

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

German Journal of Forest Research

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|---|---|----|
| <i>EDITORIAL</i> | 2. und 3. Umschlagseite | |
| <i>AUFSATZE</i> | | |
| M. J. Schnetzler†, R. Lemm, P. Bonfils und O. Thees | Das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell zur Beschreibung der Wertschöpfungskette Holz (The Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Model to describe the value-added chain in forestry) | 1 |
| U. Klinck and D. Fröhlich | Application of the phytomass and elemental stock model "PhytoCalc" under clear-cut conditions (Anwendung des Phytomasse- und Elementvorratsmodells „PhytoCalc“ unter Kahlschlagbedingungen) | 15 |
| C. Hartebrodt, K. Herbohn und J. Herbohn | Mehrdimensionale Steuerungsverfahren – ein erfolgversprechender Ansatz für die Verwaltungs- und Unternehmenssteuerung im Forstsektor? Analyse einer Fallstudie mit Bezügen zu Ergebnissen in US-amerikanischen Behörden (Multidimensional Performance Measurement Systems – A Promising Approach for the Management of Enterprises and Administrations in the Forest Sector? – Results of a Case Study in Comparison with Findings in US-American Administrations) | 22 |
| R. Seidl, W. Rammer und M. J. Lexer | Schätzung von Bodenmerkmalen und Modellparametern für die Waldökosystemsimulation auf Basis einer Großrauminventur (Estimating soil properties and parameters for forest ecosystem simulation based on large scale forest inventories) | 35 |

180. JAHRGANG 2009 HEFT 1/2 JAN./FEB

J. D. SAUERLANDER'S VERLAG • FRANKFURT AM MAIN

EDITORIAL

Sehr verehrte Leserinnen und Leser,
sehr verehrte Autorinnen und Autoren,

in Ihrem Interesse war und ist die Allgemeine Forst- und Jagdzeitung seit jeher bemüht, ihr Profil den aktuellen Bedürfnissen anzupassen und ihre Dienstleistung zu verbessern.

Insoweit hat sich im Laufe der letzten zwei Jahre einiges geändert. Wir veröffentlichen nicht mehr ausschließlich deutschsprachige Beiträge, sondern auch englischsprachige Arbeiten. Dadurch ist es möglich geworden, zusätzlich interessante Forschungsergebnisse aus dem Ausland zu veröffentlichen und unseren Leserkreis zu erweitern. Die deutschsprachigen Autoren der AFJZ werden weltweit gelesen. Konsequenterweise wurde auch der Titel der Zeitschrift durch die englische Version „German Journal of Forest Research“ ergänzt.

Ein zusätzlicher Schritt der Anpassung an internationale Gepflogenheiten ist die Erweiterung und Verjüngung des Herausgebergremiums. Wir meinen, dass die Herausgeberschaft einer dynamischen Zeitschrift vor allem durch aktive Wissenschaftler gestaltet werden sollte. Dabei sollten die wichtigsten Fachgebiete der Waldforschung im Herausgebergremium vertreten sein. Die AFJZ hatte bisher mit KARL-REINHARD VOLZ aus Freiburg und KLAUS V. GADOW aus Göttingen zwei aktive Herausgeber. KLAUS V. GADOW engagiert sich seit seiner Pensionierung im Jahr 2006 für die Förderung junger Forstwissenschaftler im In- und Ausland. Die Nachfrage nach dieser ehrenamtlichen Aufgabe hat unerwartet stark zugenommen, sodass er sich nach der von ihm angeregten Verjüngung des Gremiums zufrieden von der aktiven Herausgebere Tätigkeit zurückziehen kann. Mitherausgeber und Verlag danken KLAUS V. GADOW für seine engagierte und wertvolle Arbeit für die AFJZ.

In zeitlichem Zusammenhang haben wir uns nun dafür entschieden, der AFJZ folgende neue Struktur zu geben. Herausgeber der Zeitschrift (Editor-in-chief) ist künftig KARL-REINHARD VOLZ, Freiburg; ihm stehen mehrere Mitherausgeber (Subject editors) zur Seite:

| |
|---|
| <i>Waldbau und Ökologie:</i> CHRISTIAN AMMER, Göttingen |
| <i>Ertragskunde und Forstinventur:</i> CHRISTOPH KLEINN, Göttingen |
| <i>Bodenkunde und Waldernährung:</i> ERNST HILDEBRAND, Freiburg |
| <i>Forstbiologie und Forstpflanzenzüchtung:</i> REINER FINKELDEY, Göttingen |
| <i>Forstökonomie und Forstplanung:</i> BERNHARD MÖHRING, Göttingen |
| <i>Forstzoologie und Forstschutz:</i> STEFAN SCHÜTZ, Göttingen |
| <i>Holzkunde und Forstbenutzung:</i> N. N. |
| <i>Forstgeschichte, Forstpolitik und Landespflege:</i> KARL-REINHARD VOLZ, Freiburg |

Das Redaktionsbüro (Editorial Office) bleibt wie bisher in den bewährten Händen von:

SABINE DEHN
Institut für Forst- und Umweltpolitik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
Tennenbacher Straße 4, D-79106 Freiburg
Tel. 0049-761-203-3713, Fax: 0049-761-203-3705,
Mail: sabine.dehn@ifp.uni-freiburg.de

An diese Adresse erbitten wir auch künftig alle zur Veröffentlichung eingereichten Manuskripte in elektronischer Form unter Beachtung der aktuellen Hinweise für die Autorinnen und Autoren der AFJZ.

Frankfurt im Februar 2009

STEPHANIE AULBACH

KARL-REINHARD VOLZ

KLAUS V. GADOW

Das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell zur Beschreibung der Wertschöpfungskette Holz

(Mit 13 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von M. J. SCHNETZLER^{†2)}, R. LEMM^{1)*}, P. BONFILS³⁾ und O. THEES¹⁾

(Angenommen Juni 2007)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Wertschöpfungskette Holz; Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell; Standardisierung; Geschäftsprozessmodellierung; Holzversorgung; Holzernte; Holzverkauf; Holztransport; forstliche Planung.

Wood supply chain; Supply Chain Operations Reference (SCOR) model; standardisation; business process modelling; wood supply; harvesting; wood delivery; forestal planning.

1. EINLEITUNG

Globalisierte Märkte und Ressourcenknappheit bewirken seit einiger Zeit einen verschärften Wettbewerb und einen tief greifenden Strukturwandel in der europäischen Forst- und Holzwirtschaft (vgl. z.B. SEPPÄLÄ, 2006). In der Holzwirtschaft vollziehen sich Konzentrationsprozesse und ein Ausbau von Kapazitäten in einem bisher nicht bekannten Ausmaß, um Skalen- und Verbundeffekte sowie Standortvorteile zu nutzen und die Position auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten zu stärken. Angesichts dieser Entwicklung und der Mittelknappheit der öffentlichen Haushalte wird in der Forstwirtschaft versucht, durch neue organisatorische Lösungen private und öffentliche Güter effizienter als bisher zu erzeugen. Dabei geht es z.B. darum, bei der für das wirtschaftliche Ergebnis besonders relevanten technischen Holzproduktion (sog. zweite Produktionsstufe: Vermarktung, Ernte und Transport des Waldholzes) anzusetzen und strukturelle Nachteile der kleinbetrieblichen Waldbewirtschaftung durch Kooperation im Produktionsnetzwerk Holz gepaart mit schlanken Abläufen zu überwinden und so die Kosten zu senken.

Zahlreiche Branchen haben einen vergleichbaren Strukturwandel hinter sich. In den letzten Jahren hat sich Supply Chain Management (SCM) als erfolgreicher Ansatz für das Management unternehmensübergreifender Logistikprozesse etabliert, denn Unternehmen versprechen sich davon effizientere Prozesse, höhere Kundenorientierung und niedrigere Kosten (SCHÖNSLEBEN, 2007). SCM ist die Koordination einer strategischen und langfristigen Zusammenarbeit von Partnern in der gesamten Wertschöpfungskette (Supply Chain) zur Entwicklung und Herstellung von Produkten (SCHÖNSLEBEN, 2007). Dadurch können Markterschließungs-, Kosteneinspar- und Investitionsreduzierungs-potenziale (Reduzierung von Beständen und Ware in Arbeit sowie von Investitionen in Infrastruktur) realisiert und schließlich die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden (SCHNETZLER et al., 2007).

Ein etabliertes Instrument des SCM ist das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell (SCC, 2006). Es dient zur Beschreibung und Standardisierung unternehmensübergreifender

Prozessketten und stellt somit einen ersten Schritt dar, Wertschöpfungsketten im Sinne des SCM effizienter zu gestalten. Im Produktionsnetzwerk Holz kamen solche Hilfsmittel bisher nicht zum Einsatz, obwohl Veränderungen der Strukturen und Prozesse in großem Umfang vollzogen werden und Standardisierungen sehr hilfreich sein können. Es ist zu erwarten, dass Standards wie SCOR geeignet sind, durch gemeinsame Sprache und Verständnis die inner- und vor allem auch die zwischenbetriebliche Kommunikation, Koordination und Kooperation auch in der Forstwirtschaft zu verbessern.

Im vorliegenden Beitrag wird SCOR auf Anwendbarkeit und Nutzen in der zweiten Produktionsstufe der Wertschöpfungskette Holz geprüft. Diese umfasst die Ernte des Holzes und die Belieferung des Kunden, liegt also auf der Schnittstelle zwischen Wald und Werk und bildet damit den logistischen Hauptprozess in der Forstwirtschaft. Zum Zwecke der Prüfung wird die Methode exemplarisch hinsichtlich Inhalt und Terminologie auf forstliche Verhältnisse übertragen und an konkreten Bereitstellungs- und Lieferprozessen von Waldholz angewendet. Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: Einführend wird SCOR als Methode in seinen Grundzügen dargestellt (Kapitel 2). Anschließend werden die standardisierten Prozesselemente in Beziehung zur Prozesskette von Holzversorgung, Holzernte, Holzverkauf und -transport gesetzt und in eine forstliche Terminologie übersetzt (Kapitel 3). Es folgen beispielhafte Anwendungen an praxisrelevanten forstlichen Organisationsstrukturen (Kapitel 4), welche abschließend in eine kritische Diskussion und Folgerungen münden (Kapitel 5 und 6).

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Strukturen und Prozesse des Referenzmodells

Das Supply Chain Council (SCC, 2006), eine amerikanische Nonprofit-Organisation von Unternehmen und Forschungsinstituten mit weltweit über 800 Mitgliedern aus den verschiedensten Branchen, hat sich zum Ziel gesetzt, die Effizienz der Wertschöpfungsketten ihrer Mitglieder zu verbessern. Zu diesem Zweck wurde 1997 die erste Version des SCOR-Modells entwickelt (STEPHENS, 2001). Das SCOR-Modell stellt ein Geschäftsprozessreferenzmodell dar, das einheitliche Beschreibungen von Prozessen, Kennzahlen und Best Practices (beste Methoden) beinhaltet und miteinander verknüpft (SCC, 2006). Als Referenzmodell liegt ihm eine Sollvorstellung von „idealisierten“ Prozessen zugrunde, die soweit verallgemeinert sind, dass sie für produzierende Unternehmen relativ einfach auf die spezifische Situation übertragen werden können. SCOR wird permanent weiterentwickelt und angepasst. Im Jahr 2006 wurde die Version 8 herausgegeben. Das primäre Ziel von SCOR ist eine gemeinsame Sprache zur einheitlichen Beschreibung von Aktivitäten im Zusammenhang mit der Wertschöpfungskette und somit ein gegenseitiges Verständnis der involvierten Partner. So ermöglicht SCOR den Unternehmen, ihre Prozesse entlang der Wertschöpfungskette vom Lieferanten bis zum Endkunden abzubilden und zu standardisieren (CROKE, 2005). Das SCOR-Modell wird vielfach in der Praxis angewandt und verschiedentlich diskutiert (siehe z.B. STEPHENS, 2001; HIEBER, 2002; HUAN et al., 2004; CROKE, 2005; STÖLZLE und HALSBAND, 2005; POLUHA, 2005).

¹⁾ Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungsprogramm Management einer zukunftsfähigen Waldbewirtschaftung; Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf.

²⁾ Zentrum für Unternehmenswissenschaften, ETH Zürich, Kreuzplatz 5, CH-8092 Zürich. Tel. Sekretariat +41(0)44 632 05 11. E-Mail von Prof. SCHÖNSLEBEN (Institutsleiter): pschoensleben@ethz.ch

³⁾ Bildungszentrum Wald Lyss, Postfach 252, CH-3250 Lyss.

^{*)} Korrespondierender Autor. E-Mail: renato.lemm@wsl.ch

SCOR umfasst alle Aktivitäten vom Lieferanten des Lieferanten zum Kunden des Kunden im Zusammenhang mit der Planung, Steuerung und Ausführung des Materialflusses und des damit verbundenen Informationsflusses von der Kundenanfrage bis zur bezahlten Rechnung (Abb. 1).

Die typischen Anwendungsbereiche von SCOR sind die Analyse (Ist-Aufnahme) und Verbesserung bzw. Modellierung und Konzept-

tion logistischer Geschäftsprozesse (Business Process Modelling), die Unterstützung der Erfassung und des Vergleichs betrieblicher Leistung mittels Kennzahlen (Benchmarking) und die Identifikation und Implementierung von Best Practices für Verbesserungen. SCOR hat sich hier weitgehend zum weltweit akzeptierten Standard für die Beschreibung von Prozessen in Wertschöpfungsketten produzierende Unternehmen durchsetzen können (STÖLZLE und HALSBAND, 2005).

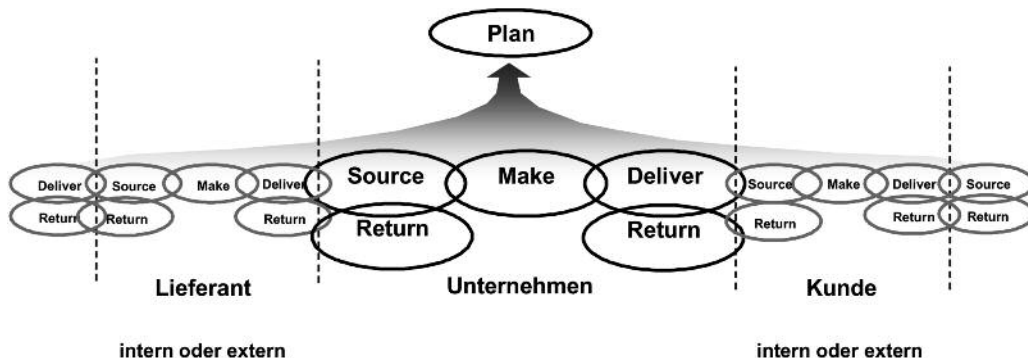


Abb. 1

Das SCOR-Modell beschreibt die Wertschöpfungskette vom Lieferanten des Lieferanten bis zum Kunden des Kunden (in Anlehnung an SCC, 2006).

SCOR-model describes the value-added chain from supplier's supplier to customer's customer (adapted from SCC, 2006).

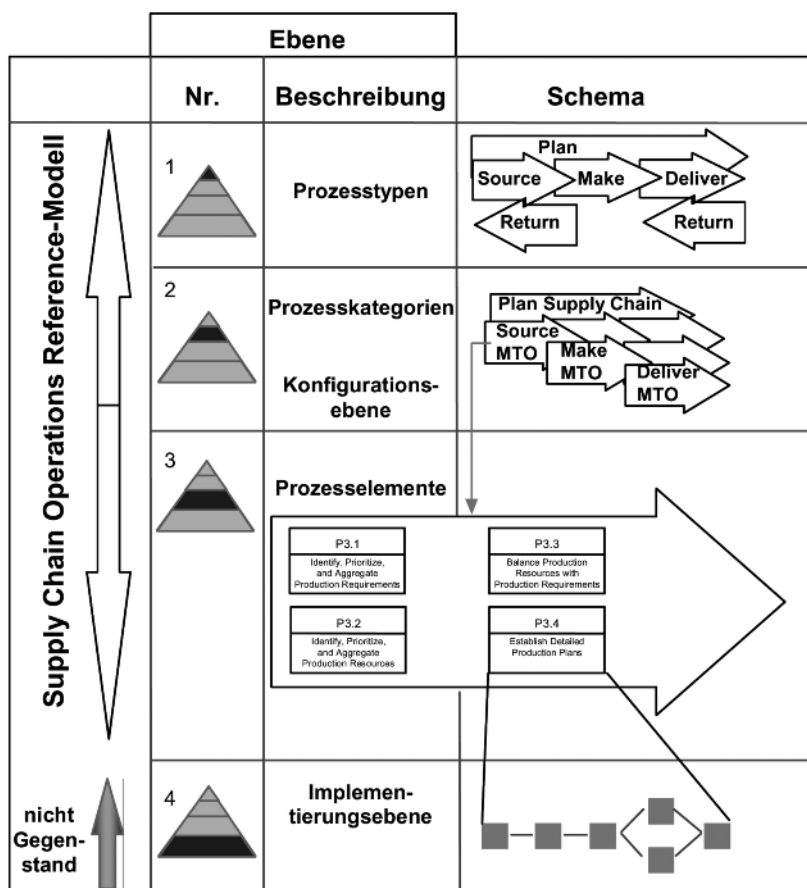


Abb. 2

Hierarchischer Aufbau von SCOR: drei Prozessebenen und eine Implementierungsebene (in Anlehnung an SCC, 2006).

Hierarchical architecture of SCOR: Three process levels and one implementation level (adapted from SCC, 2006).

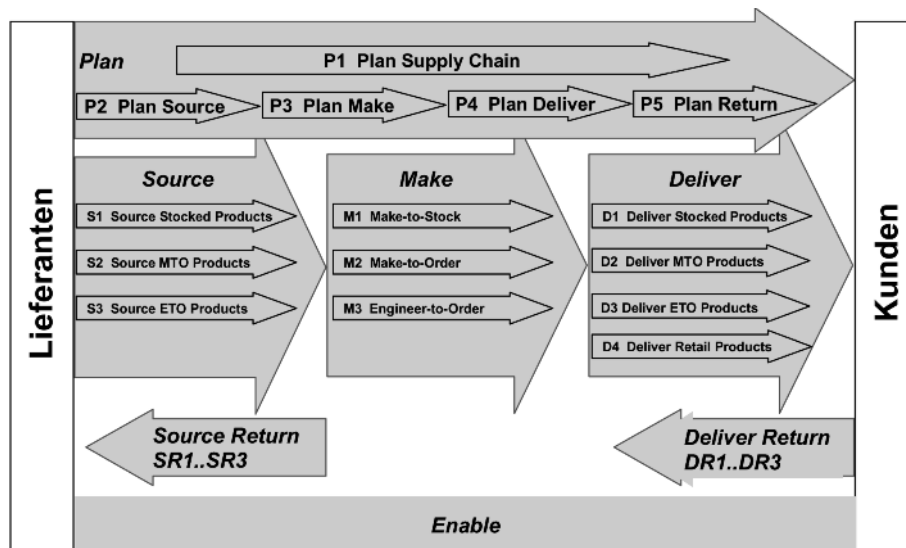


Abb. 3

SCOR-Modellstruktur auf der Ebene 2 (Prozesskategorien) – „Werkzeugkasten“
(in Anlehnung an SCC, 2006).

SCOR-model structure on level 2 (process categories) – toolkit (adapted from SCC, 2006).

SCOR unterscheidet fünf verschiedene Typen von Prozessen: Plan als Planungsprozess zum Abgleich von Nachfrage und Versorgung, Source umfasst alle Beschaffungsaktivitäten. Make beinhaltet Produktionsprozesse, während sich Deliver auf die Lieferung (Absatz und Vertrieb) sowie die Schnittstelle zu den Kunden bezieht. Return bildet die Rückführung von Gütern ab (d.h. fehlerhafte Güter sowie zu viel und falsch gelieferte Güter). In Wertschöpfungsketten werden beispielsweise die Plan-Prozesse der Partner aufeinander abgestimmt und die Deliver-Prozesse der Lieferanten mit den Source-Prozessen der Kunden verknüpft. Dabei unterstützen sog. Enable-Elemente wie Infrastruktur, Software und Informationstechnologie. Diese Prozesse sind auf vier Ebenen (Levels) in unterschiedlichem Grad detailliert, wobei die obersten drei durch SCOR unterstützt werden und die vierte Ebene unternehmensspezifisch ist (Abb. 2).

Auf der Ebene 3 werden diese weiter in einzelne Prozesselemente detailliert. Für jedes Prozesselement besteht im SCOR-Handbuch eine standardisierte, ausführliche Beschreibung des Inhalts (Process Element Definition), von leistungsbestimmenden Faktoren und Kennzahlen (Performance Attributes), möglichen Bestverfahren (Best Practices) sowie der Verknüpfung mit anderen Prozesselementen (Inputs, Outputs).

Die fünf angesprochenen Prozessstypen bilden die Ebene 1; sie sind auf der Ebene 2 in weitere Prozesskategorien konkretisiert, welche den Besonderheiten der Produktion auf Kundenauftrag (Make-to-Order, MTO), der Produktion auf Lager (Make-to-Stock, MTS) und der Entwicklung bzw. Konstruktion und Produktion nach Kundenspezifikation (Engineer-to-Order, ETO) gerecht werden (Abb. 3). Sie zeigt die Prozessstypen Plan, Source, Make, Deliver und Return (Ebene 1) und auf Ebene 2 die entsprechenden Prozesskategorien P1-P5, S1-S3, M1-M3, D1-D4 sowie die Returnprozesskategorien SR1-SR3 und DR1-DR3 (Rückführung von fehlerhaften, überzähligen oder falsch gelieferten Gütern im Source bzw. Make) und weiter die Enable-Elemente.

