

Biometrie und Informatik – 60 Jahre im Dienst der FVA

Die Abteilung Biometrie und Informatik gehört zu den 1958 neu gegründeten Arbeitsbereichen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. In den zurückliegenden 60 Jahren wurden zahlreiche Themen bearbeitet und Verfahren maßgeblich gestaltet. Im Folgenden werden schlaglichtartig einige wichtige Entwicklungen und Projekte der Abteilung skizziert, die die enge Durchdringung von Praxis und Forschung belegen und ein Markenzeichen der Abt. Biometrie und Informatik darstellen.

Gerald Kändler

Eine planmäßige Forstwirtschaft beruht auf der quantitativen Beschreibung des Waldzustands und der numerischen Darstellung der Waldentwicklung.

Vereinheitlichung und Weiterentwicklung der Forsteinrichtungsgrundlagen

Die Grundlagen bilden Verfahren zur Holzvorratsermittlung und die Ertragstafeln. Nach der Gründung des Südweststaates mit zwei forstlichen Traditionen, der badischen und der württembergischen, war die Vereinheitlichung der Forsteinrichtungsgrundlagen in Form der Hilfstabellen, welche die Ertrags-, Volumen- und Sortentafeln umfassen, eines der ersten Schwerpunktthemen der Abteilung. Die Rationalisierung der Vorratsermittlung durch Erprobung und Einführung neuartiger Stichprobenverfahren und Messtechniken sowie die Weiterentwicklung der Zustandserfassung, ihre Ra-

tionalisierung durch normierte Bestandesbeschreibung, waren ebenfalls Teil dieser Aktivitäten. Schon damals wurde das Potenzial der computergestützten Datenverarbeitung für die forstliche Betriebsforschung erkannt und eingesetzt.

Elektronische Datenverarbeitung: die Anfänge

Nicht nur die Forschung sollte von den Möglichkeiten der aufkommenden programmierbaren Elektronenrechner profitieren, sondern auch die Forstverwaltung: So befasste sich die Abteilung mit der Erprobung verschiedener neuartiger Verfahren der Datenerfassung und -auswertung. Ein für die Rationalisierung des Betriebs wesentlicher Beitrag war die Entwicklung der maschinellen Holzlistenschreibung auf Basis des Handschriftenbelegs.

Beiträge zur Arbeitswirtschaft, zum Tarifwesen und zur Holzvermessung

Ein Meilenstein, der die Abteilung bundesweit bekannt machte, war die Konzeption und Erprobung des Erweiterten Sortentarifs EST für die Holzernte im Stücklohn Ende der 1970er-Jahre, der dann lange Zeit die tarifliche Grundlage für die Entlohnung der Waldarbeit bildete. Dieses Großprojekt stellte nicht nur methodisch eine Herausforderung dar, sondern erforderte auch enormen Einsatz in der länderübergreifenden Abstimmung. Darüber hinaus wurden Tarife für die Jungbestandspflege, den Schleppereinsatz in der Holzernte und für Rohschäfte entwickelt.

Die Entfeinerung der Liegendmessung des waldlagernden Nadelrundholzes durch computergestützte Vermessungs-

und Sortierverfahren trugen zur Rationalisierung der Holzernte insbesondere beim Schwachholz bei. Auch die Entwicklung der Werkeingangsvermessung in Zusammenarbeit mit der damaligen Abt. Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung fand ihren Anfang im Rahmen dieser Aktivitäten.

Kooperation mit der Holzindustrie

Um die Wertschöpfung aus dem Rohstoff Holz optimal zu nutzen, arbeitete die Abteilung auch mit der Holzindustrie zusammen. So entstanden das Schwarzwälder Einteilprogramm auf Grundlage dynamischer Programmierung, das Freiburger Schnittholzprogramm zur Simulation eines Gattersägewerks sowie Schnittholztafeln und ein Rundholzplatzsimulator für Sägewerke. Auch Programme für den Holzhof Oberschwaben und für die Optimierung der Transportwege wurden erarbeitet.

Stehensortierung der Bestände

Ein Forschungsthema, das seit den 1960er-Jahren für unterschiedliche Anwendungen bearbeitet wurde, ist die Ermittlung der Holzertesortimente anhand dendrometrischer Baumkenngrößen. Theoretische Grundlage bildet die mathematische Schaftformbeschreibung, die stetig weiterentwickelt und für eine Reihe praktischer Anwendungen genutzt wurde, u. a. zur Optimierung der Rundholzverwertung. Mit dem Aufkommen bedienungsfreundlicher Software konnten schließlich komplexere Sortieralgorithmen in Anwendungsprogrammen umgesetzt werden wie das Programm HOLZ-

Schneller Überblick

- Statistik und moderne Informationstechnik sind Schlüsselkompetenzen angewandter forstlicher Forschung und vor dem Hintergrund fortschreitender Digitalisierung unverzichtbar
- Seit 60 Jahren gestaltet die Abteilung praxisbezogene Forschung auf zahlreichen Fachgebieten
- Aktuelle Forschungsaktivitäten verbinden Fernerkundung und terrestrische Stichprobeninventuren



Fotos: T. Weidner

Abb. 1: Die traditionelle terrestrische Stichprobeninventur wird auch künftig eine wichtige Rolle spielen.



