandsversuchen mangelt es oft an Referenzflächen in benachbarten Reinbeständen, denn solche Mischungsversuche sollten eher die Mischbarkeit bestimmter Artenkombinationen nachweisen als ihren Mischungseffekt gegenüber Reinbeständen quantifizieren. Die Mehrzahl dieser Mischungsversuche wurde um 1900 in einschichtigen, aus zwei Arten aufgebauten Mischbeständen angelegt, zumeist ganz ohne, manchmal mit einer und nur sehr selten mit beiden Mischbaumarten in benachbarten Reinbeständen. Um das Informationspotential solcher wertvoller Mischbestandsversuche auch dann ausschöpfen zu können, wenn benachbarte Reinbestände fehlen, kann deren erwartete Wuchsleistung aus permanenten Inventurflächen abgeleitet werden, die in Deutschland seit den 1970er Jahren systematisch angelegt und wiederholt aufgenommen wurden. Ausgehend von den Bestandesmerkmalen der Mischbestände (Artenkombination, Bestandesalter, Bonität, Standorteinheit, Kalenderjahr der Wiederholungsaufnahmen, Bestandesdichte) werden die nächstgelegenen drei bis fünf Inventurpunkte in Reinbeständen der gesuchten Arten extrahiert. Deren mittlere Bestandesattribute, insbesondere der mittlere periodische Volumenzuwachs der Arten im Reinbestand, können dann behelfsweise als Referenz für die Beurteilung der Zuwachsleistung auf den Mischbestandsversuchen verwendet werden.

Andere Arbeiten nutzen Ertragstafeldaten als Referenz. Aufgrund der nachgewiesenen Wachstumstrends (SPECKER et al., 1996) und begrenzten Gültigkeit hinsichtlich waldbaulicher Behandlung und regionaler Repräsentanz der Tafeln erscheinen jedoch Inventurdaten von räumlich benachbarten und zeitlich vergleichbaren Beständen prinzipiell besser geeignet. Während die Aufnahmen auf den langfristigen Versuchsflächen bis über 1900 zurückreichen, begannen wiederholte Inventuren erst in den 1970er Jahren. Deshalb lassen sich die Zuwachsdaten der Inventuren nur etwa für den Überlappungszeitraum von 1970 bis in die Gegenwart als ergänzende Informationen nutzen. Von den Wiederholungsaufnahmen auf den Versuchsflächen lassen sich also nur die letzten zwei bis drei Aufnahmeperioden mit Inventurdaten hinterlegen. Mit einer Größe von minimal 0,01 Hektar erscheinen die Inventurkreise je nach Stammzahl ausreichend groß, um Reinbestände zu repräsentieren. Demgegenüber sind die langfristigen Versuchsflächen zumeist mit einer Größe von 0,25 bis 1,0 Hektar (z. B. Plenterwaldversuchsflächen) 10 bis 20 mal so groß und daher auch besser geeignet heterogene Mischbestände repräsentativ zu erfassen.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Langfristige Versuchsflächen sind auch künftig aus den dargelegten Gründen unverzichtbar. Auch in Zukunft wird man neue Versuchsflächen anlegen müssen und intakte Versuche fortführen, um Hypothesen überprüfen und die Waldentwicklung unter sich ändernden ökologischen Rahmenbedingungen besser verstehen zu können. Darüber hinaus wird man angesichts des Aufwandes und der langen Beobachtungszeiträume der

Versuchsflächen immer auch Inventurdaten nutzen, um die Datenbasis zu verbreitern und schnell vorläufige Ergebnisse bereitstellen zu können. So haben zum Beispiel ALBERT und SCHMIDT (2010) ein vorläufiges Standort-Leistungsmodell für Fichte und Buche aus den Daten der BWI, Betriebsinventuren und Versuchsflächendaten abgeleitet, welches durch entsprechende Versuchsanlagen noch zu verifizieren ist. Eine besondere Bedeutung kommt Inventurdaten immer dann zu, wenn die Erkenntnisse aus Versuchsflächen in die Fläche transportiert werden sollen. Hierzu hat NOTHDURFT (2007) einen vielversprechenden Ansatz aufgezeigt, wie sich für eine genauere Höhenschätzung Inventurdaten und historische Messreihen von Versuchsflächen mit Hilfe eines nichtlinearen, hierarchischen und gemischten Modells kombinieren lassen. Gerade die Kombination von Inventur- und langfristigen Versuchsflächendaten lässt für die Zukunft eine Verbesserung der Waldwachstums simulatoren erwarten.