2.2 Anpassung des Referenzmodells auf die Wertschöpfungskette Holz

Das allgemein gültige SCOR-Modell (Version 8.0) wurde im Rahmen dieser Untersuchung auf die Holzproduktion und ihre

Wertschöpfungsstufen übertragen und angepasst. Die Anpassung beschränkt sich auf die zweite Produktionsstufe bzw. die sogenannte technische Holzproduktion (Abb. 4). Nachfolgend wird daher die Wertschöpfungskette Holz mittels SCOR vom stehenden Baum bis ins Werk abgebildet (Sägewerke, Papier-, Zellstoff- und Plattenwerke, Werke zur energetischen Holznutzung). Dabei handelt es sich um die „Strecke“, auf der die Analyse und Verbesserung logistischer Geschäftsprozesse der Forstwirtschaft in der Hauptsache von Interesse sind und real stattfinden. Von der Anpassung ausgenommen wurden die vor- und nachgelagerten Produktionsstufen. Für die vorgelagerte biologische Produktion liegt die Begründung vor allem in ihrer langfristigen Orientierung, welche grosse zeitliche Unterbrüche in der logistischen Kette bewirken. Davon abgesehen lässt sich SCOR durchaus auf die Prozesse von Bestandesbegründungen und Pflegemassnahmen übertragen. Für die nachgelagerte dritte Produktionsstufe, die sogenannte Be- und Verarbeitung, kann nach unserer ersten Einschätzung Standard-SCOR angewendet werden, weshalb eine spezielle Anpassung im Moment obsolet erscheint.

Im Zuge der Übertragung werden die standardisierten SCOR-Prozessdefinitionen der Ebene 3 – so weit sie in einer forstlichen Umgebung Sinn machen – übernommen und an die branchentypischen Gegebenheiten inhaltlich und terminologisch angepasst. So wird auf die Darstellung der Prozesskategorie Return (Rücknahme) verzichtet, da diese in der Regel in der Forstbranche keine große Bedeutung hat. Beispielsweise könnte beim Direktexport die Übernahme durch Kunden verweigert werden, womit ein Deliver Return nötig würde. Keine Bedeutung hat die Prozesskategorie Engineer-to-Order. Berücksichtigt wird dagegen die Unterscheidung von Make-to-Order- bzw. Make-to-Stock-Prozessen, vor allem vor dem Hintergrund des aktuellen Übergangs von einem Käufer- zu einem Verkäufermarkt in der europäischen Forst- und Holzwirtschaft.

Die inhaltliche und terminologische Anpassung des allgemeingültigen SCOR-Modells geschah aufgrund verschiedener Besonderheiten bei der Produktion des nachwachsenden Rohstoffes Holz wie Standortgebundenheit, Einheit von Produktionsmittel und Produkt, Kuppelproduktion, lange Produktionszeiträume etc. (vgl. z.B. SPEIDEL, 1967) und bildet den ersten Schritt, um SCOR in der Forstwirtschaft anwenden und seinen Nutzen feststellen zu können.

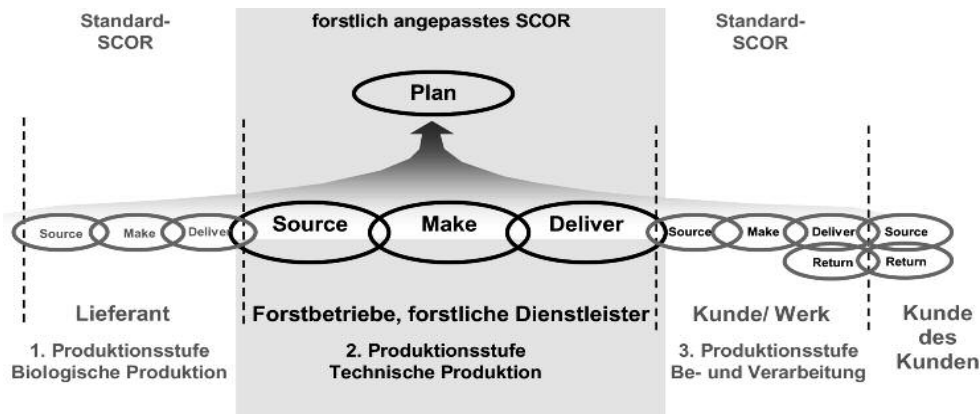


Abb. 4

Abgrenzung der Untersuchung:

Anpassung von SCOR an die zweite Produktionsstufe der Wertschöpfungskette Holz (in Anlehnung an SCC, 2006; forstliche Dienstleister sind Forstunternehmer, Holztransporteure, Koordinationsstellen).

Definition of the study:

Adaption of SCOR to the second level of the value-added chain in forestry
(= timber harvesting and transport; adapted from SCC, 2006).

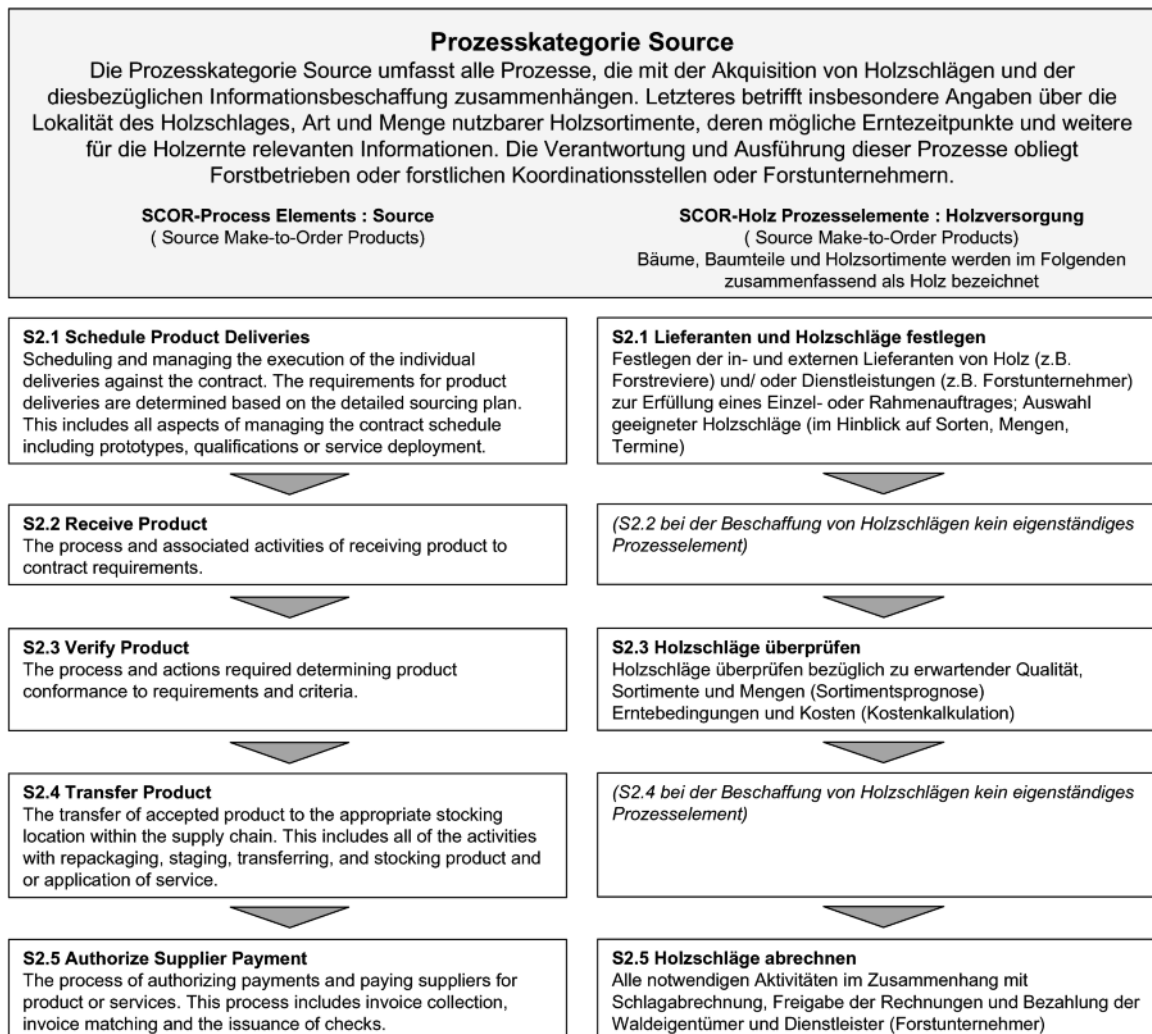


Abb. 5

Forstliche Anpassung der Prozesskategorie Source (Source Make-to-Order Products) und der zugehörigen Prozesselemente auf Ebene 3.

Forestral adaption of the process categorie Source (Source Make-to-Order Products) and of the related process elements on level 3.

Die Übertragung von SCOR auf die Holzproduktion ist so allgemein gehalten, dass sie – im Sinne eines Branchenmodells – auch über die Schweiz hinaus anwendbar sein sollte.

3. ERGEBNISSE

3.1 Source (Beschaffung – Holzversorgung aus Sicht der Ernte)

Der Source-Prozess wird im SCOR als Beschaffung, Eingang und Transfer von Rohmaterialien, Halbfabrikaten, Produkten oder Dienstleistungen beschrieben. Diese Definition ist vor allem auf Unternehmen im sekundären Wirtschaftssektor zugeschnitten. Die Beschreibung der Source-Prozesselemente in der Forstbranche muss die besonderen Verhältnisse in der Primärproduktion nach-

wachsender Rohstoffe beachten. Im Gegensatz etwa zu Kohle oder Erzen, die in ihrer Art, Menge und Qualität nicht beeinflussbar sind, wird der Rohstoff Holz – mit Ausnahme der Nutzung von Naturwäldern – in erheblichem Masse durch die waldbauliche Behandlung der Bestände beeinflusst.

Im hier beschriebenen Source-Prozess der zweiten Produktionsstufe werden die Leistungen der ersten Produktionsstufe (der biologischen Produktion) im Sinne von Lieferantenleistungen eingekauft. Source bezieht sich damit auf die Beschaffung von Holzschlägen im Hinblick auf die Gewinnung von bestimmten Holzsortimenten. Holzschläge ergeben sich im Zuge von Durchforstungen oder Endnutzungen von Waldbeständen. Die prinzipiell

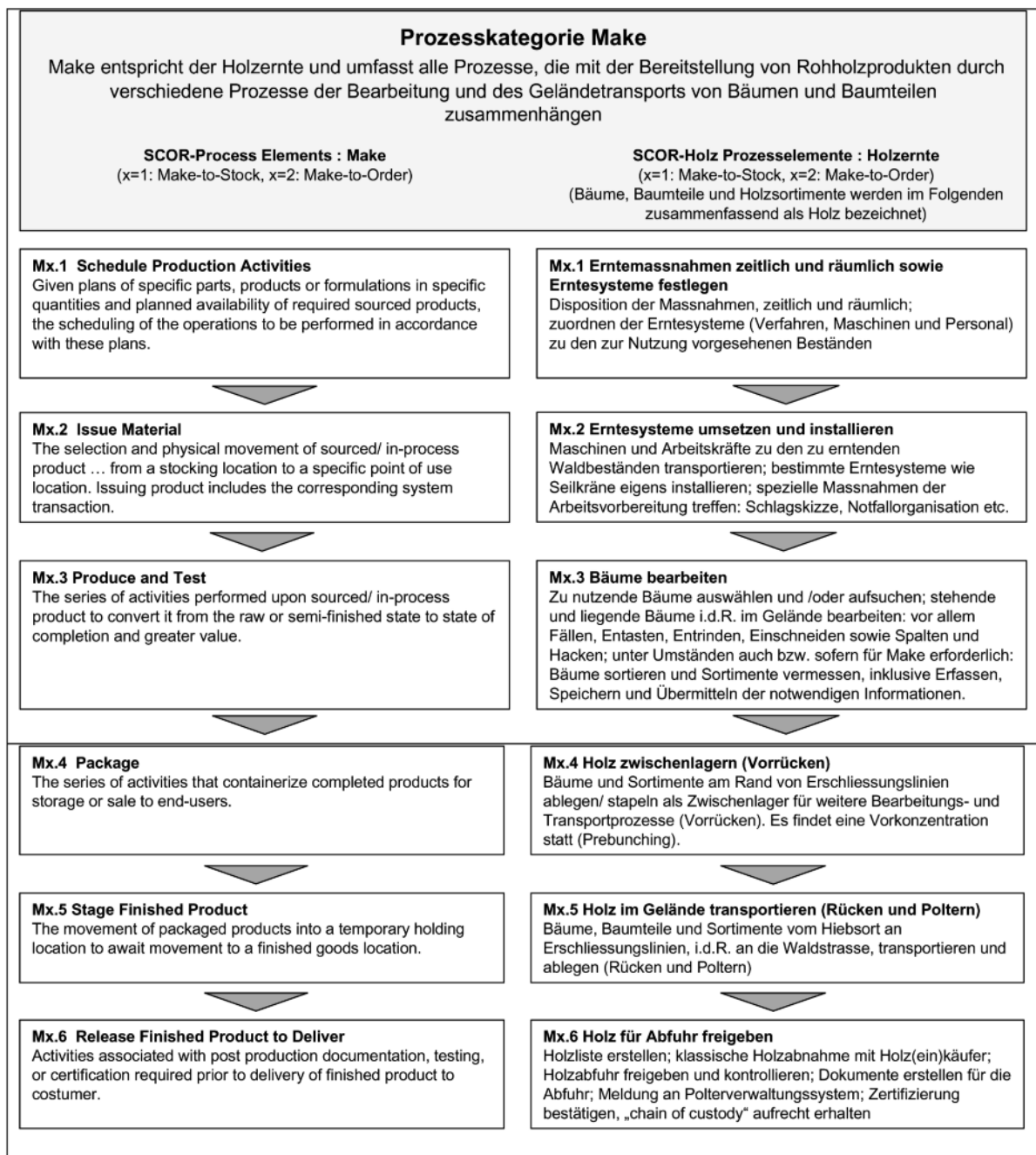


Abb. 6

Forstliche Anpassung der Prozesskategorie Make (Make-to-Order, Make-to-Stock) und der zugehörigen Prozesselemente auf Ebene 3.

Forestral adaption of the process category Make (Make-To-Order, Make-to-Stock) and of the related process elements on level 3.

möglichen Holzsortimente sind durch die Baumartenzusammensetzung, die Baumdimensionen und die Qualität der Bestände gegeben. Die Produkte, die unter Source bezogen werden, sind zur Ernte freigegebene Holzschläge (Bäume im stehenden Zustand) und zugehörige Informationen. Bis zur Holzernte, dem eigentlichen Make-Prozess, verbleiben die Bäume – der Natur der Sache entsprechend – im Wald, so dass auf Stufe Source vorerst die Informationen über die zu beziehenden Produkte (Bäume und Holzsortimente) und über den Standort im Wald (z.B. Erschließung und Zugänglichkeit) sowie über die zeitlichen Vorgaben für die Nutzung eine wichtige Rolle spielen. Ein Transport der Ware zu einem Produktionsstandort – wie in den meisten Branchen üblich – findet nicht statt, so dass die Beschreibung des Source-Prozesses vergleichsweise einfach ausfällt.

Beim Source-Prozess bietet SCOR hier die Prozesskategorien Source-Stocked-Product S1 und Source Make-to-Order S2 (gemäß Abb. 3) an. Bezüglich der Prozesselementdefinitionen unterscheiden sich beide Varianten kaum; in Abb. 5 ist die Variante Source-Make-to-Order (S2.1–S2.5) dargestellt. Dabei ist hier wie in den folgenden Abbildungen in der linken Spalte der Originaltext (Standard-SCOR nach SCC, 2006) und in der rechten die forstliche Anpassung wiedergegeben.

3.2 Make (Produktion – Holzernte)

Im Zentrum jedes Wertschöpfungsprozesses steht die Produktion und damit gemäß SCOR-Notation der Prozessstyp Make. SCOR

umschreibt Make als Schaffung eines Produktemehrwertes durch verschiedene Prozesse des Formens, Trennens, Bearbeitens etc. In SCOR übersetzt entspricht diese Darstellung dem Prozess der Holzernte, welcher Bearbeitungs- und Geländetransportprozesse beinhaltet (Abb. 6). Bearbeitungsprozesse sind Fällen, Entasten, Entrinden und Einschneiden sowie Hacken und Spalten von Bäumen bzw. Stämmen. Beim Geländetransport (Rücken) wird das zu nutzende Holz vom Fällort des Baumes an die Waldstrasse oder zu einem anderen geeigneten Ort im Wald transportiert. Hier erfolgt in der Regel eine Lagerung des Holzes bis zum Abtransport aus dem Wald. Der Prozess der Lagerbildung wird als Poltern bezeichnet. Die Verantwortung und Ausführung der Prozesse obliegt Forstbetrieben oder Forstunternehmern. Das Prozesselement „Erntemaßnahmen zeitlich und räumlich sowie Erntesysteme festlegen“ (M1.1 oder M2.1) und das Prozesselement „Holz für Abfuhr freigeben“ (M1.6 oder M2.6) können auch von forstlichen Koordinationsstellen wahrgenommen werden (vgl. Abs. 4.2.4). Auch beim Make-Prozess unterscheidet SCOR zwischen Make-to-Stock (M1.1–1.6) und Make-to-Order (M2.1–2.6). Die Beschreibungen der Prozesselemente sind hier allerdings für beide Varianten gleich; Unterschiede bestehen lediglich bei den hier nicht dargestellten Performance Attributes, den Best Practices, den Inputs und Outputs.

3.3 Deliver (Lieferung – Holzverkauf und Holztransport)

Die Deliver-Prozesskategorie kann aus SCOR übernommen werden (Abb. 7a und 7b). Man muss sich bewusst sein, dass der Deli-

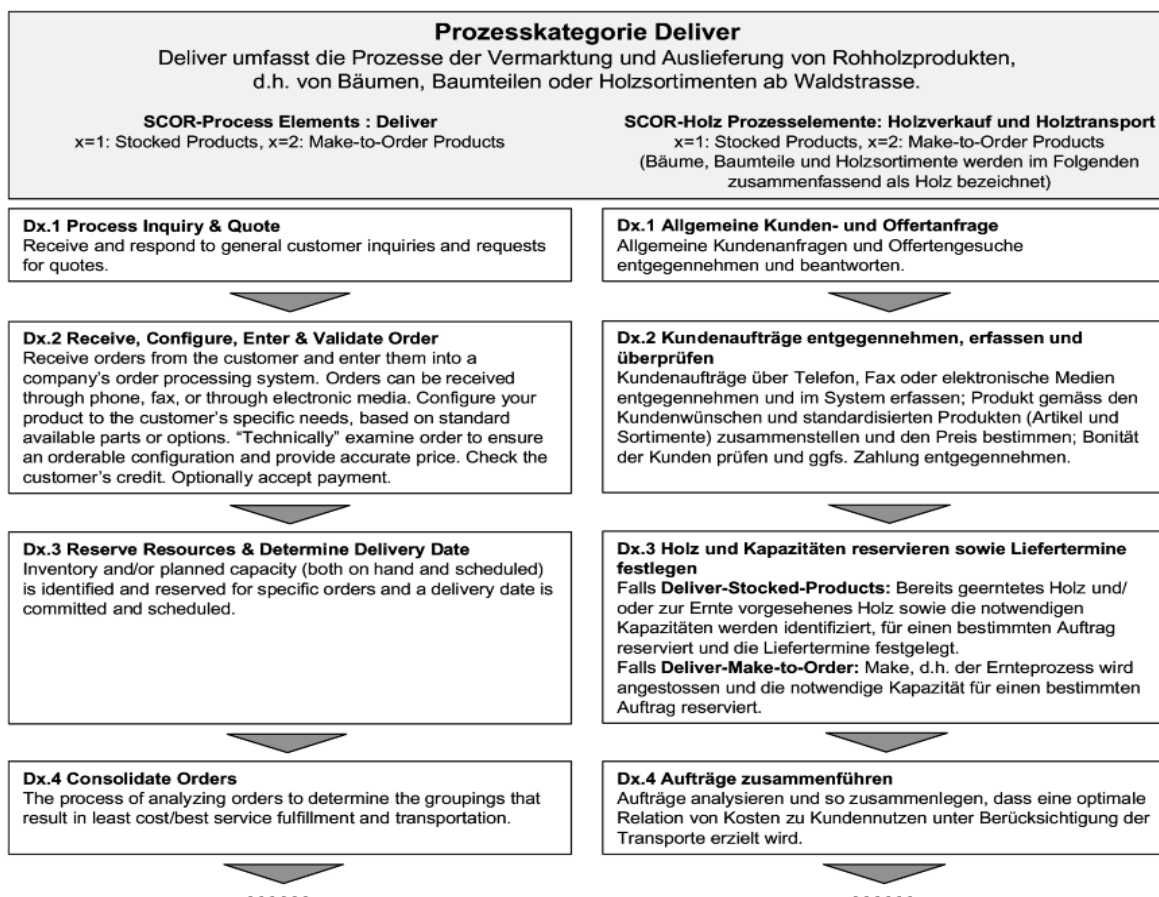


Abb. 7a

Forstliche Anpassung der Prozesskategorie Deliver (Stocked Products, Make-to-Order Products) und der zugehörigen Prozesselemente auf Ebene 3 (Bearbeitung Kundenanfragen und Auftragsbildung).

Forestal adaption of the process category Deliver (Stocked Products, Make-to-Order Products) and of the related process elements on level 3 (order taking and processing, excluding transports).