Abb. 2: Moderne Sensorplattformen wie unbemannte Luftfahrzeuge (Drohnen) können künftig die Datenerhebung im Wald rationalisieren.

ERNTE, das seit Ende der 1990er-Jahre zu einer leistungsfähigen Entscheidungshilfe für die Holzvermarktung entwickelt wurde und bundesweit als freie Software zur Verfügung steht [1].

Walderkrankung: erste Monitoringsysteme auf Stichprobenbasis

Die 1980er-Jahre waren von einem alles beherrschenden Thema geprägt, dem „Waldsterben“ oder den „neuartigen Waldschäden“ mit teilweise kontroversen Ursachendiskussionen. Damals wurde deutlich, wie wichtig eine objektive Beobachtung des Waldzustands ist, um mit solchen Entwicklungen rational umzugehen und sie auf der Grundlage von Fakten zu analysieren.

Die stichprobenbasierte Wald- bzw. Kronenzustandserhebung (in Baden-Württemberg unter dem Begriff terrestrische Waldschadensinventur, TWI) wurde von der Abteilung konzipiert und durchgeführt, bevor diese Aufgabe später an die Abteilung Waldschutz und schließlich die Abteilung Boden und Umwelt übertragen wurde. Ergänzt wurde das Waldzustandsmonitoring durch eine so genannte immissionsökologische Waldzustandserhebung, bei der auch das Wachstum sowie der ernährungsphysiologische Zustand anhand von Probefällungen erfasst wurden. Damit waren wesentliche Grundlagen eines langfristigen Umweltmonitorings geschaffen. Das damals entwickelte Stichprobendesign ist Basis des heute im Rahmen des Internationalen Kooperationsprogramms Wälder (ICP Forests) installierten Level-I-Waldzustandsmonitoring-Netzes mit europaweit rund 6.000 Stichproben im 16 x 16 km-Raster [2].

Betriebsinventur per Stichprobe – ein Paradigmenwechsel

Bereits in den 1970er-Jahren wurden die Rationalisierungsmöglichkeiten von Inventuren auf Stichprobenbasis aufgegriffen, und in den 1980er-Jahren wurden praxistaugliche Stichprobeninventuren zur Zustandserfassung auf Betriebsebene entwickelt. So entstand, gefördert durch starke Impulse aus der Forsteinrichtungspraxis, die baden-württembergische Betriebsinventur, welche inzwischen als Instrument der Erfassung des Naturzustands in der Forsteinrichtung fest etabliert ist und aktuell als langfristiges Monitoringverfahren zur Sicherung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung auch im nichtstaatlichen Waldbesitz verankert werden soll.

BWI – von der Forsterhebung zur Großrauminventur

In die Jahre 1986 bis 1988 fällt die erstmalige Durchführung der Bundeswaldinventur (BWI, in den alten Ländern), für deren Realisierung sich die Abteilung bereits in den 1970er-Jahren stark engagierte und bundesweit den Boden bereitete. Die Durchsetzung einer Großrauminventur erforderte großen Einsatz und Überzeugungsarbeit, da auch in der Führungsebene einiger Landesforstverwaltungen teilweise Vorbehalte gegen dieses Instrument bestanden.

Die Abteilung trug maßgeblich zur Konzeption der Bundeswaldinventur bei, indem grundlegende methodische Verfahren entwickelt wurden: Die Berechnung des Einzelbaumvolumens auf Grundlage eines eigens für die Bundeswaldinventur konzipierten Schaftkurvenmodells, welches es erlaubt, die Formigkeit durch Messungen eines zusätzlichen Durch-

messers oberhalb des Brusthöhendurchmessers zu berücksichtigen. Das daraus entwickelte universelle Sorten- und Volumenprogramm BDAT [3] stellt heute einen Standard zur Volumenermittlung von Einzelbäumen dar. Dieses Verfahren ermöglichte erst die großräumige Anwendung einer einheitlichen Holzvorratsermittlung. Schließlich wurde das Simulationsprogramm für die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) entwickelt [4]. Die Abteilung ist seit der ersten BWI auch für die Datenerhebung und landesspezifische Auswertungen zuständig.