Ähnlich wie langfristige Pegelmessstellen an Gewässern, phänologische Aufzeichnungen oder Aufzeichnungen der Jagd- oder Fischereiausbeuten bieten Zeitreihen aus langfristigen Versuchsflächenbeobachtungen, die bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückgehen, ein unverzichtbares Informationspotenzial für die Waldökosystemforschung. Retrospektive Analysen von Jahrringen (Bohrkern-/Stammanalysen) liefern präzise Informationen zur Individualentwicklung, erlauben aber keine Rückschlüsse auf das Funktionieren des Bestandes als Ganzem, wie das für Daten der langfristigen Bestandesentwicklung einschließlich Zuwachs, verbleibendem und ausscheidendem Bestand, Mortalität, Baumartenanteilen usw. zutrifft.

7. PERSPEKTIVEN

Möglichkeiten für eine komplementäre Weiterentwicklung von Versuchsflächennetzen und Inventuren sollen an folgenden sechs Beispielen verdeutlicht werden:

1.) Versuchsflächendaten können häufig nicht die gewünschte Breite von Standortbedingungen abdecken. So wurden in der Vergangenheit z. B. Fichtenversuche vorzugsweise auf günstigen bis mittleren Standorten angelegt, wohingegen Informationen über die Stabilität und Leistung von Fichten auf ärmeren Standorten außerhalb von Ostdeutschland fehlen. Indem Inventurdaten das gesamte Existenzspektrum mit Blick auf Bestandeszustand und Standortinformation abdecken, bilden sie eine ideale Grundlage um bestgeeignete Standorte für Versuchsflächenanlagen im Sinne einer Lückenfüllung bisheriger Versuchsflächennetze zu gewährleisten (Lückenfüllung, systematische Ergänzung, Auswahlhilfen).

2.) Versuchsflächen sollten nach Möglichkeit neben Extremstandorten auch flächenrepräsentative Standorte abdecken. Wieder lassen sich hier Inventurdaten zur Verbesserung der Repräsentativität verwenden.

3.) Um von den Reaktionsmustern bestimmter Baumarten oder -mischungen auf existierenden Versuchsflächen auf deren Verhalten in Landschaftseinheiten schließen zu können, sollten Versuchsflächenstandorte über ökologische Variablen mit Inventurpunkten ver-

netzt sein; es sollte also klar werden, für welche Inventurdaten welche Versuchsflächen repräsentativ sind. Konzepte und Ansätze dafür sind in Entwicklung.

4.) Bestandesinformationen, die aus Versuchsflächen nicht in ausreichendem Umfang (standortübergreifend, wuchsgebietsübergreifend, länderübergreifend) bereitgestellt werden können, sollte auf Inventurebene verstärktes Interesse gewidmet werden: Ausfallhäufigkeiten mit entsprechenden Gründen dafür, Strukturmerkmale von Baum und Bestand, anthropogene Einflussnahme (Kalkung, Befahrung usw.).

5.) Informationen über vertikale und laterale Ausdehnung der Kronen oder zumindest stichprobenweise Aufnahmen von Blattflächenindizes (künftig aus remote-sensing Aufnahmen ableitbar) sind als Näherungsgrößen für die physiologische Leistungsfähigkeit, Netto-primärproduktion usw. nutzbar und könnten künftig für die Initialisierung und Kalibrierung von dynamischen Wachstumsmodellen Verwendung finden.

6.) Das grundlegende Verständnis über die Dynamik von ungleichaltrigen, mehrschichtigen und stark strukturierten Mischbeständen, die heute in den Waldbauprogrammen vieler Bundesländern angestrebt werden, wird man nur auf größeren Versuchsflächen untersuchen können.