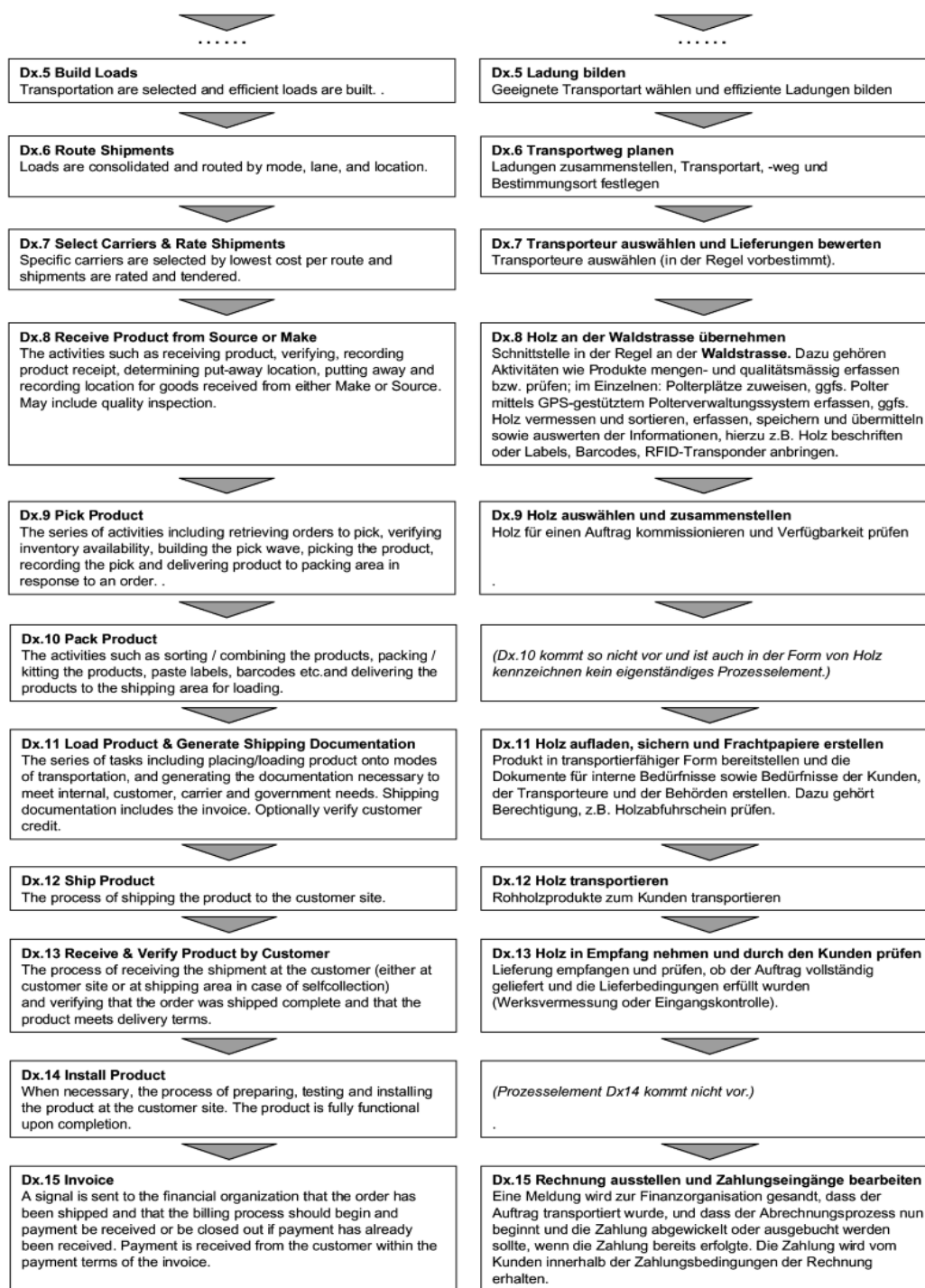


Abb. 7b

Forstliche Anpassung der Prozesskategorie Deliver (Stocked Products, Make-to-Order Products) und der zugehörigen Prozesselemente auf Ebene 3 (Transportvorbereitung, Transportdurchführung, Rechnungsstellung).

Forestal adaption of the process category Deliver (Stocked Products, Make-to-Order Products) and of the related process elements on level 3 (preparation and execution of transports, invoicing).

ver-Prozess nicht nur den Liefer- bzw. Transportprozess beinhaltet, sondern auch den Prozess der Bestellung und Kundenauftragsabwicklung. Die Untergliederung der Prozesskategorie in einzelne Prozesselemente erfolgt im SCOR-Modell sehr detailliert, was vor allem auf die Ansprüche aus dem Stückgutverkehr zurückzuführen ist. SCOR unterscheidet zwischen Deliver Stocked-Product (D1.1–D1.15) und Deliver Make-to-Order-Product (D2.1–D2.15). Die

Beschreibungen der Prozesselemente sind hier allerdings für beide Varianten identisch und nur bei den hier nicht dargestellten Performance Attributes, den Best Practices, den Inputs und Outputs unterschiedlich.

Die zahlreichen Deliver-Prozesselemente sind sehr detailliert. Sie lassen sich aus Gründen der Übersicht z.B. zu folgenden Gruppen zusammenfassen:

- Bearbeitung Kundenanfragen Dx.1 bis Dx.2
- Auftragsbildung Dx.3 bis Dx.4
- Transportvorbereitung Dx.5 bis Dx.7
- Transportdurchführung Dx.8 bis Dx.13
- Rechnungsstellung Dx.15

und als Plan Deliver für den Vertrieb, zum andern als übergeordneter Planungsprozess über alle diese drei Bereiche und über die Unternehmensgrenzen hinweg. Dieser übergeordnete Planungsprozess trägt gewissermaßen als „Plan Supply Chain“ den Planungsbedürfnissen der ganzen Wertschöpfungskette Rechnung. In Abb. 8 werden die Planungsprozesse der Ebene 2 auf die zweite Stufe der Holzproduktion übertragen.

3.4 Plan (Planung)

Der Prozesstyp Plan wird in SCOR abgebildet zum einen als Plan Source für die Beschaffung, als Plan Make für die Produktion

Die Grundidee bei jeder Prozesskategorie P1 bis P4 ist jeweils die folgende: Angebot und Nachfrage ins Gleichgewicht bringen und einen Plan für einen bestimmten Zeitraum mit Termin-, Orts-

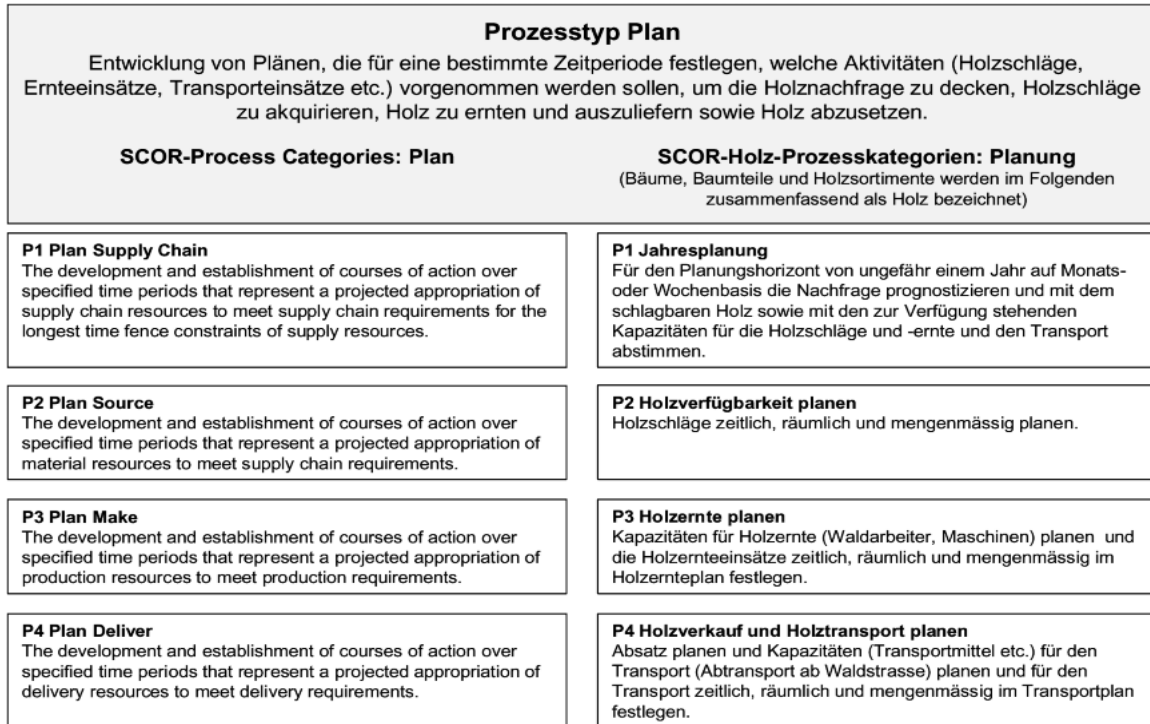


Abb. 8

Forstliche Anpassung des Prozesstyps Plan (Ebene 1) und der zugehörigen Prozesskategorien (Ebene 2).

Forestral adaption of the process type Plan (level 1) and of the related process categories (level 2).



Abb. 9

Forstliche Anpassung der Prozesskategorien Plan (Ebene 2) und der zugehörigen Prozesselemente (Ebene 3).

Forestral adaption of the process categories Plan (level 2) and of the related process elements (level 3).

und Mengenangaben entwickeln. Das Angebot resultiert aus dem schlagbaren Holz und den zur Verfügung stehenden Kapazitäten; die Nachfrage kommt von der Abnehmerseite als Aufträge. Bei der Planung müssen jeweils die anderen Pläne mitberücksichtigt werden. Beispielsweise muss die Holzversorgungsplanung mit den Plänen für Ernte- und Transporteinsätze abgestimmt werden, damit dann die Holzschläge festgelegt sind, wenn die entsprechenden Ernteinsätze geplant sind, und das Holz später zum Abtransport bereit steht. Allenfalls müssen die Pläne angepasst werden, wenn z.B. keine Maschinen verfügbar sind oder sich Termine ändern. Auf Ebene 3 erfolgt der Ablauf der Planung P1 bis P4 nach dem gleichen Schema (Abb. 9).

3.5 Enable

Die sog. Enable-Elemente unterstützen die Plan-, Source-, Make-, und Deliver-Prozesse. Sie umfassen im SCOR-Modell u.a. Regeln und Richtlinien, Leistungsmessung und -verbesserung, Informationsmanagement, Lagermanagement, Infrastruktur und Maschinen, Transportmanagement, gesetzliche Bestimmungen, Lieferantenmanagement sowie Import/Export. Für die Anwendung in der zweiten Produktionsstufe Holz wurden in einer ersten Betrachtung folgende Enable-Elemente identifiziert und den entsprechenden Prozessen zugeordnet (Tab. 1).

Diese Enable-Elemente können wesentlich dazu beitragen, die Effizienz der Prozesse zu verbessern und die Transaktionskosten zu verringern. Deshalb wären hier weiterführende Untersuchungen lohnend.

4. ANWENDUNG

4.1 Allgemeines zur Anwendung

SCOR bietet eine Grundlage, um über die Wertschöpfungskette Holz zu sprechen und damit zu arbeiten. Durch die Anwendung des SCOR-Modells können die darzustellenden organisatorisch-logisti-

schen Zusammenhänge in einer gemeinsamen Terminologie und in einer durchgängigen Struktur dargestellt und von den Beteiligten verstanden werden. Dies ermöglicht, unterschiedliche Sichtweisen und Akteure aus der Wertschöpfungskette Holz zu integrieren (Holzproduzenten, forstliche Dienstleister, Vertreter der Holzindustrie, IT-Spezialisten etc.). Dies verhindert beispielsweise eine zu einseitig an der Informationstechnologie orientierte Optimierung der Holzkette.

Neben diesen qualitativen Verbesserungen der Kommunikation konnten durch den Einsatz von SCOR aber auch beachtliche quantitative Verbesserungen der Lieferkettenleistungen festgestellt werden (POLUHA, 2005). In der Industrie wurde das SCOR-Modell von namhaften Unternehmen wie INTEL, SAP, BASF zur Analyse und Verbesserung von Geschäftsprozessen (z.B. Best Practices) eingesetzt oder um das Leistungsvermögen der Lieferkette gegenüber den Konkurrenten zu vergleichen.

POLUHA (2005) sieht folgende Hauptanwendungsmöglichkeiten von SCOR:

- Dokumentation der Lieferkette und von Maßnahmen zur Verbesserung
- Analyse und Optimierung der Lieferkette
- Identifikation von kurzfristigen Verbesserungen
- Sicherstellung der Unterstützung der Geschäftsbereiche und der Leitung und Identifikation der Verantwortlichen für langfristige Verbesserungen.
- Methode für einen SCOR-basierten Leistungsvergleich
- Grundlage für die Weiterentwicklung zu einer SCOR-basierten Lieferkettensimulation

Es muss aber betont werden, dass das SCOR-Modell nur drei Ebenen umfasst, um die Lieferketten zu beschreiben (Abb. 2). Auf Ebene 1 der Prozesstypen und auf Ebene 2 der Prozesskategorien lassen sich organisatorische Strukturen grob abbilden, z.B. über-

Tab. 1

Forstliche Beispiele für Enable-Elemente.
Forestral examples of Enable elements.

| Enable Elemente | Plan | Source | Make | Deliver | Beispiele |
|---|------|--------|------|---------|--|
| Regeln und Richtlinien (Entscheidungsunterstützung) | x | x | x | x | Ertragstabellen, Wachstumsmodelle, Simulationen, Sortiervorschriften, Usancen, Normen |
| Leistungsmessung und -verbesserung | x | x | x | x | Holzernte-Produktivitätsmodelle, Kennzahlen (Produktivität, Auslastung, Kosten etc.), Benchmarking |
| Informationsmanagement | x | x | x | x | forstliche Informationssysteme, geografische Informationssysteme |
| Lagermanagement (Inventur, Lager, Bestände) | x | x | x | x | Bestandskartierung, Kontroll-Stichprobeninventur, Pollerverwaltung, Sortimentsprognose, Kostenkalkulation |
| Infrastruktur | x | x | x | x | Erschließung, Unterhalt und Reparatur von Maschinen, Anlagen, Gebäuden |
| Transportmanagement | x | | x | x | Befahrbarkeitsmodelle, Routing |
| Konfiguration der Planung | x | | | | Grundlagen zur Konfiguration des Produktionsnetzwerkes (integriertes forstliches Informationssystem); Artikelstämme, Sortierungsmodell, Arbeitsabläufe |
| gesetzliche Bestimmungen | x | x | x | x | Auflagen bezüglich Arbeitssicherheit, Boden-, Pflanzen- und Gewässerschutz, Schutzzonen |
| langfristige Abstimmung der Planung | x | | | | Betriebsplan (nachhaltiger Hiebsatz), Altersklassenmodell, Abstimmung mit der Jahresplanung |
| Verwaltung freigegebener Holzschläge | | x | | | Informationen zur Schlagidentifikation (Karten der zu bearbeitenden Waldbestände mit zusätzlichen Informationen) |
| Lieferantenmanagement | | x | | | Verwaltung der Waldeigentümeradressen und Parzellen |
| Import, Export | | | | x | Zollformalitäten für den Holzimport/-export |
| Lieferantenverträge | | x | | | Verwaltung von Vereinbarungen mit Waldeigentümern (Rahmenverträge, Lieferbedingungen), Musterverträge |
| Holzerntenetzwerk | | | x | | Koordination verschiedener Holzernteeinheiten (z.B. Fäller, Rücker) |
| Absatzkanäle | | | | x | Identifikation und Verwaltung der Absatzkanäle für Energie-, Industrie- und Sägeholz |

betriebliche Organisationsmodelle. Auf der Ebene 3 der Prozesselemente können differenziertere Abläufe und Schnittstellen im Detail dargestellt werden. Es ist nicht vorgesehen, diese drei um zusätzliche Ebenen zu erweitern, welche standardisiert beschreiben, wie die unternehmensspezifischen Geschäftsprozesse konkret umgesetzt oder durch Informationsflüsse und IT-Systeme unterstützt werden. Zu diesem Zweck bietet z.B. SPECKER (2005) Lösungen an wie Flussdiagramme oder stellenorientierte Ablaufdiagramme. Das bedeutet, dass bei Anwendungen, welche z.B. Informationstechnologie abbilden, das SCOR-Modell um eine weitere individuelle Ebene (Implementierungsebene) zu ergänzen ist. Ebenfalls sind technologische Differenzierungen des forstlichen Make-Prozesse (z.B. mechanisierte Aufarbeitung mittels Harvester, Forwardern oder Kippmastgeräten) Gegenstand der Ebene 4. Umfangreiche Analysen von POLUHA (2005) kamen zum Schluss, dass SCOR in der jetzigen Form in erster Linie ein Beschreibungsmodell und kein Gestaltungsmodell ist.

4.2 Anwendungsbeispiele Organisationsmodellierung

Mit den folgenden Beispielen wollen wir anhand einiger Grundformen von Organisations- bzw. Geschäftsmodellen der zweiten Produktionsstufe zeigen, wie gut sich diese mittels SCOR auf der Ebene 2 darstellen lassen. Anhand dieser Anwendungen soll die forstliche Einsetzbarkeit von SCOR überprüft werden.

4.2.1 Vollintegrierter Forstbetrieb

Der vollintegrierte Forstbetrieb ist der Normalfall in der Schweiz. Dieser konventionelle Forstbetrieb zeichnet sich dadurch aus, dass er den größten Teil der Tätigkeiten in der zweiten Produktionsstufe selber durchführt (große Fertigungstiefe). Abb. 10 stellt einen solchen Betrieb auf SCOR Ebene 1 dar. Zusätzlich wird deut-

lich gemacht, dass das Make nicht nur in Eigenregie, sondern teilweise auch von Forstunternehmern ausgeführt wird.

Außerdem werden beim Deliver die Planprozesse und die Ausführungsprozesse segmentiert. Hierbei werden jeweils die Vermarktung und die Auslieferung ins Werk unterschieden und diese Segmentierung in zwei Gruppen durch die Indices a und b dargestellt. D_a umfasst die Prozesselemente $Dx.1$ bis $Dx.11$. und $Dx.15$ (Kundenanfrage, Auftragsbildung, Rechnungsstellung), und D_b , die Prozesse $Dx.12$ und $Dx.13$ (Transportvorbereitung und -durchführung). Entsprechend wird die Planung des Deliver im Sinne der Vermarktung als $P4_a$ und die der Auslieferung, des Transports als $P4_b$ bezeichnet. $P4_a$ geschieht in der Regel durch den Forstbetrieb, $P4_b$ meistens durch einen Transportdienstleister. Die Prozesse im Werk sind mit einem S indiziert, was darauf hinweisen soll, dass diese nach Standard-SCOR ablaufen (linke Spalte der Abb. 5 bis 8). Die parallele Darstellung der Prozesskategorien im Werk soll symbolisieren, dass das Holz an verschiedene Werke bzw. in verschiedene Verwendungen geht (Sägewerk, Zellstoffwerk, Plattenwerk etc.).

4.2.2 Verkauf auf dem Stock

Der Verkauf auf dem Stock gewinnt zunehmend an Bedeutung; sein Anteil liegt nach Einschätzung der Autoren zur Zeit bei etwa 15% des gesamten Einschlagvolumens in der Schweiz. Beim Forstbetrieb erfolgt lediglich das Source, also die Festlegung derjenigen Holzschläge, welche auf dem Stock verkauft werden sollen, und der eigentliche Vermarktungsteil des Deliver D_a sowie die zugehörigen und übergeordneten Planungsprozesse P2, P4 und P1 (Abb. 11). Ein Make (Ernte des Holzes) und ein entsprechendes P3 finden nicht durch den Forstbetrieb statt, sondern durch das Werk (Rückwärtsintegration durch das Werk bzw. Reduzierung der Wert-

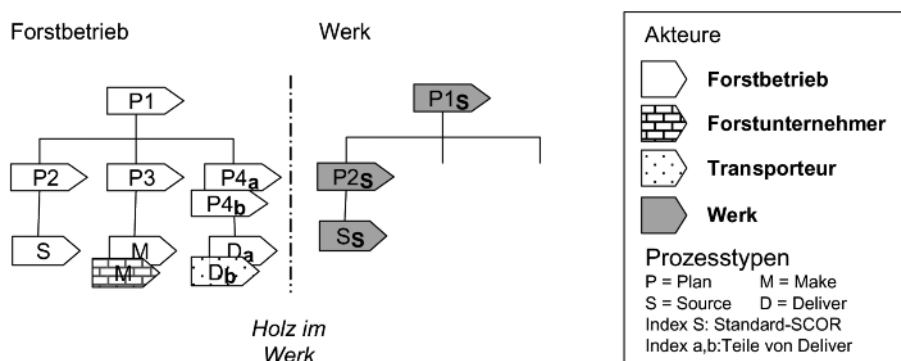


Abb. 10

Vollintegrierter Forstbetrieb (typisches Beispiel für die Schweiz).

Typical Swiss forest enterprise with a high vertical range of manufacture.

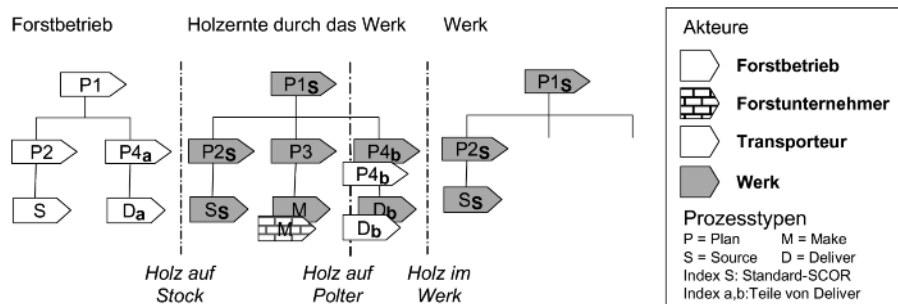


Abb. 11

Verkauf auf dem Stock an ein Werk.

Selling standing timber to a mill.

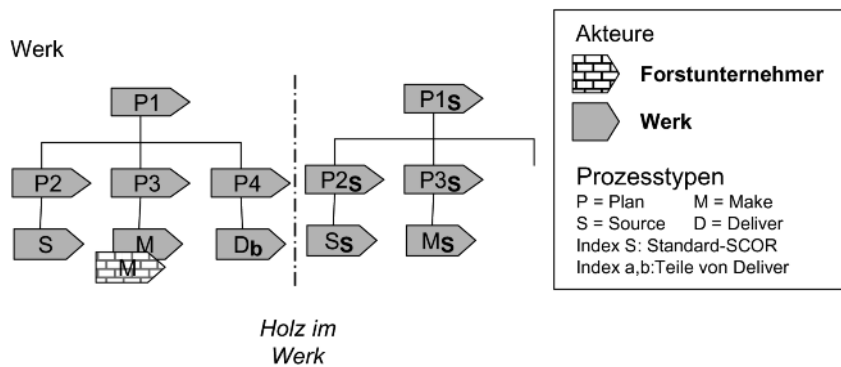


Abb. 12

Waldverpachtung an ein Werk.