Biomassefunktionen: Grundlagen für den Treibhausgasbericht

Traditionell werden der Holzvorrat und Holzsortimente in Volumeneinheiten gemessen. Seit etwa 15 Jahren spielt die im Holzvorrat gespeicherte Biomasse eine Rolle. Denn die Kenntnis der Biomasse ist Voraussetzung dafür, dass die Kohlenstoffspeicherung in den Wäldern für die Treibhausgasberichte im Rahmen des Kyoto-Protokolls ermittelt werden kann. Um den Kohlenstoffvorrat zu berechnen, wird in einem ersten Schritt die Biomasse der Bäume berechnet, die mithilfe spezieller Funktionen aus den gemessenen Baumgrößen (Durchmesser, Höhe) bestimmt wird. So hat 2006 die Abteilung Verfahren zur Schätzung der Biomasse von Waldbäumen entwickelt und in den Folgejahren neue Funktionen für die oberirdische Biomasse von Waldbäumen hergeleitet. Hierzu wurden im Land und bundesweit mehrere Messkampagnen durchgeführt, um anhand von Probefällungen die Biomasse von Bäumen zu ermitteln. Dieses Datenmaterial bildet die

Grundlage dieser Funktionen, welche auf die Daten der Bundeswaldinventur für die Erstellung des Treibhausgasberichts angewendet werden [5].

Fernerkundung und Waldinventur: der Bestand wieder im Fokus

In den vergangenen zehn Jahren haben Fernerkundungsverfahren in der Waldinventur zunehmend an Bedeutung gewonnen; in den letzten drei Jahren gelang in Gestalt der Waldhöhenstrukturkarte der Durchbruch zum operativen Einsatz in der Forsteinrichtung [6]. Eine weitere Anwendung ist die Kombination von Fernerkundungsdaten mit terrestrischen Stichprobeninventuren, wodurch sich beispielsweise die Vorratsschätzung für Bestände verbessern lässt.

Obgleich die zugrunde liegenden Methoden und Verfahren schon seit langem bekannt sind, haben erst die informationstechnologischen Entwicklungen in jüngster Zeit, leistungsfähigere Prozessoren und Grafikkarten sowie enorm gestiegene Speicherkapazitäten den Durchbruch zu einem operativen Einsatz ermöglicht. Aktuell befasst sich der Arbeitsbereich Fernerkundung mit den Möglichkeiten, die unterschiedliche Sensoren und Trägerplattformen bieten: Neben klassischen Luftbildern eröffnen Hyperspektralsensoren sowie aktive Systeme wie Laserscanner neue Auswertungsmöglichkeiten. Die Trägersysteme decken mittlerweile eine große Skalenbandbreite ab, angefangen mit unbemannten Luftfahrzeugen (Drohnen) über Ultraleichtflugzeuge bis hin zu Satelliten. Gerade die Kombination unterschiedlicher Sensoren und multitemporale Aufnahmen bieten neue Auswertungsmöglichkeiten, unter anderem zur Baumartenklassifizierung.

Literaturhinweise:

[1] Programm HOLZERTE: <http://www.fva-bw.de/forschung/bui/holzernte/holzernte8.html>. [2] Internationales Kooperationsprogramm Wälder (ICP Forests): <http://icp-forests.net/>. [3] Sorten- und Volumenprogramm BDAT: <http://www.fva-bw.de/forschung/bui/bdat.html>. [4] BÖSCH, B. (1995): Ein Informationssystem zur Prognose des künftigen Nutzungspotentials. *Forst und Holz*, 50. Jg., S. 587-593. [5] RIEDEL, T.; KÄNDLER, G. (2017): Nationale Treibhausgasberichterstattung: Neue Funktionen zur Schätzung der oberirdischen Biomasse am Einzelbaum. *Forstarchiv*, 88. Jg., Nr. 2, 31-38. [6] KILIAN, M.; ADLER, P.; MATHOW, T.; BREUNIG, T. (2017): Forsteinrichtung Version 3.0 oder: Nutzen der „Waldstrukturkarte“. *AFZ-DerWald*, 72. Jg., Nr. 4, S. 21-25. [7] KAWOHL, T.; DIETRICH, H.; WEHBERG, J.; BÖHNER, J.; WOLF, T.; RÖDER, A. (2017): Das Klima in 80 Jahren – Wein- statt Waldbau? *AFZ-DerWald*, 72. Jg., Nr. 15, S. 32-35. [8] SCHÖPFER, W. (1984): Forstliche Biometrie und Informatik im Dienste von Forschung und Praxis. *Mitteilungen der FVA Baden-Württemberg*, Heft 105.