8. SUMMARY

Title of the paper: *Information potential of long term experiments and inventory data for forest research.*

The tradition of long term forest experiments started in 1873 with a manual for thinning experiments published by the Society of German Forest Research. Many of these experiments are still in observation and have been used to understand the principles of forest growth, to test hypothesis, to derive models for sustainable management and to give advice to forest managers. Since the 1970s many permanent forest inventories have been established to describe the forest on a national, regional or company level. The availability of growth information from inventory data puts the amount of the long term experiments into question. The main difference between both sources of information is that long term experiments are designed to study cause and effects by active variation of one variable. Inventories are made to estimate unbiased the state or the change of a variable of interest, in example the standing volume or the volume growth. Inventory data represents usually average conditions and rarely extreme conditions which are important for understanding and modelling. However long term experiments are expensive in time and effort. Therefore, it is often not possible to establish the experiments on wide amplitude of site conditions. The use of existing inventory data in combination with long term experiment is a possibility to enlarge the data base and derive fast results for current issues. For example Albert and Schmidt (2010) used this approach to model climatic effects on the site index of Norway spruce and European beech. Long term experiments will still be essential for forest research. Available inventory data can be useful to fill in data gaps and to project the long term experiment results to a regional or overall site level.

9. LITERATUR

- ALBERT, M. und M. SCHMIDT (2010): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management*, Vol. 259, Issue 4, 739-749 (Online 2009: doi:10.1016/j.foreco.2009.04.039).
- ASSMANN, E. (1961): *Waldtragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen.* BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien, 490 S.
- BIBER, P. (1996): Konstruktion eines einzelbaumorientierten Wachstumssimulators für Fichten-Buchen-Mischbestände im Solling. *Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Univ. Göttingen, Reihe A, Bd. 142.*
- ERTELD, W. und E. HENGST (1966): *Waldtragslehre.* Radebeul.
- GANGHOFER, A. (1884): *Arbeitsplan für die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten (Festgestellt bei der Beratung zu Braunschweig im August 1881).* In: GANGHOFER, A. (Hrsg.): *Das Forstliche Versuchswesen.* Band II. Augsburg, 170–190.
- KINDERMANN, G. (2010): Eine klimasensitive Weiterentwicklung des Kreisflächenzuwachmodells aus PrognAus. *Austrian Journal of Forest Science* 127(3): 147-178.
- KRAMER, H. (1988): *Waldwachstumslehre,* Paul Parey. 374 S.
- LEDERMANN, T. und M. NEUMANN (2006): Biomass equations from data of old long-term experimental plots (Biomassefunktionen aus Daten alter Dauerversuchsflächen). *Austrian Journal of Forest Science* 123(1/2): 47–64.
- MITSCHERLICH, G. (1970): *Wald, Wachstum und Umwelt – 1. Band, Form und Wachstum von Baum und Bestand.* J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- NEUMANN, M. (Hrsg.) (2010): *Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig = Spacing Experiment in Norway Spruce at Hauersteig – Final Report.* BFW-Berichte, Wien, (143), 121 S.
- NOTHDURFT, A. (2007): *Ein nichtlineares, hierarchisches und gemischtes Modell für das Baum-Höhenwachstum der Fichte (Picea abies (L.) Karst.) in Baden-Württemberg.* Dissertation Univ. Göttingen.
- PRETZSCH, H. (2002): *Grundlagen der Waldwachstumsforschung.* Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 414 S.
- PRETZSCH, H. (2009): *Forest Dynamics, Growth and Yield.* Springer, Berlin, Heidelberg, 664 S.
- PRETZSCH, H., J. BLOCK, J. DIELER, P. H. DONG, U. KOHNLE, J. NAGEL, H. SPELLMANN und A. ZINGG (2010): Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Ann. For. Sci.* 67, 712.
- SPELLMANN, H. und J. NAGEL (1992): 2. Auswertung des Nelder-Pflanzverbandsversuches mit Kiefer im Forstamt Walsrode. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 163 (11/12): 221–229
- SPIECKER, H. (1991): *Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (Quercus petraea (Matt.) Liebl. und Quercus robur L.).* Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 72: 151 S.
- SPIECKER, H., K. MIELIKÄINEN, M. KÖHL und J. P. SKOVGAARD, eds (1996): *Growth trends in european forests.* Europ For Inst, Res Rep 5, Springer-Verlag, Heidelberg, 372 S.