Lease of forests to a mill.

schöpfungstiefe des Forstbetriebs). Es ist deshalb eine Schnittstelle zwischen Forstbetrieb und Werk notwendig: Verkauf von Holz auf Stock durch den Forstbetrieb (Deliver D_a) und auf der Seite des Werkes die Beschaffung von Holz auf Stock (Source S_s). Dabei steht der Index S für die Anwendung des Standard-SCOR in der Weiterverarbeitung. Es handelt sich zwar hier bei Source S_s auch um die Beschaffung von Holzschlägen, jedoch aus der Sicht des Werkes, welche nicht nach dem hier forstlich angepassten SCOR abläuft (Abb. 5, rechte Spalte), sondern nach dem Source des Standard-SCOR (Abb. 5, linke Spalte). Die Ernte des Holzes (Make M) wird durch das Werk selbst oder durch einen von ihm beauftragten Forstunternehmer durchgeführt (Pfeil M schraffiert). Mittels des angepassten SCOR lässt sich auch darstellen, dass die mit dem eigentlichen Transport ins Werk zusammenhängenden Prozesselemente von Deliver teilweise vom Werk selbst und teilweise von Transporteuren organisiert und durchgeführt wird (Deliver D_b).

4.2.3 Verpachtung

Verpachtungen von Wald spielen in der Schweiz keine große Rolle; öffentlicher Wald kann nur an andere öffentliche Eigentümer verpachtet werden. Beim hier betrachteten Verpachtungsmodell wird der Wald an ein weiterverarbeitendes Werk, z.B. ein Grosssägewerk, verpachtet (Abb. 12). Das Werk besorgt Planung und Ausführung der gesamten ersten und zweiten Produktionsstufe; im Folgenden wird hier nur die zweite Produktionsstufe dargestellt (vgl. Kapitel 2). Für die Holzernte wird in der Regel ein Unternehmer zum Einsatz kommen (Pfeil M schraffiert). Der Teil D_a vom Deliver fällt weg, da eine Vermarktung nicht stattfindet (höchstens eine interne Verrechnung, Prozesselement $D_x.15$). Der Transport wird mit einem eigenen Fahrzeugpark ausgeführt; es wäre auch ein Transportdienstleister möglich. Es ist durchaus möglich, dass P1 und $P1_s$ im Sinne einer umfassenden Planung zusammengefasst werden.

Hier zeigt sich die erste Schwierigkeit. SCOR fokussiert auf die auszuführende Aktivitäten und nicht auf die Personen oder organisatorischen Elemente, welche diese Aktivität ausführen. Der Versuch organisatorische Elemente den Prozesskategorien auf Ebene 2 zuzuordnen gestaltet sich schwierig, da mehrere Organisationseinheiten dafür verantwortlich sein können. Auf Ebene 3 werden die Aktivitäten der Prozesselemente beschrieben. Dadurch ist eine Zuordnung von Organisationseinheiten zu den Aktivitäten möglich. Voraussetzung ist, dass man das Modell auf Ebene 2 kennt und gestützt darauf, die Aktivitäten gemäß Standard-SCOR beschreibt.

4.2.4 Forstliche Koordinationsstelle

In Abb. 13 ist eine virtuelle Organisation in Form einer forstlichen Koordinationsstelle abgebildet, wie sie zur Zeit zum Zwecke

des gemeinsamen Holzverkaufs im kleinstrukturierten Waldbesitz in der Schweiz waldbesitzseitig entwickelt und betrieben werden (z.B. AAREHOLZ AG, ZürichHolz AG, Holzzentrale Nordwestschweiz AG). Die Koordinationsstellen organisieren den Holzverkauf für eine Vielzahl von Forstbetrieben bzw. Forstrevieren. Bei diesen handelt es sich in der Regel um konventionelle Forstbetriebe mit einer großen Fertigungstiefe, welche sich allerdings bezüglich der Intensität von Unternehmereinsatz und Verkauf auf dem Stock unterscheiden können.

Abb. 13 zeigt, welche Prozesskategorien Koordinationsstellen in den Organisationsmodellen „integrierter Forstbetrieb“ und „Verkauf ab Stock“ aktuell übernehmen. Dabei wird sehr deutlich bzw. kann mittels SCOR deutlich dargestellt werden, dass sich die Aktivität der Koordinationsstellen in der Regel auf die Planung und Ausführung des Deliver beschränkt, falls nicht auch Holzernteplanung und -steuerung übernommen werden. Deutlich wird auch, dass die genannten Prozesse nur für einen Teil der gesamten technischen Holzproduktion der Forstbetriebe von den Koordinationsstellen übernommen werden und so eine Vielzahl von zusätzlichen Schnittstellen mit entsprechenden Transaktionskosten entsteht. Nicht deutlich wird dagegen, dass die Prozesse, welche an die Koordinationsstellen als selbständige Organisationen ausgelagert werden, in Wirklichkeit nicht in den Forstbetrieben ablaufen.

Grundsätzlich lassen sich also mittels SCOR diese durch überbetriebliche Zusammenarbeit charakterisierten Strukturen in einer großen Differenziertheit bezüglich der Prozesse abbilden. Die SCOR-Abbildung offenbart diese Komplexität und erleichtert ihre systematische Diskussion. Allerdings mussten hierzu neue, im SCOR nicht vorgesehene Signaturen eingeführt werden. Hinzu kommt, dass die Abbildungstreue vor allem auf die Prozesse fokussiert und weniger auf das zu koordinierende Produktionsnetzwerk mit den organisatorischen Grenzen der kooperierenden Betriebe.

4.3 Anwendungsbeispiel für die Analyse und Gestaltung von Schnittstellen

Die erläuterten Source-, Make- und Deliver-Prozesse können zur Analyse von Schnittstellen (bzw. „Nahtstellen“) zwischen Organisationseinheiten herangezogen werden. Tab. 2 zeigt auf, welche Verantwortungen für die Prozesse bzw. deren Durchführung der Forstbetrieb, der Transporteur, das Werk, die Koordinationsstelle oder ein Forstunternehmer je nach Organisationsform wahrnehmen können.

Generell können alle Prozesselemente vom Forstbetrieb durchgeführt werden, außer der Entgegennahme des Holzes im Werk (Dx.13 mit $x=1$ für MTS und $x=2$ für MTO). Die Make-Prozess-

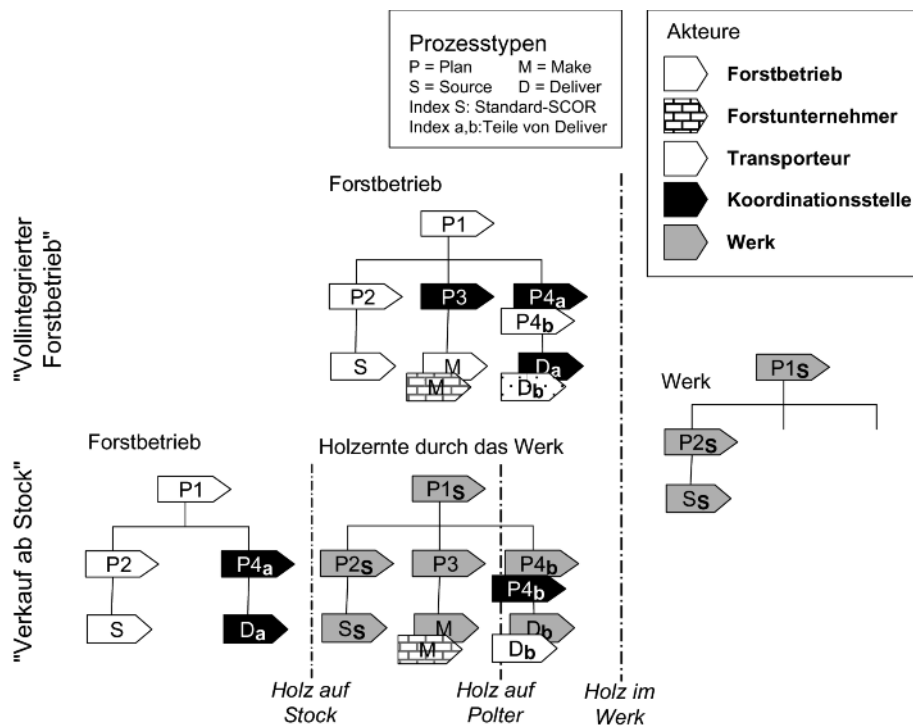


Abb. 13

Forstliche Koordinationsstelle (typisches Beispiel für die Schweiz).
Timber sale agency (typical for Switzerland).

elemente der eigentlichen Holzernte (Mx.2 bis Mx.5) können zu einem Forstunternehmer ausgelagert werden. Die Koordinationsstelle kann jene Prozesselemente übernehmen, bei denen keine physischen Aktivitäten notwendig sind. Der Transporteur kann neben dem eigentlichen Transport (Dx.12) auch damit zusammenhängende Aktivitäten übernehmen. Diese Aktivitäten können allenfalls auch vom Werk übernommen werden, wenn dieses einen Fuhrpark unterhält oder die entsprechenden Planungsaktivitäten durchführt. Wechselt für ein Prozesselement die Verantwortung vom Forstbetrieb auf einen anderen Partner, so entsteht eine Schnittstelle, bei der Informationen ausgetauscht und Aktivitäten koordiniert werden müssen. Dadurch entstehen Transaktionskosten. Um diese gering zu halten und Fehler zu verhindern, müssen diese Schnittstellen sorgfältig definiert werden. Der Zusatzaufwand für die Koordination an einer Schnittstelle muss mit dem Nutzen durch Synergieeffekte (Bündelung, Spezialisierung, Skaleneffekte) gerechtfertigt werden können. Dabei können Enabler eingesetzt werden (vgl. Abs. 3.5): Beispielsweise können die Koordination und die automatisierte Abwicklung des Informationsaustausches durch integrierte forstliche Informationssysteme effektiv und effizient unterstützt werden (LEMM et al., 2006). Entsprechend sollte bei der Ausgestaltung von Schnittstellen auf eine klare Definition, Bündelung von Verantwortung (nicht für jeden Prozess eine unterschiedliche) und auf den Einsatz von Enabler geachtet werden. Eine solche Schnittstellenanalyse ermöglicht zudem die Identifikation von Verbesserungspotenzialen.

In Tab. 2 ist mittels Schattierung ein mögliches Anwendungsbeispiel für eine Koordinationsstelle (vgl. Abs. 4.2.4) dargestellt. Diese übernimmt die meisten Prozesselemente ohne physische Aktivitäten, überlässt aber jene dem Forstbetrieb, die sich auf die ausführungsnahen (operationellen) Planung beziehen: das örtliche, zeitliche und räumliche Festlegen der Erntemaßnahmen (Mx.1) und die Reservierung der Holzsortimente und Kapazitäten sowie die Festlegung des Liefertermins (Dx.3). Zudem bleibt in diesem Bei-

spiel dem Forstbetrieb die Planungsautonomie für Source (P2) und Make (P3). Die Transportaktivitäten (Dx.4 bis Dx.6 sowie Dx.11 bis Dx.12) werden durch einen Transporteur durchgeführt.

5. DISKUSSION UND AUSBLICK

Mithilfe von SCOR lassen sich für die zweite Stufe der Holzproduktion forstliche Referenzprozesse modellieren. Es handelt sich um ein verallgemeinerte, idealtypische Darstellung, die ein gemeinsames Verständnis der Prozesse und eine gemeinsame Sprache („vom Gleichen reden“) ermöglicht. So können die Standardisierung der Darstellung von Prozessen und Schnittstellen dank Transparenz und Visualisierung unterstützt werden. Mittels des vorgestellten Modells können verschiedene forstliche Organisationsmodelle systematisch beschrieben und analysiert werden. Die Anwendungen zeigen allerdings auch, dass SCOR als Referenzprozessmodell und seine forstliche Übersetzung einen relativ hohen Abstraktionsgrad aufweisen, so dass der Transfer in die Realität nicht einfach ist und fundierte Kenntnis von SCOR und entsprechende Erfahrung voraussetzt. Zudem wird die spezifische Implementierungsebene von SCOR nicht bedient. Nichtsdestotrotz ist die Anbindung an einen internationalen Standard insbesondere für die Beschreibung und Kommunikation betriebs-, branchen- und länderübergreifender Wertschöpfungsketten sehr hoch einzuschätzen. Die gilt insbesondere dann, wenn man von einer zunehmenden internationalen Verflechtung der Wertschöpfungsketten in der Forst- und Holzwirtschaft ausgeht. Voraussetzung, um den Nutzen von SCOR zu realisieren, ist allerdings eine weitere Überprüfung und Anwendung sowie eine breite Anerkennung und Beherrschung des Standards.

Für eine Weiterentwicklung des SCOR als Standard in der forst- und holzwirtschaftlichen Branche sind Folgeuntersuchungen unerlässlich; als nächste Schritte bieten sich an:

Tab. 2

Zuordnungsmöglichkeiten von Akteuren zu Prozesselementen.
Possible assignments of forest network companies to process elements.

| Prozess | Prozesselement (x=1 für MTS x=2 für MTO) | Forstbetrieb | Transporteur | Werk | Koordinationsstelle | Forstunternehmer |
|---------|--|--------------|--------------|------|---------------------|------------------|
| | | | | | | |
| Source | Sx.1 Holzlieferanten und Holzschläge festlegen | o | | | o | |
| | Sx.3 Holzschläge überprüfen | o | | | | |
| | Sx.5 Holzschläge abrechnen | o | | | o | |
| Make | Mx.1 Erntemaßnahmen zeitlich und räumlich sowie Erntesysteme festlegen | o | | | o | |
| | Mx.2 Erntesysteme umsetzen und installieren | o | | | | o |
| | Mx.3 Bäume bearbeiten | o | | | | o |
| | Mx.4 Holz zwischenlagern (Vorrücken) | o | | | | o |
| | Mx.5 Holz im Gelände transportieren (Rücken, Poltern) | o | | | | o |
| | Mx.6 Holz für Abfuhr freigeben | o | | | o | |
| Deliver | Dx.1 Allgemeine Kunden- und Offertanfrage | o | | | o | |
| | Dx.2 Kundenaufträge entgegennehmen, erfassen und überprüfen | o | | | o | |
| | Dx.3 Holz und Kapazitäten reservieren sowie Liefertermin festlegen | o | | | o | |
| | Dx.4 Aufträge zusammenführen | o | o | o | o | |
| | Dx.5 Ladung bilden | o | o | o | o | |
| | Dx.6 Transportweg planen | o | o | o | o | |
| | Dx.7 Transporteur auswählen und Lieferungen bewerten | o | | o | o | |
| | Dx.8 Holz an der Waldstrasse übernehmen | o | | o | | |
| | Dx.9 Holz auswählen und zusammenstellen | o | | o | o | |
| | Dx.11 Holz aufladen, sichern und Frachtpapiere erstellen | o | o | o | o | |
| | Dx.12 Holz transportieren | v | o | v | | |
| | Dx.13 Holz in Empfang nehmen und durch den Kunden prüfen | | | o | | |
| | Dx.15 Rechnung ausstellen und Zahlungseingänge bearbeiten | o | | | o | |
| Plan | P1 Jahresplanung | o | | | o | |
| | P2 Holzverfügbarkeit planen | o | | | o | |
| | P3 Holzernte planen | o | | | o | |
| | P4 Holzverkauf und Holztransport planen | o | o | o | o | |

o = Prozessdurchführung/Verantwortung; v = nur wenn Fuhrpark vorhanden; schattiert = Beispiel (vgl. Text).

- Weiterentwicklung und Vertiefung der branchenspezifischen SCOR-Grundlagen, wie die Definition von Best Practices (z.B. Angebotsbündelung, Verfügbarkeitsprüfung, Vendor Managed Inventory) und Kennzahlen für die Prozesselemente der zweiten Produktionsstufe und die Detaillierung der Enabler (insbesondere Stützung durch Informationstechnologie sowie

- Durchführung von zahlreichen und umfassende Fallstudien, um die Praxistauglichkeit der Grundlagen zu prüfen, Standards zu entwickeln und den Nutzen des SCOR zu beurteilen.

Durch diese Schritte können die bisherigen Einschränkungen im Hinblick auf Vollständigkeit und Praxistauglichkeit überwunden werden. Insbesondere könnten Enable-Elemente (vgl. Abs. 3.5) und Best Practices eingehender untersucht werden.

6. FAZIT

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich das SCOR-Modell auf die technische Holzproduktion übertragen lässt. Das Modell erlaubt eine verallgemeinerte Abbildung der forstlichen Realität. Bei der Darstellung sind verschiedene Grade der Differenziertheit

möglich. Dadurch kann eine zweckmäßige Ausgangslage für ein gemeinsames Verständnis sowie für die Beschreibung und Analyse verschiedener Organisationsformen und Schnittstellen geschaffen werden. SCOR eignet sich dazu, spezifische Probleme und all-fällige Ineffizienzen von Organisationsformen zu untersuchen. Durch SCOR kann ein erster Schritt zur Standardisierung und Verbesserung betriebsübergreifender logistischer Prozesse der Wertschöpfungskette Holz gemacht werden.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Forstwirtschaft wird erwartet, dass Standards dank einheitlicher Sprache und gemeinsamen Verständnis helfen, die Kommunikation, Koordination und Kooperation zwischen Partnern der Wertschöpfungskette Holz zu verbessern. Im Beitrag wird untersucht, in wieweit das in der Industrie etablierte Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell (Abb. 1 bis 3) zur Beschreibung und Standardisierung der zweiten Produktionsstufe Holz (technische Holzproduktion) eingesetzt werden kann. Es werden die standardisierten Prozesselemente von SCOR inhaltlich und terminolo-

gisch für die Holzversorgung, Holzernte sowie für den Holzverkauf und -transport und die forstliche Planung angepasst (*Abb. 5 bis 9*). Mit Hilfe dieser Prozesselemente können weiter forstliche Organisationsformen wie vollintegrierter Forstbetrieb, Verkauf auf dem Stock, Verpachtung, Koordinationsstelle modelliert (*Abb. 10 bis 13*) und Schnittstellen zwischen Organisationseinheiten analysiert und gestaltet werden (*Tab. 2*). Das vorgestellte Modell erlaubt eine verallgemeinerte Abbildung der forstlichen Realität und eine differenzierte Darstellung auf unterschiedlichen Ebenen. Somit kann eine zweckmäßige Ausgangslage für ein gemeinsames Verständnis sowie für die Beschreibung und Analyse von Prozessen, Schnittstellen und Organisationsformen geschaffen und ein erster Schritt in Richtung Standardisierung und Verbesserung bereichsübergreifender logistischer Prozesse in der Wertschöpfungskette Holz getan werden.

8. Summary

Title of the paper: *The Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Model to describe the value-added chain in forestry.*

Standards in forestry are expected to improve communication, coordination, and collaboration between partners of the wood supply chain due to consistent terminology and common understanding. This article investigates whether the Supply Chain Operations Reference (SCOR) model (*Abb. 1 to 3*), which is widespread in industry, can be used to describe and standardise the second level of the wood supply chain in forestry (technical timber production). Standardised SCOR process elements are modified in terms of content and terminology for wood supply, harvesting, delivery, and forestal planning (*Abb. 5 to 9*). Moreover, using these process elements, forestal forms of organisation such as forest enterprise with a high vertical range of manufacture, selling standing timber to a mill, lease of forests to a mill, and a timber sale agency can be modelled (*Abb. 10 to 13*) as well as interfaces between organisational units can be analysed and designed (*Tab. 2*). The proposed model enables a generalised mapping of forestal reality and a differentiated depiction on different levels of details. Thus, an appropriate starting position for a common understanding, for describing and analysing processes, interfaces, and forms of organisation is created as a first step towards standardisation and improvement of inter-organisational logistics processes in the wood supply chain.

9. Résumé

Titre de l'article: *Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference) – pour décrire la chaîne de création de valeur en foresterie.*

Des standards spécifiques à l'économie forestière devraient, grâce à une terminologie concise et un langage commun, améliorer la communication, la coordination et la coopération entre les partenaires de la filière du bois. Cette publication examine jusque à quel point le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference-Model; voir *Abb. 1 à 3*), déjà établi dans l'industrie, pourrait être

utilisable pour la description et la standardisation du deuxième échelon de la production en forêt (production technique). Le contenu et la terminologie des processus standardisés par SCOR sont adaptés au besoin de l'approvisionnement, de la récolte, de la vente et du transport de bois ainsi qu'à la planification forestière (*Abb. 5 à 9*). À l'aide de ces processus standardisés diverses formes d'organisations de gestions forestières comme la gestion intégrée, la vente sur pied, l'affermage et la commercialisation collective peuvent être analysés et modélisés (*Abb. 10 à 13*) tout comme les interfaces entre les unités d'organisation (*Tab. 2*). Le modèle présenté permet d'établir une image globale de la réalité forestière ainsi qu'une description différenciée à de différents niveaux. Ainsi, il est créé un point de départ fonctionnel pour une compréhension commune et la description et l'analyse de processus, interfaces et formes d'organisation. Ceci représente un premier pas en direction de la standardisation et de l'amélioration de processus dans la logistique inter organisationnel de la filière du bois.