Statistische Beratung und Geoinformatik

Die Abteilung hat seit ihrer Gründung an vielen Forschungsprojekten unter Federführung anderer Abteilungen sowie der Erstellung zahlreicher Auswertungsprogramme zu aktuellen forstlichen Problemen mitgewirkt. Sie nimmt als ständige Aufgabe innerhalb der FVA die Beratung der wissenschaftlichen Beschäftigten in allen Fachbereichen wahr und leistet so einen Beitrag zu fundierten Forschungsergebnissen. Die Beschreibung komplexer Prozesse mithilfe von Modellen ist eine Daueraufgabe der Abteilung und Grundlage vieler bereits erwähnter Anwendungen.

Waldinformationen sind zumeist Geodaten, da die Bewirtschaftung des Waldes immer einen Flächenbezug und eine Verortung von Daten und Informationen erfordert. Klassische analoge Flächeninformationen in Form von Kartierungen sind heute größtenteils digitalisiert und werden mit modernen Werkzeugen der Geoinformation verarbeitet und analysiert. Die Abteilung ist auch für die GIS-Infrastruktur der FVA verantwortlich und passt die Systeme fortlaufend an. Aufgrund gesetzlicher Vorgaben gewinnt die webbasierte Bereitstellung von Geodaten eine zunehmende Bedeutung. Im GIS-Bereich werden auch die Zeitreihen räumlich und zeitlich hochaufgelöste Klimadaten bearbeitet und für verschiedene Anwendungen im Bereich Klimafolgenforschung bereitgestellt [7]. Themen der letzten zehn Jahre waren Analysen zum Klimawandel, ein fachübergreifendes Forschungsthema an der FVA, und die Erstellung eines Kohlenstoff-Bilanzierungsmodells.

Heutige und künftige Herausforderungen

Der rasante Wandel der Informationstechnologie spiegelt sich auch in der Arbeit der Abteilung wider, die innerhalb der FVA als Querschnittsaufgabe einen Auswertungs- sowie Beratungs- und IT-Schulungsservice erbringt: von der Lochkarte auf dem Großrechner über mittlere Datentechnik und den PC hin zu komplexen Netzwerken mit Virtualisierung, externen Zugängen und mobiler IT. Die informationstechnologische Infrastruktur ist das Rückgrat moderner Forschung und für die Kompetenz der FVA essenziell. Heute gilt es, eine leistungsfähige For-

schungs-IT zu gewährleisten und stetig weiterzuentwickeln.

Die Digitalisierung der Forstwirtschaft ist zweifellos ein Schwerpunktthema. Punktförmig erhobene Daten aus Waldinventuren lassen sich in Verbindung mit Fernerkundungsdaten als räumlich hochaufgelöste, verortete Informationen „in die Fläche bringen“. Derartige georeferenzierte regionalisierte Informationen sind eine wichtige Voraussetzung für die Digitalisierung von betrieblichen Prozessen, wenn sie über mobile Datendienste verfügbar gemacht werden. Die laufende Aktualisierung solcher Informationen ist eine weitere Anforderung, die mithilfe flexibler Verfahren zur Datenerfassung erfüllt werden können. Neue Trägersysteme wie z. B. unbemannte Luftfahrzeuge (Drohnen) und oder Laserscanner können zusammen mit satellitengestützter Navigation und mobiler IT wichtige Komponenten solcher Entwicklungen sein. Dennoch werden auch traditionelle Methoden der Datenerhebung in Form terrestrischer Stichprobeninventuren auf absehbare Zeit unverzichtbar sein. Die Herausforderung besteht in der sinnvollen Verbindung der Verfahren.

Die Biometrie als Aufgabengebiet hat sich in den vergangenen 60 Jahren bewährt und trägt wesentlich zu einer modernen angewandten forstlichen Forschung bei. Mit der von Walter Schöpfer geprägten „zielorientierten, auf den Forstbetrieb ausgerichteten Forschung mit nüchternem Praxisbezug und Gespür für das Machbare“ [8] wird sie auch künftig eine wichtige Rolle spielen, gerade vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung. Diese Entwicklung bedeutet neue Herausforderungen sowohl für die Informationsverarbeitung mit enormem Speicherbedarf und Anforderungen an die Rechnerleistung, aber auch an die statistischen Verfahren zur Analyse großer Datenmengen. Das Arbeitsgebiet bleibt mit Sicherheit spannend und faszinierend.

Ltd. FDir Dr. Gerald Kändler, gerald.kaendler@forst.bwl.de, leitet die Abteilung Biometrie und Informatik an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