- STERBA, H., GOLSER, M. MOSER und K. SCHADAUER (2000): A Timber Harvesting Model for Austria. COMPAG **28**, 2, 133–149.
- TOMPO, E., T. GSCHWANDTNER, M. LAWRENCE and R. MCROBERTS (2010): National Forest Inventories – Pathways for Common Reporting. Springer Verlag Heidelberg Dordrecht London New York. 607 pp.
- WALL, K. DE, G. DREHER, H. SPELLMANN und H. PRETZSCH (1998): Struktur und Dynamik von Buchen-Douglasien-Mischbeständen in Niedersachsen. Forstarchiv **69**, 179–191.
- WENK, G., V. ANTANAITIS und S. SMELKO (1990): Wald-ertragslehre. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 448 S.
- YUE, C., U. KOHNLE, M. HANEWINKEL und J. KLÄDTKE (2011): Extracting environmentally driven growth trends from diameter increment series based on a multiplicative decomposition model. Canadian Journal of Forest Research **41**: –13.

Änderung der Wettbewerbsfähigkeit der Holz- und Papierwirtschaft in Deutschland auf Grund zunehmender Knappheit an Nadelholz

(Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle)

MATTHIAS DIETER^{1,2)} und BJÖRN SEINTSCH^{1,3)}

(Angenommen Mai 2012)

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Input-Output-Analyse; Kostenstrukturanalyse; Wettbewerbsfähigkeit; Transportkosten; Holzpreise; Holzgewerbe; Zellstoff- und Papiergewerbe.

input-output analysis; cost structure analysis; competitiveness; transport costs; prices for wood; wood processing industry; pulp and paper industry.

1. AUSGANGSLAGE UND PROBLEMSTELLUNG

Die Nachfrage nach Holzrohstoffen in Deutschland hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen (u.a. MANTAU, 2009, S. 28f.). Die Gründe dafür liegen sowohl in der hohen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Holz- und Papierwirtschaft (DIETER, ENGLERT, 2006; 2009) als auch in der Verteuerung fossiler Energie und der öffentlichen Förderung der energetischen Holzverwendung. Sowohl die Kapazitäten zur stofflichen Verarbeitung von Holz als auch die Anlagen zur energetischen Holznutzung wurden in den zurückliegenden Jahren deutlich ausgebaut (OCHS et al., 2007a, S. 269ff.; MANTAU, 2009, S. 28f.). Für die stoffliche Nutzung besitzt Nadelholz eine herausragende und im Zeitverlauf zunehmende

Bedeutung. Über 90% des verarbeiteten Stamm- und Industrieholzes der deutschen Holz- und Papierwirtschaft im Jahr 2006 war Nadelholz (SEINTSCH, 2011a, S. 10). Der Nadelrohholzverfügbarkeit wird deshalb eine hohe Relevanz für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Holz- und Papiergewerbes beigemessen (OCHS et al., 2007c, S. 419ff.; LÜCKGE et al., 2008; GRULKE et al., 2008; SEINTSCH, 2011a, S. 10).

Der hohen und in der Vergangenheit gestiegenen Nachfrage nach Nadelholz steht jedoch ein zukünftig abnehmendes Inlandsangebot an Nadelholz gegenüber. Dominierten bis Ende des letzten Jahrhunderts in den deutschen Wäldern noch Nadelbäume deutlich, lag deren Flächenanteil 2008 im Hauptbestand nur noch bei 57% (OEHMICHEN et al., 2011, S. 59). In der ersten Altersklasse (1 bis 20 Jahre) hat Nadelholz nur noch einen Anteil von 46%. Die Nadelholzfläche hat entsprechend abgenommen, allein zwischen den Jahren 2002 (SCHMITZ et al., 2004, S. 22) und 2008 (OEHMICHEN et al., 2011, S. 104f.) um rund 6% über alle Altersklassen.

Zwischen den Jahren 2002 bis 2008 wurde die inländische Rohholzversorgung auch durch einen Vorratsabbau bei der Baumart Fichte (d.h. Einschlag über dem Zuwachs) in Folge von intensivem regulärem Holzeinschlag und Zwangsnutzungen sichergestellt (OEHMICHEN et al., 2011, S. 109). Ein derartig hohes Einschlagsniveau ist aber längerfristig nicht haltbar, ohne die Grenzen der Nachhaltigkeit zu verletzen. Aufgrund dieser Entwicklungen weist die Projektion des Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodells (WEHAM) auf Datenbasis

¹⁾ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstrasse 91, D-21031 Hamburg.

²⁾ MATTHIAS DIETER. E-Mail: matthias.dieter@vti.bund.de

³⁾ BJÖRN SEINTSCH. E-Mail: bjorn.seintsch@vti.bund.de