10. Literatur

- CROKE, P. (2005): Enterprise Business Integration in 2010 A.D. In: BUSSLER, C., D. FENSEL, M. E. ORLOWSKA and J. E. YANG (Eds.). 2004: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3095; Web Services, E-Business, and the Semantic Web Second International Workshop, WES 2003, Klagenfurt, Austria, June 16-17, 2003, Revised Selected Papers. 151 S.: 1–10.
- HIEBER, R. (2002): Supply chain management a collaborative performance measurement approach. Zürich, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 154.
- HUAN, S. H., S. K. SHEORAN and G. WANG (2004): A review and analysis of supply chain operations (SCOR) model. *Supply Chain Management* 9, 1: 23–29.
- LEMM, R., V. ERNI und O. THEES (2006): Effiziente Kommunikation, Koordination und Kooperation im Netzwerk Holz dank IFIS – ein neues integriertes und webbasiertes Informationssystem. – *Schweiz. Z. Forstwes.* 157, 5: 162–170.
- POLUHA, R. (2005): Anwendung des SCOR-Modells zur Analyse der Supply Chain. Lohmar, Eul Verlag. 498 S.
- SCHNETZLER, M. J., A. SENNHEISER and P. SCHÖNSLEBEN (2007): A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy. *International Journal of Production Economics* 105, 1: 21–42.
- SCHÖNSLEBEN, P. (2007): Integrales Logistikmanagement Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken. Berlin, Springer. 1035 S.
- SCC (Supply-Chain Council) (Eds.) (2006): Supply-chain reference-model SCOR Version 8. Pittsburgh: Supply-Chain Council. Weitere Angaben zum SCC: <http://www.supply-chain.org>
- SEPPÄLÄ, R. (2006): Globale Trends und Probleme des Forstsektors und Herausforderungen für die Forstwissenschaft. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 177. Jg., 8/9: 138–141.
- SPECKER, A. (2005): Modellierung von Informationssystemen ein methodischer Leitfaden zur Projektabwicklung. Zürich, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich. 433 S.
- SPEIDEL, G. (1967): Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Hamburg, Verlag Paul Parey. 289 S.
- STEPHENS, S. (2001): Supply chain reference model version 5.0: a new tool to improve supply chain efficiency and achieve best practice. *Information Systems Frontiers* 3, 4: 471–476.
- STÖLZLE, W. und E. HALSBAND (2005): Controlling-Lexikon: Das Supply-Chain Operations Reference (SCOR)-Model. *Controlling*, Heft 8/9: 541–543.

Application of the phytomass and elemental stock model “PhytoCalc” under clear-cut conditions

(With 1 Figure and 3 Tables)

By U. KLINCK¹⁾ and D. FRÖHLICH²⁾

(Received October 2007)

KEY WORDS – SCHLAGWORTER

Clear-cut condition; elemental stock; understorey phytomass; ground coverage; mean shoot length; PhytoCalc.

Kahlschlag; Elementvorrat; Bodenvegetation; Deckungsgrad; mittlere Sprosslänge; PhytoCalc.

1. INTRODUCTION

Because of 3–4 times higher elemental contents compared to the stand and its quick turnover, forest understorey phytomass needs to be considered, as it is an indicator for site characteristics and biodiversity as regards the balance of elemental stocks in corresponding ecosystems (BOLTE et al., 2004; KÖLLING AND REHFUSS, 1987; MROTZEK, 1998; NEUMANN and STARLINGER, 2001; PALVIAINEN et al., 2005). Against the background of its nature to act as an elemental source or sink due to changed atmospheric inputs, liming and forest conversion, it is necessary to quantify this contribution especially (HÖGBERG et al., 1986; NYKVIST, 1997; RÖTTGERMANN et al., 2000; SCHMIDT et al., 1989). Unfortunately, destructive harvesting often interferes other projects connected to soil parameters, practically rules out later repetition, is seldom prestigious for areas greater than the harvested ones and generally intensive in time, cost and work. In order to avoid these disadvantages, BOLTE (1999) for the first time advanced older approaches (e. g. KELLOMÄKI, 1974), which focus on relations between ground coverage and dry weight of forest understorey phytomass, by additional consideration of the parameter mean shoot length. Assuming independency between dry weight and elemental contents, stocks of Carbon (C), Nitrogen (N), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Phosphorus (P) and Sulphur (S) can be assessed by linking the elemental contents to the dry weight of the species.

PhytoCalc 1.3 is originally based on iteratively determined, non-linear species-specific functions of 40 forest understorey species of different stand types at 129 sites of the North-eastern German lowlands. BOLTE (1999) simultaneously merged similar species to distinct habitat groups and set up corresponding habitat group-specific functions. They were found to fit almost as good as the species-specific ones, altogether being more flexible while aiming at regionalisation, since new, yet to be included species can be integrated very simple (BOLTE et al., 2002). Several validations prove **PhytoCalc** to be an easy, cheap and fast method in assessing forest understorey phytomass in stands, qualifying it to be an optional part of the long-term EU Level II monitoring program (BMELV, 2006). Within its application in the South-western German highlands, the habitat group-specific functions were re-calculated, now using a quasi-linear approach of log- and later retransformed data that alleviates problems due to multiple solutions and heteroscedasticity that non-linear functions are prone to. By an additional integration of 5 new species, **PhytoCalc** 1.4 was established (BOLTE, 2006).

This study's objective is to check the applicability of **PhytoCalc** 1.3 with species-specific functions and **PhytoCalc** 1.4 with habitat group-specific functions under clear-cut conditions in the Central German highlands. Here the balances of energy, matter and water are significantly different compared to the forest stand. The investigations base upon 4 widespread and biomass-rich species at small clear-cuts within even-aged *Picea abies* stands and 1 appropriate species within them. The possible sources of error will be discussed in the following, at the same time also improving upon **PhytoCalc** by integrating a new species-specific function for juvenile, up to 1 m high *Picea abies*, according to actual needs (RÖHLE et al., 2006) and desirable upgrade endeavours (BOLTE, 2006).

2. MATERIAL AND METHODS

Site description

The investigations took place at 2 sites of the highlands Solling, Lower Saxony, Germany. The altitudes were between 300-500 m above sea level. Despite compensational liming with Mg-containing lime, both the sites are characterized by acidic soil conditions, typical mor-humus and Spodic Dystric Cambisols, consisting of 80 cm loess over sandstone on an average (ELLENBERG et al., 1986). The mean annual precipitation is 1.000 mm and temperatures are about 7°C. The potential vegetation type is a *Luzulo Fagetum*, actually displaced through a *Galio hircynici-Culto-Piceetum oxalidetosum* respectively *molinetosum* (ZERBE, 1992). At the end of 2003, parts of these stands were transformed into small clear-cuts of about 1 ha in size.

Experimental design

The 6 investigated species were: *Oxalis acetosella* L., *Digitalis purpurea* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Drejer, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Rubus idaeus* L. and juvenile, up to 1 m high *Picea abies* (L.) Karsten, whereas the first and last ones were assigned to the even-aged *Picea abies* stand and the others to the small clear-cuts. The ground coverage was categorised into 5 classes: 0% to 20%, > 20% to 40%, > 40% to 60%, > 60% to 80% and > 80% to 100%. Altogether 120 samples, 4 repetitions for each class and each species, were taken. The corresponding plots to be surveyed and harvested were chosen to meet these requirements.

Sampling and preparation

All proceedings were conducted according to BOLTE (1999), meaning that a frame of 1 m², divided into 4 subsections of same size, was used for *Digitalis purpurea*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus idaeus* and *Picea abies*. The **ground coverage** (%) was estimated visually in steps of 5% for each subsection and then averaged. Additionally, the elongated length (cm) of 5 flowering/taller shoots and 5 non-flowering/smaller shoots were measured, having at most 40 values to be averaged to **mean shoot length** (cm). After that, the whole frame was completely harvested including all the above-ground standing, living and dead plant material (= phytomass) of the pertaining species. *Oxalis acetosella* and *Deschampsia flexuosa* were treated similarly in a frame of 0,25 m² without subsections. Here the elongated length (cm) of 10 flowering/taller shoots and 10 non-flowering/smaller shoots were measured. Harvesting took

¹⁾ Northwest German Forest Research Station, Department of Environmental Control, Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen. E-Mail: uwe.klinck@nw-fva.de

²⁾ University of Göttingen, Institute of Soil Science and Forest Nutrition, Büsingenweg 2, 37077 Göttingen.

place between the 13th and 26th of July for *Oxalis acetosella*, between 11th and 13th of July for *Digitalis purpurea*, between 11th and 28th of July for *Deschampsia flexuosa*, on 6th September for *Pteridium aquilinum*, on 7th September for *Rubus idaeus* and on 28th July for *Picea abies*.

For some of the *Oxalis acetosella* and *Deschampsia flexuosa* plots, the estimated ground coverages were digitally proven according to BOLTE et al. (2002), using top view pictures taken with a digital camera. Thus, slight trends of underestimation for *Oxalis ace-*

tosella and overestimation for *Deschampsia flexuosa* might have to be considered in the discussion, but further calculations are still based on the nevertheless resilient field data, which should remain unaffected by additional statistical effects as far as possible, keeping e. g. distortions of the pictures and user bias here in mind.

All samples were oven-dried to obtain dry weights. The dry weights of *Oxalis acetosella* and *Deschampsia flexuosa* were extrapolated to 1 m². Except of 5 *Picea abies* samples, afterwards the phytomasses were shredded, aliquots were ground with an agate

Tab. 1

Data material. Rep. = repetition, GC = ground coverage, MSL = mean shoot length, f/t = flowering/taller, n-f/s = non-flowering/smaller, DW = dry weight.
Die verwendeten Daten. Rep. = Wiederholung, GC = Deckungsgrad, MSL = mittlere Sprosslänge, f/t = blühend/größer, n-f/s = nicht blühend/kleiner, DW = Trockengewicht.

| Species | Rep. | GC class % | GC accurate % | MSL (cm) | | | DW | g/m ² | | | | | | |
|-----------------------------|------|----------------|---------------|----------|-------|-------|--------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | f/t | n-f/s | all | | C | N | K | Ca | Mg | P | S |
| <i>Oxalis acetosella</i> | 1 | > 80 up to 100 | 100,0 | 10,8 | 10,5 | 10,6 | 48,00 | 22,90 | 1,63 | 1,11 | 0,54 | 0,28 | 0,14 | 0,13 |
| | 2 | | 95,0 | 7,9 | 8,8 | 8,4 | 38,40 | 18,37 | 1,33 | 0,89 | 0,43 | 0,23 | 0,12 | 0,10 |
| | 3 | | 90,0 | 10,9 | 9,9 | 10,4 | 35,60 | 16,94 | 1,22 | 0,87 | 0,40 | 0,22 | 0,11 | 0,10 |
| | 4 | | 85,0 | 8,7 | 7,4 | 7,7 | 32,80 | 15,62 | 0,86 | 0,53 | 0,35 | 0,17 | 0,07 | 0,06 |
| | 1 | > 60 up to 80 | 75,0 | 8,0 | 9,2 | 8,6 | 24,00 | 11,32 | 0,80 | 0,52 | 0,26 | 0,13 | 0,06 | 0,06 |
| | 2 | | 70,0 | 7,2 | 8,5 | 7,9 | 25,60 | 12,31 | 0,86 | 0,50 | 0,26 | 0,15 | 0,08 | 0,07 |
| | 3 | | 65,0 | 7,4 | 8,2 | 7,9 | 20,40 | 9,84 | 0,69 | 0,45 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,05 |
| | 4 | | 65,0 | 9,5 | 9,0 | 9,3 | 21,20 | 10,25 | 0,66 | 0,42 | 0,24 | 0,13 | 0,06 | 0,05 |
| | 1 | > 40 up to 60 | 55,0 | 8,5 | 8,4 | 8,5 | 25,60 | 12,11 | 0,87 | 0,63 | 0,30 | 0,15 | 0,08 | 0,07 |
| | 2 | | 55,0 | 7,5 | 8,9 | 8,5 | 25,60 | 12,33 | 0,98 | 0,54 | 0,27 | 0,15 | 0,09 | 0,07 |
| | 3 | | 50,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 18,80 | 9,15 | 0,54 | 0,31 | 0,16 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |
| | 4 | | 45,0 | 8,4 | 6,8 | 7,3 | 19,60 | 9,25 | 0,51 | 0,36 | 0,22 | 0,11 | 0,04 | 0,04 |
| | 1 | > 20 up to 40 | 40,0 | 11,0 | 6,7 | 7,1 | 14,80 | 7,14 | 0,45 | 0,28 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,03 |
| | 2 | | 30,0 | 7,9 | 8,9 | 8,4 | 12,40 | 5,93 | 0,44 | 0,24 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | 0,04 |
| | 3 | | 25,0 | 8,0 | 8,9 | 8,8 | 9,60 | 4,56 | 0,32 | 0,15 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,03 |
| | 4 | | 25,0 | 9,0 | 8,6 | 8,8 | 11,60 | 5,67 | 0,41 | 0,22 | 0,13 | 0,07 | 0,04 | 0,03 |
| | 1 | 0 up to 20 | 20,0 | 3,0 | 8,6 | 7,7 | 9,20 | 4,28 | 0,25 | 0,16 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,02 |
| | 2 | | 15,0 | 5,9 | 9,0 | 7,7 | 6,80 | 3,04 | 0,22 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| | 3 | | 10,0 | 9,0 | 7,9 | 8,0 | 4,80 | 2,27 | 0,16 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| | 4 | | 5,0 | 6,0 | 10,0 | 9,1 | 4,00 | 1,79 | 0,12 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| <i>Digitalis purpurea</i> | 1 | > 80 up to 100 | 91,3 | 103,8 | 23,4 | 63,6 | 277,00 | 130,05 | 4,08 | 6,32 | 3,29 | 0,93 | 0,85 | 0,38 |
| | 2 | | 83,8 | 80,2 | 25,7 | 53,6 | 322,00 | 152,03 | 5,08 | 5,38 | 3,39 | 1,18 | 0,74 | 0,47 |
| | 3 | | 83,8 | 99,6 | 22,6 | 61,1 | 374,80 | 177,41 | 4,65 | 6,11 | 3,69 | 1,44 | 0,74 | 0,45 |
| | 4 | | 81,3 | 122,5 | 26,1 | 81,2 | 607,90 | 296,42 | 8,09 | 9,43 | 5,66 | 1,80 | 1,02 | 0,66 |
| | 1 | > 60 up to 80 | 70,0 | 99,4 | 19,8 | 69,5 | 492,10 | 234,84 | 6,60 | 6,87 | 5,57 | 2,03 | 1,04 | 0,62 |
| | 2 | | 68,8 | 105,8 | 26,4 | 66,1 | 257,30 | 126,03 | 3,58 | 3,44 | 2,88 | 1,09 | 0,58 | 0,36 |
| | 3 | | 65,0 | 114,2 | 35,8 | 62,9 | 227,70 | 111,20 | 3,78 | 2,49 | 1,81 | 0,66 | 0,31 | 0,30 |
| | 4 | | 61,3 | 108,9 | 19,5 | 72,6 | 384,90 | 183,31 | 3,96 | 6,44 | 3,22 | 1,06 | 0,85 | 0,33 |
| | 1 | > 40 up to 60 | 60,0 | 91,6 | 21,6 | 55,7 | 387,90 | 184,77 | 6,78 | 8,71 | 4,51 | 1,38 | 1,30 | 0,54 |
| | 2 | | 46,3 | 103,9 | 21,9 | 77,8 | 335,70 | 161,68 | 4,25 | 3,40 | 2,44 | 1,25 | 0,50 | 0,40 |
| | 3 | | 45,0 | 88,5 | 17,9 | 64,1 | 309,70 | 148,21 | 4,69 | 5,09 | 2,84 | 1,20 | 0,57 | 0,43 |
| | 4 | | 43,8 | 98,9 | 19,4 | 80,9 | 222,30 | 105,85 | 2,81 | 2,67 | 2,07 | 0,81 | 0,41 | 0,28 |
| | 1 | > 20 up to 40 | 37,5 | 111,4 | 20,3 | 46,9 | 131,90 | 62,88 | 1,52 | 2,40 | 1,14 | 0,37 | 0,26 | 0,14 |
| | 2 | | 23,8 | 76,0 | 26,0 | 56,6 | 106,30 | 50,80 | 1,66 | 1,73 | 0,93 | 0,35 | 0,25 | 0,15 |
| | 3 | | 21,3 | 86,7 | 19,9 | 34,2 | 72,10 | 34,42 | 0,83 | 1,30 | 0,71 | 0,24 | 0,17 | 0,07 |
| | 4 | | 21,3 | 93,4 | 17,0 | 87,0 | 156,60 | 76,00 | 2,47 | 1,94 | 1,27 | 0,40 | 0,16 | 0,20 |
| | 1 | 0 up to 20 | 20,0 | 74,9 | 22,9 | 44,3 | 67,90 | 33,26 | 1,13 | 0,69 | 0,51 | 0,18 | 0,09 | 0,08 |
| | 2 | | 18,8 | 124,7 | 22,3 | 38,4 | 97,70 | 47,05 | 1,12 | 1,52 | 0,91 | 0,29 | 0,23 | 0,11 |
| | 3 | | 11,3 | 65,2 | 24,0 | 65,2 | 37,70 | 17,76 | 0,54 | 0,60 | 0,41 | 0,16 | 0,09 | 0,05 |
| | 4 | | 8,8 | 109,0 | | 109,0 | 91,30 | 44,28 | 1,42 | 0,97 | 1,18 | 0,43 | 0,19 | 0,12 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | 1 | > 80 up to 100 | 95,0 | | 27,5 | 27,5 | 85,60 | 41,43 | 1,71 | 1,31 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| | 2 | | 90,0 | 63,7 | 17,7 | 40,7 | 198,80 | 96,23 | 2,83 | 1,80 | 0,26 | 0,25 | 0,17 | 0,17 |
| | 3 | | 85,0 | | 22,1 | 22,1 | 62,80 | 30,22 | 1,32 | 1,03 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,08 |
| | 4 | | 85,0 | | 24,1 | 24,1 | 57,20 | 27,94 | 1,22 | 0,84 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,08 |
| | 1 | > 60 up to 80 | 80,0 | | 24,9 | 24,9 | 55,60 | 26,96 | 1,04 | 0,68 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| | 2 | | 75,0 | | 21,3 | 21,3 | 73,20 | 35,31 | 1,50 | 1,08 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | 0,09 |
| | 3 | | 70,0 | | 22,2 | 22,2 | 49,60 | 24,06 | 1,04 | 0,75 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| | 4 | | 70,0 | | 19,7 | 19,7 | 45,60 | 22,03 | 1,04 | 0,72 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 |
| | 1 | > 40 up to 60 | 60,0 | 61,9 | 17,9 | 39,9 | 216,40 | 104,77 | 2,15 | 1,76 | 0,23 | 0,21 | 0,14 | 0,15 |
| | 2 | | 50,0 | | 22,4 | 22,4 | 34,00 | 16,44 | 0,77 | 0,49 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | 3 | | 50,0 | 60,5 | 14,5 | 37,5 | 201,20 | 97,44 | 2,17 | 1,71 | 0,22 | 0,21 | 0,14 | 0,14 |
| | 4 | | 50,0 | 57,6 | 11,9 | 34,8 | 126,80 | 61,06 | 1,38 | 1,03 | 0,15 | 0,13 | 0,08 | 0,10 |
| | 1 | > 20 up to 40 | 40,0 | 53,3 | 13,3 | 33,3 | 274,80 | 132,57 | 2,34 | 2,57 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,16 |
| | 2 | | 40,0 | 50,9 | 18,0 | 34,5 | 41,20 | 19,60 | 0,82 | 0,69 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| | 3 | | 30,0 | 52,8 | 9,2 | 31,0 | 102,80 | 49,64 | 0,84 | 0,69 | 0,10 | 0,07 | 0,04 | 0,06 |
| | 4 | | 25,0 | 63,7 | 9,5 | 36,6 | 127,60 | 60,33 | 1,16 | 0,85 | 0,12 | 0,08 | 0,07 | 0,08 |
| | 1 | 0 up to 20 | 20,0 | 58,2 | 9,9 | 34,1 | 110,80 | 53,32 | 0,95 | 1,05 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| | 2 | | 15,0 | 44,9 | 7,4 | 26,2 | 43,60 | 20,93 | 0,46 | 0,32 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| | 3 | | 10,0 | 51,8 | 9,4 | 30,6 | 50,40 | 24,00 | 0,51 | 0,46 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| | 4 | | 10,0 | 60,6 | 11,6 | 36,1 | 70,40 | 33,85 | 0,59 | 0,72 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Tab. 1
Continuation.
Fortsetzung.

| Species | Rep. | GC class % | GC accurate % | MSL (cm) | | | DW | C | N | K | Ca | Mg | P | S |
|----------------------------|------|----------------|------------------|----------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|------|------|---|
| | | | | ft | n-ft/s | all | | | | | | | | |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | 1 | > 80 up to 100 | 93,8 | 102,4 | 102,4 | 707,40 | 359,35 | 10,60 | 8,00 | 3,07 | 1,97 | 0,56 | 1,29 | |
| | 2 | | 85,0 | 79,2 | 79,2 | 382,60 | 192,71 | 4,91 | 6,31 | 1,90 | 0,88 | 0,35 | 0,75 | |
| | 3 | | 85,0 | 113,1 | 113,1 | 551,80 | 277,54 | 6,97 | 8,76 | 2,23 | 1,07 | 0,51 | 1,05 | |
| | 4 | | 82,5 | 101,8 | 101,8 | 492,50 | 250,36 | 7,42 | 4,42 | 2,60 | 1,38 | 0,44 | 1,00 | |
| | 1 | > 60 up to 80 | 78,8 | 84,3 | 84,3 | 390,00 | 196,81 | 5,34 | 3,75 | 1,89 | 1,03 | 0,37 | 0,76 | |
| | 2 | | 76,3 | 70,8 | 70,8 | 326,10 | 163,60 | 4,59 | 5,51 | 1,34 | 0,63 | 0,39 | 0,56 | |
| | 3 | | 67,5 | 84,3 | 84,3 | 372,00 | 188,09 | 5,20 | 5,32 | 1,79 | 1,13 | 0,37 | 0,80 | |
| | 4 | | 63,8 | 66,5 | 66,5 | 253,20 | 128,44 | 4,21 | 4,15 | 1,10 | 0,59 | 0,28 | 0,55 | |
| | 1 | > 40 up to 60 | 57,5 | 125,1 | 125,1 | 445,60 | 223,62 | 5,92 | 5,00 | 1,91 | 0,99 | 0,48 | 0,81 | |
| | 2 | | 55,0 | 68,3 | 68,3 | 212,60 | 109,64 | 2,90 | 1,04 | 0,92 | 0,49 | 0,17 | 0,32 | |
| | 3 | | 52,5 | 83,9 | 83,9 | 240,60 | 121,75 | 2,61 | 1,76 | 1,07 | 0,45 | 0,20 | 0,43 | |
| | 4 | | 48,8 | 74,8 | 74,8 | 162,00 | 82,38 | 2,23 | 2,98 | 0,65 | 0,32 | 0,39 | 0,29 | |
| | 1 | > 20 up to 40 | 40,0 | 68,9 | 68,9 | 140,90 | 71,08 | 1,99 | 1,93 | 0,67 | 0,31 | 0,16 | 0,35 | |
| | 2 | | 40,0 | 72,4 | 72,4 | 197,30 | 98,99 | 3,14 | 3,03 | 0,87 | 0,45 | 0,24 | 0,37 | |
| | 3 | | 26,3 | 71,5 | 71,5 | 97,80 | 49,23 | 1,55 | 1,13 | 0,49 | 0,24 | 0,13 | 0,27 | |
| | 4 | | 23,8 | 60,0 | 60,0 | 69,70 | 35,66 | 1,09 | 1,10 | 0,37 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | |
| | 1 | 0 up to 20 | 17,5 | 54,0 | 54,0 | 41,00 | 20,93 | 0,50 | 0,32 | 0,20 | 0,08 | 0,03 | 0,08 | |
| | 2 | | 17,5 | 73,6 | 73,6 | 43,50 | 21,96 | 0,77 | 0,73 | 0,21 | 0,10 | 0,06 | 0,07 | |
| | 3 | | 16,3 | 52,3 | 52,3 | 41,80 | 21,29 | 0,56 | 0,53 | 0,15 | 0,07 | 0,03 | 0,09 | |
| | 4 | | 8,8 | 49,4 | 49,4 | 28,70 | 14,56 | 0,56 | 0,11 | 0,14 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | |
| <i>Rubus idaeus</i> | 1 | > 80 up to 100 | 95,0 | 70,3 | 70,3 | 453,50 | 220,98 | 7,13 | 5,61 | 4,78 | 1,51 | 0,85 | 0,40 | |
| | 2 | | 93,8 | 76,6 | 76,6 | 531,70 | 260,37 | 7,86 | 5,93 | 5,60 | 1,62 | 0,96 | 0,45 | |
| | 3 | | 88,8 | 59,4 | 59,4 | 463,60 | 230,32 | 8,16 | 5,03 | 4,64 | 1,46 | 0,80 | 0,46 | |
| | 4 | | 85,0 | 79,6 | 79,6 | 369,00 | 182,21 | 5,87 | 4,69 | 4,40 | 1,38 | 0,96 | 0,38 | |
| | 1 | > 60 up to 80 | 76,3 | 78,2 | 78,2 | 429,20 | 214,45 | 4,53 | 3,23 | 2,87 | 0,76 | 0,49 | 0,27 | |
| | 2 | | 72,5 | 77,8 | 77,8 | 225,30 | 112,49 | 4,31 | 2,55 | 2,36 | 0,74 | 0,59 | 0,24 | |
| | 3 | | 70,0 | 67,9 | 67,9 | 281,10 | 140,72 | 3,42 | 2,15 | 2,11 | 0,62 | 0,35 | 0,20 | |
| | 4 | | 61,3 | 59,6 | 59,6 | 251,20 | 125,98 | 3,29 | 2,06 | 2,00 | 0,55 | 0,30 | 0,20 | |
| | 1 | > 40 up to 60 | 58,8 | 36,8 | 36,8 | 138,10 | 69,43 | 1,94 | 1,04 | 1,05 | 0,42 | 0,19 | 0,13 | |
| | 2 | | 56,3 | 42,5 | 42,5 | 154,90 | 77,75 | 2,11 | 1,15 | 1,14 | 0,47 | 0,20 | 0,13 | |
| | 3 | | 56,3 | 66,5 | 66,5 | 233,10 | 117,08 | 3,00 | 1,26 | 1,93 | 0,76 | 0,25 | 0,18 | |
| | 4 | | 43,8 | 39,7 | 39,7 | 107,20 | 51,97 | 2,27 | 2,01 | 2,39 | 0,52 | 0,40 | 0,17 | |
| | 1 | > 20 up to 40 | 32,5 | 48,5 | 48,5 | 76,30 | 37,95 | 1,24 | 0,89 | 0,64 | 0,26 | 0,10 | 0,07 | |
| | 2 | | 26,3 | 33,5 | 33,5 | 54,70 | 27,19 | 1,14 | 0,88 | 0,39 | 0,15 | 0,07 | 0,06 | |
| | 3 | | 23,8 | 36,9 | 36,9 | 65,80 | 33,62 | 1,14 | 0,79 | 0,52 | 0,21 | 0,10 | 0,07 | |
| | 4 | | 21,3 | 27,4 | 27,4 | 44,50 | 22,39 | 0,61 | 0,34 | 0,26 | 0,12 | 0,06 | 0,04 | |
| | 1 | 0 up to 20 | 17,5 | 27,1 | 27,1 | 31,00 | 15,48 | 0,58 | 0,37 | 0,17 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | |
| | 2 | | 17,5 | 28,7 | 28,7 | 51,80 | 26,21 | 0,91 | 0,40 | 0,39 | 0,16 | 0,07 | 0,05 | |
| | 3 | | 11,3 | 24,4 | 24,4 | 12,90 | 6,57 | 0,34 | 0,14 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | |
| | 4 | | 10,0 | 25,6 | 25,6 | 28,00 | 14,15 | 0,46 | 0,18 | 0,20 | 0,12 | 0,04 | 0,03 | |
| <i>Picea abies</i> | 1 | > 80 up to 100 | 93,8 | 71,9 | 71,9 | 919,70 | 468,00 | 9,01 | 3,12 | 4,12 | 0,84 | 0,95 | 0,55 | |
| | 2 | | 83,8 | 64,5 | 64,5 | 580,20 | 295,70 | 5,48 | 1,77 | 2,73 | 0,46 | 0,54 | 0,34 | |
| | 3 | | 81,3 | 68,3 | 68,3 | 663,00 | 341,63 | 7,15 | 2,37 | 2,59 | 0,54 | 0,70 | 0,43 | |
| | 4 | | 81,3 | 63,8 | 63,8 | 565,50 | | | | | | | | |
| | 1 | > 60 up to 80 | 75,0 | 61,6 | 61,6 | 626,70 | 320,73 | 6,09 | 1,72 | 2,47 | 0,48 | 0,57 | 0,38 | |
| | 2 | | 75,0 | 58,9 | 58,9 | 687,90 | | | | | | | | |
| | 3 | | 71,3 | 67,4 | 67,4 | 770,20 | 392,36 | 6,56 | 2,03 | 3,26 | 0,61 | 0,62 | 0,40 | |
| | 4 | | 66,3 | 50,1 | 50,1 | 566,90 | | | | | | | | |
| | 1 | > 40 up to 60 | 53,8 | 76,4 | 76,4 | 539,70 | | | | | | | | |
| | 2 | | 52,5 | 44,4 | 44,4 | 361,70 | | | | | | | | |
| | 3 | | 52,5 | 44,2 | 44,2 | 345,70 | 176,93 | 3,59 | 1,05 | 1,44 | 0,30 | 0,41 | 0,22 | |
| | 4 | | 52,5 | 49,9 | 49,9 | 383,70 | 198,39 | 3,77 | 1,10 | 1,82 | 0,31 | 0,35 | 0,22 | |
| | 1 | > 20 up to 40 | 36,3 | 32,8 | 32,8 | 188,00 | 96,86 | 1,92 | 0,55 | 0,82 | 0,21 | 0,24 | 0,12 | |
| | 2 | | 36,3 | 45,2 | 45,2 | 358,40 | 185,28 | 3,13 | 0,84 | 1,34 | 0,31 | 0,29 | 0,20 | |
| | 3 | | 35,0 | 32,6 | 32,6 | 189,60 | 97,67 | 2,09 | 0,55 | 0,78 | 0,20 | 0,21 | 0,13 | |
| | 4 | | 27,5 | 31,9 | 31,9 | 212,20 | 110,23 | 2,04 | 0,52 | 0,74 | 0,18 | 0,22 | 0,12 | |
| | 1 | 0 up to 20 | 15,0 | 27,3 | 27,3 | 94,80 | 49,25 | 0,84 | 0,28 | 0,30 | 0,08 | 0,09 | 0,05 | |
| | 2 | | 13,8 | 28,4 | 28,4 | 93,80 | 48,37 | 0,85 | 0,27 | 0,36 | 0,08 | 0,10 | 0,05 | |
| | 3 | | 13,8 | 29,0 | 29,0 | 98,00 | 51,42 | 0,92 | 0,25 | 0,38 | 0,08 | 0,09 | 0,05 | |
| | 4 | | 11,3 | 21,7 | 21,7 | 90,10 | 46,70 | 0,81 | 0,26 | 0,32 | 0,09 | 0,11 | 0,05 | |

ball mill and analysed for C, N (CN-Analyser, firm: HEKAtech, method: incineration with adjacent chromatography), K, Ca, Mg, P and S (ICP-Spectrometer IRES, firm: Thermo Instruments, method: pressure digestion with adjacent spectrometry) (KÖNIG and FORTMANN, 2006). Elemental stocks per plot were calculated by relating the elemental contents to their corresponding dry weight (Tab. 1).

Statistical analyses

The dry weight model in PhytoCalc is based on equation (I). Elemental stocks can be obtained by combining this dry weight model

multiplicative with an elemental model (II). PhytoCalc 1.3 uses species-specific functions for *Oxalis acetosella*, *Deschampsia flexuosa*, *Pteridium aquilinum* and *Rubus idaeus*. For *Digitalis purpurea*, the habitat group-specific function of a great herb has to be used, since there is no species-specific function yet. Using PhytoCalc 1.4 with its habitat group-specific functions, *Digitalis purpurea* remained a great herb and the other species were assigned to as followed according to BOLTE (2006): *Oxalis acetosella* = small herb, *Deschampsia flexuosa* = small grass, *Pteridium aquilinum* = great fern and *Rubus idaeus* = small shrub (Tab. 2). *Picea abies* is not included anywhere.

$$DW = a * GC^b * MSL^c \quad (I)$$

with: DW = dry weight (g/m²); GC = ground coverage (%); MSL = mean shoot length (cm); a, b, c = constants

$$ST = a * GC^b * MSL^c * \frac{E_{C,N,K,Ca,Mg,P,S}}{100} \quad (II)$$

with, differing to (I): ST = elemental stock (g/m²); E = percentage of the element at dry weight.

New species-specific functions can be determined iteratively with STATISTICA 6.0 and Levenberg-Marquardt's method analogue to PhytoCalc 1.3, looking for minimized sums of deviation between measured and modelled dry weights. The quality of these new functions is represented through coefficients of determination from the variance of the measured and new modelled data pairs along the first bisecting line.

3. RESULTS

By recording the visually estimated ground coverages and the measured mean shoot length at the plots into PhytoCalc 1.3 and 1.4 by using the functions in Tab. 2, measured and modelled dry weights and elemental stocks can be compared with each other and amongst each other.

Measured vs. modelled (PhytoCalc 1.3 or PhytoCalc 1.4) dry weights and elemental stocks

The modelled dry weights underestimate the measured ones clearly (Fig. 1). Due to the multiplicative connection to the dry weight model, the elemental model can enforce, confirm or balance this trend - as the internal PhytoCalc element contents are smaller, the same or higher than the measured ones (Tab. 2). Visually appreciated, PhytoCalc 1.3 seems to be applicable for *Oxalis acetosella* K and *Deschampsia flexuosa* K, Ca, P and S. Analogue, PhytoCalc 1.4 seems to be applicable for *Deschampsia flexuosa* Ca, P and S. But this means only 5 elemental stocks out of 35 (7 elements, 5

species) can be appropriately represented by at least one of the PhytoCalc versions.

The measured percentages of the elements at dry weight differ from those of both PhytoCalc versions between -58% and +108%. Only for C were they found to be low throughout. Looking only at differences > ± 50%, there is +67% Ca and +108% Mg in *Oxalis acetosella* and -58% N, -51% K and -55% S, but +56% Ca in *Digitalis purpurea*.

Besides C with at most 2,3%, the coefficients of variation of the measured percentages of the elements at dry weight are clearly higher (about 8–44%), especially for *Deschampsia flexuosa* and *Rubus idaeus*.

Modelled (PhytoCalc 1.3) vs. modelled (PhytoCalc 1.4) dry weights and elemental stocks

Differences in dry weights and elemental stocks between both PhytoCalc versions made up to 48% for *Oxalis acetosella*, 63% for *Digitalis purpurea*, 18% for *Deschampsia flexuosa*, 25% for *Pteridium aquilinum* and 55% for *Rubus idaeus*, always referring to the maximum of both values. Dry weights and elemental stocks thus can be partly more than double as high as or half as low as when modelled with the respectively other PhytoCalc version. Even on an average, the differences are always > 10%, except for *Pteridium aquilinum*.

Further Findings

Picea abies was considered as one while setting up the new species-specific function, but branches have in average -103% N, -37% Ca, -50% P and -89% S than needles. For C, K and Mg the differences are < 10%.

The quality of the new functions has to be rated as good for *Oxalis acetosella*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus idaeus* and *Picea abies* and acceptable for *Digitalis purpurea* (Tab. 3), when using, deviating to Tab. 2, to the bisecting line referred coefficients of determination. The values of *Deschampsia flexuosa* are lower and only for dry weight and C, Ca and Mg stocks acceptable.

Tab. 2

PhytoCalc 1.3 (BOLTE, 1999), PhytoCalc 1.4 (BOLTE, 2006) and the functions of this study to assess dry weights (g/m²) and elemental stocks (g/m²) of forest understorey phytomass. SSF = species-specific function, HGSF = habitat group-specific function. The number of samples, the dry weight and elemental model base upon (n), the coefficients of determination for the dry weight model (R²), the standard deviations for the percentages of the elements at dry weight (±) and comparable references (without abbreviation = phytomass, PL = plant litter, L = (current year) leaves) as published by BOLTE (1999) are also given. n. a. = not available.

PhytoCalc 1.3 (BOLTE, 1999), PhytoCalc 1.4 (BOLTE, 2006) und die Funktionen der vorliegenden Untersuchung zur Abschätzung von Trockengewichten (g/m²) und Elementvorräten (g/m²) der Bodenvegetation. SSF = artenspezifische Funktion, HGSF = wuchsgruppenspezifische Funktion. Gegeben sind außerdem: die Probenanzahl n, auf der Trockengewichts- und Elementvorratsmodell basieren, die Bestimmtheitsmaße R² für das Trockengewichtmodell, die Standardabweichungen für die Anteile der Elemente am Trockengewicht (±) und vergleichbare Literaturquellen (ohne Abkürzung = Phytomasse, PL = Streu, L = (einjährige) Blätter) in Anlehnung an BOLTE (1999). n. a. = keine Daten verfügbar.

| Species | Model | Dry weights model | | | | | Elemental model | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | | n | a | b | c | R ² | n | C | N | K | Ca | Mg | P | S |
| <i>Oxalis acetosella</i> | PhytoCalc 1.3. SSF | 50 | 0,15204580 | 1,10904514 | 0,00000000 | 0,92 | n. a. | 45,02 ± 0,91 | 3,31 ± 0,66 | 3,09 ± 0,71 | 0,62 ± 0,20 | 0,27 ± 0,07 | 0,37 ± 0,14 | 0,28 ± 0,07 |
| | PhytoCalc 1.4. HGSF | 90 | 0,03731000 | 0,75558000 | 1,18965000 | 0,84 | n. a. | 45,02 ± 0,91 | 3,31 ± 0,66 | 3,09 ± 0,71 | 0,62 ± 0,20 | 0,27 ± 0,07 | 0,37 ± 0,14 | 0,28 ± 0,07 |
| | This study | 20 | 0,17134500 | 0,92870200 | 0,52997900 | 0,97 | 20 | 47,49 ± 1,09 | 3,22 ± 0,33 | 1,96 ± 0,29 | 1,04 ± 0,14 | 0,56 ± 0,08 | 0,29 ± 0,05 | 0,25 ± 0,03 |
| <i>Digitalis purpurea</i> | Literature | | | | | | | 2,61-3,22 | | 2,70-3,02 | 1,31 | 0,28 | 0,33-0,40 | 0,16 |
| | PhytoCalc 1.3. HGSF | 149 | 0,00367860 | 1,51583600 | 0,80573571 | 0,80 | n. a. | 45,02 ± 0,91 | 3,31 ± 0,66 | 3,09 ± 0,71 | 0,62 ± 0,20 | 0,27 ± 0,07 | 0,37 ± 0,14 | 0,28 ± 0,07 |
| | This study | 20 | 0,02123000 | 1,03835000 | 0,86312000 | 0,78 | n. a. | 45,02 ± 0,91 | 3,31 ± 0,66 | 3,09 ± 0,71 | 0,62 ± 0,20 | 0,27 ± 0,07 | 0,37 ± 0,14 | 0,28 ± 0,07 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | Literature | | | | | | | 47,96 ± 0,63 | 1,40 ± 0,20 | 1,52 ± 0,36 | 0,97 ± 0,16 | 0,35 ± 0,06 | 0,21 ± 0,06 | 0,12 ± 0,02 |
| | PhytoCalc 1.3. SSF | 95 | 0,10948923 | 0,89000566 | 0,78979286 | 0,89 | n. a. | 46,45 ± 1,07 | 1,74 ± 0,42 | 1,68 ± 0,46 | 0,21 ± 0,07 | 0,12 ± 0,04 | 0,16 ± 0,05 | 0,17 ± 0,05 |
| | This study | 158 | 0,05066000 | 0,93862000 | 0,85988000 | 0,89 | n. a. | 46,45 ± 1,07 | 1,74 ± 0,42 | 1,68 ± 0,46 | 0,21 ± 0,07 | 0,12 ± 0,04 | 0,16 ± 0,05 | 0,17 ± 0,05 |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | Literature | | | | | | | 48,19 ± 0,36 | 1,48 ± 0,58 | 1,14 ± 0,36 | 0,11 ± 0,03 | 0,10 ± 0,03 | 0,09 ± 0,04 | 0,10 ± 0,03 |
| | PhytoCalc 1.3. SSF | 48 | 0,00033372 | 1,26339680 | 1,53805306 | 0,96 | n. a. | 47,48 ± 1,08 | 2,04 ± 0,31 | 2,02 ± 0,37 | 0,37 ± 0,11 | 0,26 ± 0,13 | 0,20 ± 0,08 | 0,17 ± 0,05 |
| | This study | 20 | 0,01629500 | 1,20000200 | 1,07552000 | 0,89 | 20 | 50,84 ± 0,37 | 1,45 ± 0,20 | 1,25 ± 0,43 | 0,46 ± 0,04 | 0,23 ± 0,03 | 0,11 ± 0,04 | 0,19 ± 0,03 |
| <i>Rubus idaeus</i> | Literature | | | | | | | 2,44-3,21 (L) | | 1,63-3,36 (L) | 0,48-0,81 (L) | 0,21-0,70 (L) | 0,12-0,23 (L) | |
| | PhytoCalc 1.3. SSF | 50 | 0,00032242 | 0,98576588 | 2,22503923 | 0,92 | n. a. | 47,62 ± 0,97 | 1,85 ± 0,43 | 0,96 ± 0,44 | 0,65 ± 0,26 | 0,27 ± 0,09 | 0,16 ± 0,06 | 0,11 ± 0,02 |
| | This study | 20 | 0,07811300 | 1,65695800 | 0,29060600 | 0,97 | 20 | 49,94 ± 0,67 | 1,54 ± 0,37 | 1,03 ± 0,33 | 0,68 ± 0,36 | 0,33 ± 0,09 | 0,17 ± 0,07 | 0,10 ± 0,02 |
| <i>Picea abies</i> | Literature | | | | | | | 1,00 | | 1,00 | 0,60 | 1,40 | 0,10 | |
| | PhytoCalc 1.4. HGSF | 50 | 0,03421000 | 0,99625000 | 0,98969000 | 0,84 | n. a. | 47,62 ± 0,97 | 1,85 ± 0,43 | 0,96 ± 0,44 | 0,65 ± 0,26 | 0,27 ± 0,09 | 0,16 ± 0,06 | 0,11 ± 0,02 |
| | This study | 20 | 0,07811300 | 1,65695800 | 0,29060600 | 0,97 | 20 | 49,94 ± 0,67 | 1,54 ± 0,37 | 1,03 ± 0,33 | 0,68 ± 0,36 | 0,33 ± 0,09 | 0,17 ± 0,07 | 0,10 ± 0,02 |
| <i>Picea abies</i> | Literature | | | | | | | 2,10-3,09 (L) | | 1,49-2,37 (L) | 0,62-1,52 (L) | 0,62-1,00 (L) | 0,13-0,29 (L) | |
| | This study | 20 | 1,11725700 | 0,71386000 | 0,78774100 | 0,97 | 20 | 51,53 ± 0,44 | 0,96 ± 0,07 | 0,29 ± 0,03 | 0,40 ± 0,05 | 0,09 ± 0,01 | 0,10 ± 0,01 | 0,06 ± 0,01 |

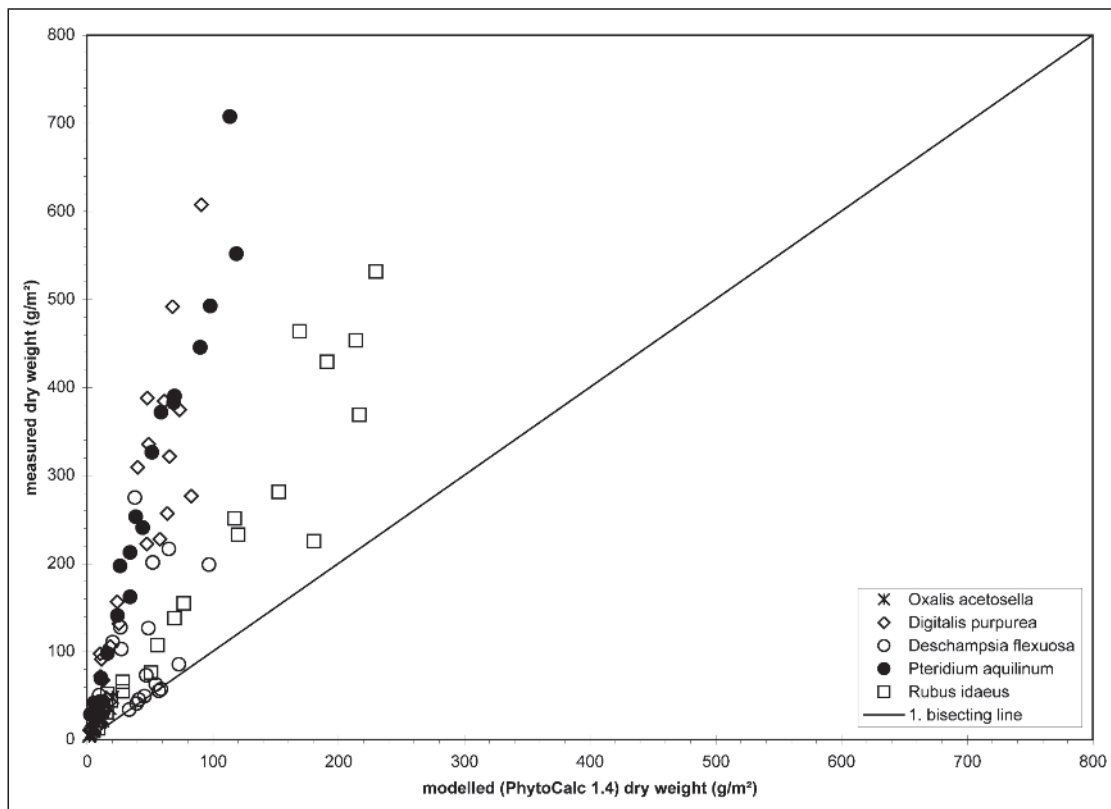


Fig. 1

Measured and modelled dry weights with PhytoCalc 1.4.

Mit PhytoCalc 1.4 gemessene und modellierte Trockengewichte.

Tab. 3

Coefficients of determination out of the variance of measured and new modelled data pairs around the first bisecting line. DW = dry weight.

Bestimmtheitsmaße aus den Streuungen von gemessenen und modellierten Datenpaaren um die Winkelhalbierende. DW = Trockengewicht.

| Species | DW | C | N | K | Ca | Mg | P | S |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Oxalis acetosella</i> | 0,94 | 0,94 | 0,91 | 0,87 | 0,89 | 0,90 | 0,85 | 0,91 |
| <i>Digitalis purpurea</i> | 0,79 | 0,79 | 0,71 | 0,66 | 0,74 | 0,72 | 0,60 | 0,75 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | 0,59 | 0,59 | 0,17 | 0,17 | 0,73 | 0,72 | 0,12 | 0,24 |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | 0,97 | 0,97 | 0,92 | 0,85 | 0,96 | 0,87 | 0,76 | 0,96 |
| <i>Rubus idaeus</i> | 0,94 | 0,94 | 0,91 | 0,91 | 0,89 | 0,90 | 0,89 | 0,90 |
| <i>Picea abies</i> | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,93 | 0,94 | 0,92 | 0,94 | 0,97 |

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Neither PhytoCalc 1.3 nor PhytoCalc 1.4 was able to appropriately model the measured dry weights and elemental stocks of the 5 species for one species respective element throughout. The transferability of PhytoCalc beyond the stands, thus seems to be limited for clear-cut conditions in the central German highlands, were even-aged *Picea abies* stands are interspersed with small clear-cuts. Until now, only N and S stocks were expected to not be ensured in regions outside the North-eastern German lowlands or South-western German highlands, due to possibly different deposition rates across Germany (BOLTE et al., 2002).

Generally, the existing and new functions of PhytoCalc have to be resilient because of possible disturbances like e. g. user bias, sample preparation or sample analysis. Despite that, several studies (e. g. MROTZEK, 1998; SCHMIDT et al., 1998) proved the high quality of the allometric relations that the dry weights model is based upon. Looking at *Pteridium aquilinum* or *Rubus idaeus* for e. g., it is nevertheless obvious, that 2 significantly different functions can emanate from the same data, depending on how the functions are iteratively determined (BOLTE, 2006). This way, because of the multiplicative connection to the elemental model, the elemental stocks can be affected stronger than by differences in the elemental

contents itself. In the future, the dry weight model of PhytoCalc should be checked as much as possible for yet to be validated stand sites. For extreme conditions like clear-cuts, fast-growing plantations or perhaps even agricultural areas, additional calibration efforts have to be effected.

Contrary to the visually estimated ground coverages that can be digitally objectified, mean shoot length is not always a prestigious value. Some species show great discrepancies between flowering/taller and non-flowering/smaller shoots, e. g. *Digitalis purpurea* and the arithmetic means then does not represent the real proportion, each of them contributes to the dry weight and elemental stocks. Similar problems can occur, when there are only less number species to be measured per plot, potentially causing statistical bolters. Both cases are dangerous especially while integrating new species-specific functions into PhytoCalc. For a start, the best corrective for such species like *Digitalis purpurea* will be to measure all shoots, neglecting their condition and plots subsections. Measuring "middle" shoots in favour may be another alternative, just like weighting, a significant correlation between shoot length and proportion to dry weight and elemental stocks assumed.

In order to advance the assessment of dry weights and elementals stocks of understorey phytomass it is better to work on reclaiming species-specific functionalities, because grouping always entails a loss of information. Since ground coverage and mean shoot length have to be determined somehow, PhytoCalc 1.4 seems to be only a waypoint en route to a version, where all species are considered apart, perhaps even for different site characteristics. Tab. 3 validates the allometric approach to be pursued in the future. Aiming at regionalisation, the efforts in integrating new functions in PhytoCalc or calibrating it, should focus on ground coverages < 50% with consequently adapted categories for most of the species, because only less species are able to cover plots > 100 m² completely.

Besides these general aspects and their influences, there are special reasons for every species surveyed accounting for the differences between measured and modelled dry weights: *Oxalis acetosella* was harvested in July, not April to May. Besides phenological aspects, the parameter shoot length might have been overestimated slightly in PhytoCalc 1.4 while using arithmetic means, neglecting the fact that flowering shoots does not contribute considerably to the dry weight. *Digitalis purpurea* shoots showed lignifying tendencies due to the favourable light and nutrient conditions. Furthermore, they were harvested at the highest peak within their biennial cycle. *Deschampsia flexuosa* had slightly overestimated ground coverages. The corresponding dry weights of about 1 t/ha are nevertheless reliable (NYKVIST, 1997; PALVAINEN et al., 2005). *Pteridium aquilinum* is prone of shoots to be harvested, hanging over the edges of the frame and accounting for high dry weights. *Rubus idaeus* finally can feature species internal differences (HÖHNE and FIEDLER, 1963). Furthermore, the fact that some shoots of the last year were also harvested can not be neglected.

Comparing the elemental contents to the references (BOLTE, 1999; HÖHNE, 1962, 1963), *Deschampsia flexuosa* and *Pteridium aquilinum* were not as rich in K as *Rubus idaeus*. Correspondingly, *Pteridium aquilinum* was richer in Ca and Mg than *Deschampsia flexuosa*, but poorer than *Oxalis acetosella*, *Digitalis purpurea* and *Rubus idaeus*. Furthermore, *Oxalis acetosella* was richer in P than the other species. This classification was found to be overlaid by leaching and retranslocation effects related to N, K, P and S due to differences in the harvesting time (HÖHNE and FIEDLER, 1963) and liming effects for Ca and Mg, last one subsumable in different site characteristics (FOGGO, 1989).

The integration of a new species-specific function for juvenile, up to 1 m high *Picea abies* was a success. Thus, PhytoCalc seems

to be applicable for wooden species of low height too. Although the new function is comparably qualitative, the differences in the elemental contents between branches and needles indicate that a differentiation of age-groups is probably necessary. Contrary to BOLTE (2006), the coniferous species should therefore only be integrated up to average heights of at most 0,5 m for a start.

5. SUMMARY

This study's objective was to check the applicability of the phytomass and elemental stock model "PhytoCalc" under clear-cut conditions. Two model versions were consulted, focussing upon 4 widespread and biomass-rich species at small clear-cuts within even-aged *Picea abies* stands in central German highlands and 1 appropriate species within them: *Oxalis acetosella* L., *Digitalis purpurea* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Drejer, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn and *Rubus idaeus* L. Both PhytoCalc versions failed at clear-cut sites for now, because the balances of energy, matter and water, influencing the understorey phytomass here, are significantly different compared to the forest stand. Liming effects, deviations in harvesting time and user bias were found to be possible sources of error as well as the determination of the 2 simple model parameters ground coverage and mean shoot length can be challenging in some special cases.

Nevertheless, PhytoCalc was found to be an easy, cheap and fast approach that should be chased further one to obtain dry weight and elemental stocks of understorey phytomass. So e. g. the model seems to be applicable for wooden species of low height too, as shown with juvenile, up to 1 m high *Picea abies*. The calibrations efforts should now first focus on reliable functions for dry weight even under extreme conditions like clear-cuts for as much species as possible.

6. Zusammenfassung

Titel des Beitrages: *Anwendung des Phytomasse- und Elementvorratsmodells „PhytoCalc“ unter Kahlschlagbedingungen*

Ziel dieser Untersuchung war es, die Anwendbarkeit des Phytomasse- und Elementvorratsmodells „PhytoCalc“ unter Kahlschlagbedingungen zu testen. Dazu wurden 2 verschiedene Modellversionen und 4 weit verbreitete und biomassereiche Arten herangezogen: *Digitalis purpurea* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Drejer, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn und *Rubus idaeus* L. Zur Kontrolle und als typische Art für einen gleichaltrigen *Picea abies* Bestand wurde *Oxalis acetosella* L. ausgewählt.

Beide PhytoCalc-Versionen hatten Probleme, die gemessenen Werte hinreichend genau zu modellieren bzw. mussten dafür erst angepasst werden. Die Gründe dafür liegen vor allem in einem unterschiedlichen Energie-, Stoff- und Wasserhaushalt der Freiflächen im Vergleich zum Bestand, der die Bodenvegetation signifikant beeinflusst. Auch die Ermittlung der beiden Modellparameter Deckungsgrad und mittlere Sprosslänge kann in speziellen Fällen problembehaftet sein. Mögliche weitere Fehlerquellen sind Kalkungseffekte, der Zeitpunkt der Beerntung, Bearbeitereffekte (Subjektivität) und standörtliche Verschiedenheiten.

Abseits der extremen Rahmenbedingungen auf einem Kahlschlag bleibt PhytoCalc weiterhin ein wertvoller, da kostengünstiger, simpler und schneller Ansatz zur Quantifizierung von Trockengewichten und Elementvorräten der Bodenvegetation. Dass die grundlegende Idee sinnvoll und auch für verholzende Arten adaptierbar scheint, wurde am Beispiel von bis zu 1 m hoher Fichten-Naturverjüngung deutlich. Durch die Integration neuer, bisher noch nicht berücksichtigter Arten und weitere Feinkalibrierung können die Anwendungsgebiete des Modells noch erweitert werden.

7. Résumé

Titre de l'article: *Pertinence du modèle «PhytoCalc», relatif à la phytomasse et aux réserves en éléments de base, dans le cas de coupes rases.*

L'objectif de cette étude était de vérifier l'applicabilité du modèle «PhytoCalc», relatif à la phytomasse et aux réserves en éléments de base, dans le cas de coupes rases. Deux versions du modèle ont été consultées à propos de 4 espèces largement répandues et riches en biomasse, dans des petites coupes rases faites dans des peuplements équiennes de *Picea abies* des collines du Centre de l'Allemagne et 1 espèce judicieusement choisie parmi elles: *Oxalis acetosella* L., *Digitalis purpurea* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Drejer, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn et *Rubus idaeus* L. Les deux versions PhytoCalc n'ont pas bien fonctionné jusqu'à maintenant dans le cas des coupes rases, parce que les équilibres d'énergie, de matière et d'eau, qui y exercent de l'influence sur la biomasse en sous-étage, sont significativement différentes de ceux qui règnent dans un peuplement forestier. Des effets de chaulage, des dérivés dans les dates de récolte et des biais dus aux utilisateurs peuvent être des sources d'erreur possibles; on peut aussi penser que la détermination des 2 paramètres simples du modèle, couverture au sol et longueur moyenne de pousse, peut être une gageure dans certains cas particuliers.

Il n'en reste pas moins que l'on a trouvé que PhytoCalc était un moyen facile, peu coûteux et rapide d'aborder le problème que l'on devrait continuer à utiliser pour apprécier la masse sèche et les réserves en éléments de base de la phytomasse en sous-étage. Ainsi par exemple le modèle semble être applicable aussi aux espèces ligneuses dont la hauteur est encore faible, comme on l'a constaté dans le cas de *Picea abies*, au stade juvénile, jusqu'à 1 m de hauteur. Les efforts de calibration devraient maintenant se focaliser en premier lieu sur des fonctions fiables en ce qui concerne la masse sèche, même dans des conditions extrêmes comme les coupes rases, pour le plus grand nombre possible d'espèces. R. K.

8. Acknowledgements

The authors would like to thank the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) for the financial grant of the project ME 2078/1-1 and 3 anonymous experts for their useful comments.

9. References

BOLTE, A. (1999): Abschätzung von Trockensubstanz-, Kohlenstoff- und Nährelementvorräten der Waldbodenflora – Verfahren, Anwendung und Schätztafeln. In: Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt 7. Stuttgart.

BOLTE, A., S. ANDERS und A. ROLOFF (2002): Schätzmodelle zum oberirdischen Vorrat der Waldbodenflora an Trockensubstanz-, Kohlenstoff und Makronährelementen. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173. H. 4, S. 57–66.

BOLTE, A., B. LAMBERTZ, A. STEINMEYER, R. KALLWEIT und H. MEESENBERG (2004): Zur Funktion der Bodenvegetation im Nährstoffhaushalt von Wäldern – Studien auf Dauerbeobachtungsflächen des EU Level-II-Programms in Norddeutschland. In: Forstarchiv 75. H. 6, S. 207–220.

BOLTE, A. (2006): Biomasse- und Elementvorräte der Bodenvegetation auf Flächen des forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz (BZE, EU Level II). In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme 72, Reihe B. Göttingen.

BMELV [Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2006): Arbeitsanleitung zur zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Bonn.

ELLENBERG, H., R. MAYER und J. SCHAUERMANN (1986): Ökosystemforschung – Ergebnisse des Sollingprojektes 1966–1986. Stuttgart.

FOGGO, M. N. (1989): Vegetative Responses of *Deschampsia flexuosa* (L.) TRIMEN (Poaceae) Seedlings to Nitrogen Supply and Photo-Synthetically Active Radiation. In: Functional Ecology 3. H. 2, S. 337–343.

HÖGBERG, P., A. GRANSTRÖM, T. JOHANSSON, A. LUNDMARK-THELIN und T. NÄSHOLM (1986): Plant Nitrate Reductase Activity as an Indicator of Availability of Nitrate in Forest Soils. In: Canadian Journal of Forest Research 16. H. 6, S. 1.165–1.169.

HÖHNE, H. (1962): Vergleichende Untersuchungen über Mineralstoff- und Stickstoffgehalt sowie Trockensubstanzproduktion von Waldbodenpflanzen. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 11. H. 10, S. 1.085–1.141.

HÖHNE, H. (1963): Der Mineral- und Stickstoffgehalt von Waldbodenpflanzen in Abhängigkeit vom Standort. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 11. H. 8, S. 791–805.

HÖHNE, H. und H. J. FIEDLER (1963): Über den Einfluß des Entwicklungszustandes von Waldgräsern auf ihren Gehalt an Mineralstoffen und Stickstoff. In: Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 12. S. 676–696.

KELLOMÄKI, S. (1974): Metsän aluskasvillisuuden biomassan ja peittävyuden välisestä suhteesta (On the Relation between Biomass and Coverage in Ground Vegetation of Forest Stands). In: Silva Fennica 8. H. 1, S. 20–46.

KÖLLING, C. und K. H. REHFUSS (1987): Bioelementhaushalt in der Bodenvegetation und im Auflagehumus von Hochlagen-Fichtenwäldern (*Soldanello-Piceetum*) des Inneren Bayerischen Waldes. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 158. H. 8, S. 195–199.

KÖNIG, N. und H. FORTMANN (2006): Probenvorbereitungs-, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytiklabors der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B. Göttingen – Manuskript.

MROTZEK, R. (1998): Wuchsdynamik und Mineralstoffhaushalt der Krautschicht in einem Buchenwald auf Basalt. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme 152, Reihe A. Göttingen.

NEUMANN, M. and F. STARLINGER (2001): The Significance of Different Indices for Stand Structure and Diversity in Forests. In: Forest Ecology and Management 145. H. 1/2, S. 91–106.

NYKVIST, N. (1997): Changes in Species Occurrence and Phytomass after Clearfelling, Prescribed Burning and Slash Removal in Two Swedish Spruce Forests. In: Studia Forestalia Suecica 201. Uppsala.

PALVIAINEN, M., L. FINÉR, H. MANNERKOSKI, S. PIIRAINEN und M. STARR (2005): Responses of Ground Vegetation Species to Clear-Cutting in a Boreal Forest: Aboveground Biomass and Nutrient Contents during the first 7 Years. In: Ecological Research 20. H. 6, S. 652–660.

RÖHLE, H., K. U. HARTMANN, D. GEROLD, C. STEINKE und J. SCHRÖDER (2006): Aufstellung von Biomassefunktionen für Kurzumtriebsbestände. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 177. H. 10/11, S. 178–187.

RÖTTGERMANN, M., T. STEINLEIN, W. BEYSCHLAG und H. DIETZ (2000): Linear Relationships between Aboveground Biomass and Plant Cover in Low Open Herbaceous Vegetation. In: Journal of Vegetation Science 11. H. 2, S. 145–148.

SCHMIDT, W., T. HARTMANN, G. KOTHE-HEINRICH und R. SCHULTZ (1989): Jahresrhythmus und Produktion der Krautschicht in einem Kalkbuchenwald. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 17. S. 145–157.

ZERBE, S. (1992): Fichtenforste als Ersatzgesellschaften von Hainsimsen-Buchenwäldern. Vegetation, Struktur und Vegetationsveränderungen eines Forstökosystems. In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme 100, Reihe A. Göttingen.

Mehrdimensionale Steuerungsverfahren – ein erfolgversprechender Ansatz für die Verwaltungs- und Unternehmenssteuerung im Forstsektor?

Analyse einer Fallstudie mit Bezügen zu Ergebnissen in US-amerikanischen Behörden

(Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen)

Von C. HARTEBRODT^{*}, K. HERBOHN^{**}) und J. HERBOHN^{***})

(Angenommen Dezember 2007)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Mehrdimensionale Managementmethoden; Performance Measurement; Neue Verwaltungssteuerung; Fallstudie Landesforstverwaltung Baden-Württemberg; Balanced Scorecard.

Multidimensional Management Tools; Performance Measurement; case study forest administration Baden-Württemberg (Germany); Balanced Scorecard.

1. EINLEITUNG

Die Steuerung von Forstbetrieben und -verwaltungen ist in den vergangenen drei Jahrzehnten deutlich komplexer geworden. Forstbetrieben werden heute vielfältigste Leistungen abverlangt, ohne dass die ökonomische Abhängigkeit von der Holzproduktion relevant reduziert werden konnte. Zugleich haben sich für Forstverwaltungen, in geringerem Umfang auch für größere private Forstbetriebe, der Grad der öffentlichen Wahrnehmung und die Einflussnahme von Stakeholdergruppen merklich erhöht. Daraus resultiert ein Veränderungsdruck hinsichtlich der Steuerung größerer forstlicher Organisationseinheiten. Über Jahrzehnte war der Fokus auf die Steuerung von Geldströmen gerichtet. Heute besteht für die Unternehmens- und Verwaltungsleitungen die Notwendigkeit, die Leistungen verschiedenster Bereiche des Gesamtunternehmens gesamthaft zu steuern. Dies hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Reformüberlegungen ausgelöst.

Die Präsentation des „Neuen Steuerungsmodells“ durch die Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement im Jahr 1993 (KGSt, 1993) war ein Meilenstein in dieser Entwicklung. Dabei erstreckt sich dieser Reformvorschlag auf zwei Ebenen.

Die Strukturreform befasst sich mit den Außenbeziehungen der Verwaltung; hier stehen Elemente wie Wahlmöglichkeiten der Nutzer, Contractingmodelle etc. im Vordergrund. Im Zuge der Reformen stehen hier insofern die Erhöhung der Transparenz gegenüber Bürgern und politischen Entscheidungsträgern sowie die Steigerung der „Kundenorientierung“ im Vordergrund.

Die Binnenreform der Verwaltung umfasst Bereiche wie Organisationsstrukturen, die Mitarbeitersphäre und die Einführung von klar definierten Produkten und Dienstleistungen (BUDÄUS et al., 1998). Unter dem Oberbegriff „Neue Steuerungsmodelle“ (syn. new public management, wirkungsorientierte Verwaltungssteuerung, WOV) wird zudem auch die Frage des Führungsinstrumentariums diskutiert. Ab Mitte der 90er-Jahre gewannen mehrdimensionale Steuerungsverfahren zunehmend an Bedeutung. Verschiedene Landesverwaltungen, u.a. Hessen, Baden-Württemberg (BW) und Sachsen, haben hierzu Konzepte vorgelegt (vgl. HEITZER, 2001; BECKER und BÖGELEIN, 2001).

Im Hinblick auf die bis Ende der 90er Jahre noch verbreitet vorhandenen forstlichen Regiebetriebe mussten sich Forstverwaltungen viel früher mit der Thematik der Betriebssteuerung befassen. Erste Ansätze zur Nutzung von operationalisierenden Führungsinstrumenten sind daher vergleichsweise früh zu finden. Nach Pilotversuchen in der zweiten Hälfte der 90er Jahre wird im Jahr 2000 von der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (BW) flächendeckend ein Zielvereinbarungsverfahren (ZVV) eingeführt, das durch eine Zuordnung der Einzelziele zu verschiedenen Dimensionen, durch die konsequente Operationalisierung und eine starke Fokussierung auf wenige Leitziele gekennzeichnet ist und damit die wesentlichen Elemente eines mehrdimensionalen Steuerungssystems trägt (HARTEBRODT, 2003 und 2004). Im Zuge der Reformbestrebungen in nahezu allen Bundesländern kommen seit Mitte dieses Jahrzehnts zunehmend mehr Forstverwaltungen mit mehrdimensionalen Instrumenten in Berührung. So ist in Brandenburg die Einführung einer Balanced Scorecard in der Umsetzung und der Landesbetrieb Hessenforst befindet sich seit Ende des Jahres 2005 in konzeptionellen Vorüberlegungen. Zur Frage, ob und ggf. unter welchen Modifikationen solche Verfahren im Forstsektor eingesetzt werden können, verspricht die Auswertung eines ersten mehrjährigen Praxisbeispiels relevante Erkenntnisse, die nachfolgend dargestellt werden sollen.

2. ZIELSETZUNG UND GRENZEN DER UNTERSUCHUNG

Grundsätzlich ist zunächst festzuhalten, dass in diesem Beitrag nicht die Detail- und Kausalanalyse im Vordergrund steht, sondern die Frage, ob und ggf. welche Ziele mit mehrdimensionaler Steuerungsverfahren¹⁾ im forstlichen Kontext erreicht werden können. *Tabelle 1* gibt eine Übersicht über die zugrunde liegenden Leitfragen und deren wesentliche Hinter- und/oder Beweggründe und zeigt darüber hinaus Grenzen des gewählten Ansatzes auf.

Die Untersuchung nimmt erstmalig eine detaillierte Würdigung der Anwendung von mehrdimensionalen Steuerungsverfahren im deutschsprachigen Forstsektor vor. Die Möglichkeit, Ergebnisse einer umfangreichen Untersuchung als Bewertungsmaßstab zu nutzen (CAVALLUZZO und ITTNER, 2004; nachfolgend C & I), entschärft die verbreitete Problematik vieler Evaluationen, Mitarbeiterbefragungen etc., die häufig als Einzeluntersuchungen vorliegen und deren isolierte Ergebnisse mangels Vergleichsmaßstäben oft kaum interpretiert werden können.

Gleichwohl gilt es hier die Grenzen der Untersuchung zu benennen. Die Nutzung einer weitgehend identischen Methodik und in vielen Fällen identischer Fragen führt aufgrund kultureller Unterschiede nicht zwangsläufig zu einer direkten, quantitativen Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Dies hätte eine vertiefte Betrachtung der Verwaltungskultur erfordert, die nicht Bestandteil der Untersuchung war.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse ermöglichen aber gleichwohl eine eingehende qualitative Bewertung.

¹⁾ International ist der Begriff Performance Measurement System (PMS) gebräuchlich. Dieser wird im Folgenden verwendet.

^{*}) CHRISTOPH HARTEBRODT leitet die Abteilung Forstökonomie der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA).

^{**}) KATHLEEN HERBOHN ist Lecturer der School of Business der Queensland University.

^{***}) JOHN HERBOHN ist Senior Lecturer der School of Natural and Rural Systems Management, der Queensland University (Australien).

Tab. 1

**Ableitung der Forschungsleitfragen und Grenzen der Untersuchung.
Deduction of central questions and limitations of the present study.**

| Hintergrund | Leitfrage | Grenzen der Untersuchung/ Anmerkungen |
|---|---|--|
| Neue Führungsmethoden können, insbesondere wenn insgesamt eine hohe Veränderungsdynamik vorliegt, Verunsicherung bei den Mitarbeitern auslösen (vgl. Lies, 2003). Diese können ggf. zu einer Ablehnung eines Führungsinstrumentariums führen, was die Entwicklung eines Unternehmens dauerhaft behindert. | L1: Welche Akzeptanz erreicht ein PMS in einer Forstverwaltung nach einer Anwendungsdauer von ca. vier Jahren? | Die Einführung des PMS war durch eine bereits beschlossene, erneute Reorganisationsmaßnahme besonders belastet. Zusätzlich wurde die Einführung parallel zur Bewältigung der Sturmkatastrophe Lothar vorgenommen. Es lag insofern eine hohe Veränderungsdynamik und Arbeitsbelastung vor. Es war daher zu erwarten, dass in der Tendenz eine Neigung zur negativen Bewertung vorhanden war. |
| Die Entwicklung der PMS wurde zunächst für den industriellen Bereich vorgenommen und ist erst teilweise im Verwaltungssektor erprobt. Für den Bereich der Forstwirtschaft liegen international wenige, im deutschsprachigen Bereich keine Erkenntnisse hinsichtlich der Übertragbarkeit vor. | L2: Erreicht das PMS nach einer vierjährigen Anwendungsdauer einen durchschnittlichen „Reifegrad“ oder werden spezifische Probleme eines Einsatzes im Forstsektor erkennbar? | Fallstudien sind grundsätzlich hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit eingeschränkt. Der Bezug zu US-amerikanischen Vergleichswerten blendet Unterschiede in der Unternehmenskultur zunächst aus. Allerdings stellen diese US-amerikanischen Referenzwerte im Rahmen des verwendeten Evaluationsverfahrens die aktuell einzigen, empirisch breit abgestützten, qualitativen Vergleichsmaßstäbe für derartige Untersuchungen dar. |
| Mit der Einführung von PMS werden eine Vielzahl von Erwartungen verbunden. Daran schließt sich die Frage an, welche Teilziele des Managements in besonderer Weise beeinflusst werden. (Vgl. Kap. 3.1) | L3: Welche der Teilziele werden bei einer Anwendung im Forstsektor erreicht, welche Bereiche erweisen sich als problematisch? | Die Fragestellung wird anhand von neun Kriterien K1 – K9 (siehe Tab. 3) erörtert, indem auf der Basis einer thematischen Clusterung von Fragen durchschnittliche Zustimmungswerte auf der Basis eines Mittelwertes einer ordinalskalierten Bewertung (vierteilige Likert-Skala) ermittelt werden. |
| Die Rolle einer gelungenen Verfahrensimpementation wird im Hinblick auf den prozessualen Charakter von der überwiegenden Zahl der Autoren bejaht (Vgl. Amann, 2003; Gleich, 2001; Kaplan und Norton, 2001) | L4: Lassen sich wesentliche Faktoren identifizieren, die den Erfolg der Einführung der Verfahren in besonderer Weise fördern (L4.1), bzw. die sich als besonders erfolgskritisch herausstellen können (L4.2). | Ausweitung des Untersuchungsfokus gegenüber C&I durch konkrete Befragung zu Veränderungseffekten und Ergänzung von organisationsspezifischen Fragen. |

3. STAND DES WISSENS UND THEORETISCHER BEZUGSRAHMEN

3.1 Entstehung und Charakterisierung von mehrdimensionalen Steuerungsverfahren

Verschiedene Autoren heben auf zwei wesentliche Treibergrößen, die zur Entwicklung von PMS geführt haben, ab.

Zum einen wird verbreitet festgestellt, dass die Defizite in der Unternehmenssteuerung häufig mehr in der Strategieumsetzung als in der Qualität der Strategie zu suchen sind. Es werden zum Teil sehr geringe Prozentwerte für eine erfolgreiche Strategieumsetzung von 30% bis herunter zu 10% genannt (vgl. KIECHEL, 1982; ERNEST und YOUNG, 1998; HORVÁTH, 2001). Auch der zunehmende Verlust der Strategiekennnisse über die Hierarchieebenen hinweg wird als gravierend eingestuft. Die PMS wurden insofern als Management-Werkzeuge konzipiert, die im Wesentlichen den Prozess der Strategieimplementation und -umsetzung im Gesamtunternehmen fördern sollen (vgl. AMANN, 2003).

Zum anderen wird die Entstehung von PMS als Reaktion auf die Kritik an traditionellen Steuerungskonzepten aufgefasst, die bilanz- bzw. rechnungswesenorientiert sind und damit primär auf finanziellen Kennzahlen beruhen. GLEICH (2001) gibt einen umfassenden Überblick über die Schwächen klassischer Steuerungsansätze. Veränderungsnotwendigkeiten resultieren auch aus dem Wandel in Richtung einer postindustriellen Wissensgesellschaft, in der die Steuerung von immateriellen Werten immer wichtiger wird (KAPLAN und NORTON, 2001; 1992). Sie weisen darauf hin, dass neben der internen Steuerung der Leistung im Außenverhältnis auch die Darstellung der Entwicklung der immateriellen Werte bedeutender wird. Auch für den forstlichen Kontext wird grundsätzlich eine Zunahme der Komplexität festgestellt und die Notwendigkeit einer stärkeren Berücksichtigung externer Faktoren postuliert (OESTEN, 2004).

Vor diesem Hintergrund werden im Laufe der 90er-Jahre verschiedene Ansätze vorgestellt, wie nichtmonetäre Aspekte stärker in der Unternehmenssteuerung berücksichtigt werden können. Viele Systeme beruhen auf der Definition von verschiedenen Ziel-

dimensionen, denen die Einzelziele zugeordnet werden. Dabei hat sich sehr rasch eine Vielfalt hinsichtlich der Dimensionalität und der Struktur der Systeme entwickelt. Insofern verbirgt sich in der Gruppe der PMS mittlerweile eine große Zahl unterschiedlicher Verfahren. Zu trennen sind zum einen wissenschaftliche/systematische und damit dem Grunde nach allgemein anwendbare PMS, zum anderen Steuerungsverfahren, die auf empirischer Basis entwickelt wurden und damit weitgehend von Unternehmensspezifika geprägt sind. Bedingt durch die zwischenzeitlich etwa 15-jährige Anwendungspraxis haben sich diverse Übergangsformen gebildet. *Abb. 1* gibt einen systematischen Überblick über die PMS.

Neben der Mehrdimensionalität (HERBOHN und HERBOHN, 1999) wird die Operationalisierung von Zielen als ein zentraler Bestandteil hervorgehoben. HOUSE und PRICE (1991, zitiert in GLEICH, 2001) heben auf die Notwendigkeit ab, die Zielerreichung anhand von messbaren Kennzahlen und Indikatoren zu messen. Auch BAUMGARTNER (2002) nennt in diesem Kontext den Grad der Operationalisierung als ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung verschiedener PMS.

Trotz der mittlerweile sehr großen Zahl von Einzelverfahren lassen sich vier Elemente lokalisieren, die als *strukturelle Merkmale* für eine Zuordnung von Steuerungsverfahren zur Gruppe der PMS herangezogen werden können.

1. *Strategiebezug*: Nutzung des Verfahrens als Instrument der Strategieumsetzung.

2. *Prozesscharakter*: Definierte Prozessschritte von der Strategiefindung bis zur mittel- und kurzfristigen Umsetzung von Zielen sowie die Notwendigkeit, die Einführung dieser Verfahren durch einen umfassenden internen Fortbildungs- und Kommunikationsprozess zu stützen.

3. *Mehrdimensionalität*: Zuordnung der Einzelziele zu mehreren Zieldimensionen.

4. *Operationalisierung*: Konsequente Operationalisierung der Ziele und hierbei insbesondere die Verbindung dieser Ziele mit steuerungsrelevanten Indikatoren oder Kennzahlen.

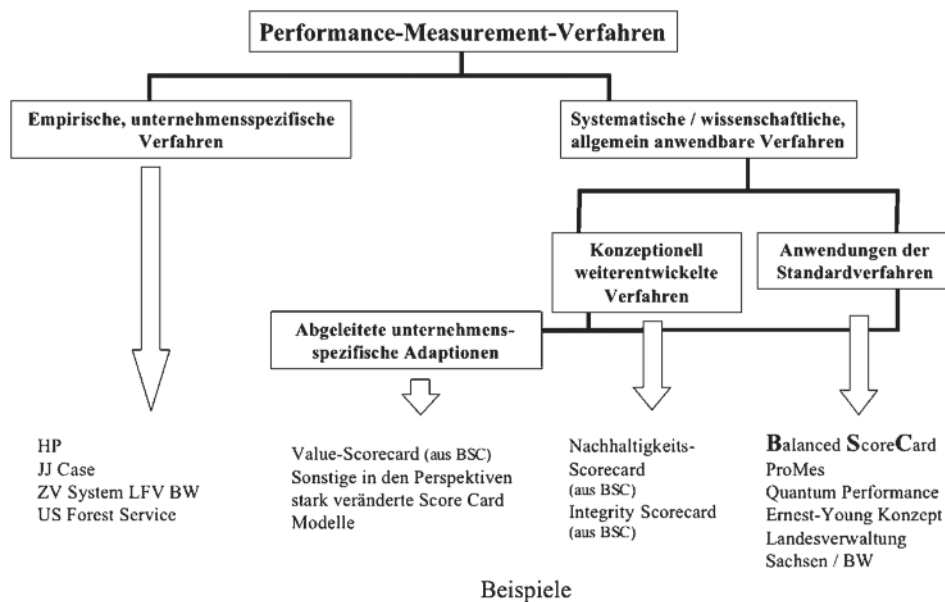


Abb. 1

Überblick und Systematisierung von Performance Measurement Systemen.
Overview and systematization of Performance Measurement Systems.

3.2 PMS im industriellen Bereich und in der öffentlichen Verwaltung

Ziel der PMS war zunächst die Entwicklung mehrdimensionaler Kennzahlensysteme als Hilfsmittel der Steuerung. Diese mehr retrospektiv ausgerichteten Kennzahlensysteme haben sich schnell zu proaktiven Steuerungsinstrumenten entwickelt und im industriellen Sektor eine relevante und rasch wachsende Bedeutung erlangt (KAPLAN und NORTON, 2001). Bei ausgeprägten Unterschieden zwischen einzelnen Branchen (BISCHOF, 2001) ist bei größeren Unternehmen eine insgesamt hohe Anwendungshäufigkeit gegeben. 40% der DAX 100-Unternehmen nutzen die Balanced Scorecard, die Methode, die in der Unternehmenspraxis die größte Verbreitung gefunden hat (SPECKBACHER und BISCHOF, 2000; BISCHOF 2001; BEYELER, 2002). Nimmt man andere Methoden, die den PMS zugeordnet werden können, hinzu, nutzen wohl mehr als die Hälfte der Großunternehmen entsprechende Verfahren als Führungsinstrumente. Auch für Unternehmen im angloamerikanischen Raum wird ein ähnlicher Grad der Marktdurchdringung unterstellt. (HORVÁTH & Partner, 2004). Im industriellen Sektor ist die Bewertung der PMS überwiegend positiv. Entsprechende Untersuchungen zeigen auf, dass Unternehmen, die PMS im Einsatz haben, derzeit mehrheitlich den Erfolg bejahen und eine weitere Nutzung anstreben (HORVATH & Partner, 2004).

PMS im öffentlichen Sektor waren zunächst gleichermaßen als *Monitoring-Systeme* konzipiert, mit denen die Leistung von Verwaltungseinheiten für Politik und vorgesetzte Dienststellen anhand klar definierter Output- und Outcome-Kriterien messbar gemacht werden sollte (WOLLMANN, 2004). Aber auch hier stieg die Bedeutung erst mit der Weiterentwicklung zu strategischen Management-Systemen, die eine neue technische/instrumentelle Struktur zur Umsetzung von Verwaltungszielen und -strategien zur Verfügung stellen (AMANN, 2003).

Für den Verwaltungsbereich lässt sich feststellen, dass die Leistungsmessung mit PMS in vielen OECD-Ländern eine zunehmende Bedeutung erlangt (Wollmann, 2004). Die Entwicklung ist dabei sehr unterschiedlich weit fortgeschritten. So werden (ebd.) in Neuseeland entsprechende Systeme intensiv genutzt. In den USA erfolgt die Nutzung sogar auf gesetzlicher Basis (US Senate, 1992)

und führt damit zu einer sehr breiten Anwendung (CHRISTENSEN et al., 2003). In Europa lassen sich für Schweden, Großbritannien und die Schweiz bisher die ausgeprägtesten Bestrebungen feststellen, entsprechende Steuerungsverfahren einzuführen (WOLLMANN, 2004).

Im Bereich der öffentlichen Verwaltungen fällt die Bewertung der PMS nicht so eindeutig positiv aus wie im industriellen Sektor. Verschiedene Autoren weisen auf Probleme der Einführung entsprechender Verfahren im öffentlichen Bereich hin. Im Vordergrund stehen hier Fragen der Passgenauigkeit von Indikatoren zu ggf. komplexen Zielen, ein teilweise mangelndes Interesse von kommunalen Entscheidungsträgern und der nicht unerhebliche Zeit- und Kostenaufwand, der mit der Datenbereitstellung verbunden ist. Zudem wird die Gefahr der Datenbeschönigung gesehen (WOLLMANN, 2004; KUHLMANN, 2005). Kuhlmann erwartet im Hinblick auf die hohe Relevanz und Verbreitung der Systeme im internationalen Umfeld und aufgrund von zunehmenden Budgetrestriktionen trotzdem eine zunehmende Bedeutung im Bereich der Steuerung und Ressourcenallokation. Nachdem die Einführung neuer Steuerungsmodelle etwa ein Jahrzehnt eine Domäne der Kommunen war, befinden sich mittlerweile viele Landesverwaltungen in der Umsetzung von sog. „Neuen Steuerungsmodellen“. In den meisten Fällen ist eine Nutzung von mehrdimensionalen Steuerungsverfahren ein Bestandteil dieser Reformprozesse (u.a. BW, Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen).

3.3 Stand der Nutzung von PMS im Forstbereich

Der zeitliche Ablauf der Implementation von PMS im Forstbereich folgt dem Ablauf in anderen Wirtschaftssektoren. Die Entwicklung setzte hier ebenfalls im englischsprachigen Raum ein. Protagonisten der Entwicklung sind hier namentlich in Australien, Neuseeland und den USA zu finden. Auch im forstlichen Bereich ist der Übergang von eher monitoring-orientierten PMS zu Führungsinstrumenten erkennbar. So weist beispielsweise der „Report of the Forest Service, Financial Year 2001“ (US Forest Service, 2002) sowohl Züge eines Monitoring- als auch eines Führungssystems auf. Mit der Anbindung an die Strategie, der Gliederung in Zieldimensionen und einer zumindest partiellen

Definition von Zielwerten sind einerseits die wesentlichen Züge eines management-orientierten PMS erkennbar. Eine sehr hohe Zahl von Zielen und Indikatoren steht auf der anderen Seite erkennbar in der Tradition eines umfassenden, eher (berichts- =) monitoring-orientierten Ansatzes. Für den Forest Service of New South Wales wird bereits eine stärkere Fokussierung und damit eine ausgewogene Bedeutung finanzieller und natürlicher Indikatoren sichtbar (State Forst New-South Wales, 2005). Mit dem Übergang zu ex ante vorliegenden Planungssystemen wird beispielsweise von COILLTE (2002) der Übergang zum strategischen Führungsinstrumentarium vollzogen.

Zu Beginn dieses Jahrzehnts werden erste mehrdimensionale Führungssysteme im deutschsprachigen Forstbereich eingeführt. Die Landesforstverwaltung Baden-Württemberg implementiert zu Beginn des Forstwirtschaftsjahres 2000 ein Zielvereinbarungsverfahren, das nach der o.g. Systematik (vgl. *Abb. 1*) den unternehmensspezifischen PMS zugeordnet werden kann, nachdem sich die innere Struktur praktisch ausschließlich an verwaltungsinternen und forstspezifischen Festlegungen (u.a. Produktbereichsgliederung des DFWR²) orientiert (HARTEBRODT, 2002; DFWR, 1998). Die Österreichischen Bundesforste nutzen eine „Sustainability Balanced Scorecard“ (vgl. BIEKER et al., 2001; ÖBF, 2005), die den konzeptionell weiterentwickelten Basisverfahren (hier: Balanced Scorecard) zugeordnet werden kann. Dieser Ansatz wird sowohl bei einer Weiterentwicklung des baden-württembergischen Verfahrens (MLR, 2005) als auch bei der bevorstehenden Einführung in der LFV Brandenburg verfolgt (DUHR, 2005). Für den deutschsprachigen Forstbereich kann daher erwartet werden, dass die Bedeutung in den nächsten Jahren zunehmen wird.

3.4 Evaluation der Verfahren

Die wissenschaftliche Analyse der PMS erfolgt naturgemäß erst mit einem gewissen Zeitverzug zu deren Einführung. Dies hat zur Folge, dass sich die Untersuchung bisher schwerpunktmäßig auf den industriellen Sektor konzentriert, der hier nicht weiter diskutiert werden soll.

Für den Verwaltungsbereich lagen auch außerhalb Europas vor der umfassenden Untersuchung von C&I nur kleinere Studien vor. C&I führten in den Jahren 1996 und 1997 eine umfassende Untersuchung durch und erhielten ca. 800 auswertbare Fragebögen aus den 24 wichtigsten Verwaltungsbereichen in den USA. Damit lag erstmalig eine breit angelegte Untersuchung vor, die Möglichkeiten aber auch Grenzen dieser Verfahren aufzeigt³.

Für den deutschsprachigen Bereich ist eine vergleichbare Situation dahingehend erkennbar, dass auch hier bisher nur kleinere Fallstudien vorliegen. RITZ (2003) wertet bei vier schweizerischen Bundeseinrichtungen die „Führung mit Leistungsauftrag und Globalbudget“ (FLAG)⁴ aus. FREI et al. (2001) untersuchen die Möglichkeiten von PMS im Rahmen einer Potenzialanalyse, ohne dass ein konkreter Anwendungsbezug hergestellt werden kann. Beide Studien kommen zu einem differenzierten Bild. RITZ sieht gerade für den Bereich der betrieblichen Steuerung mehrheitlich positive Ergebnisse, konstatiert jedoch hinsichtlich der Frage, inwieweit ein betrieblicher Wandel unterstützt werden kann, eher eine geringe Wirksamkeit. Im Hinblick auf die für die Verwaltung wichtige Ausgestaltung der Beziehung zur politischen Entscheidungsebene werden mehrheitlich mäßige, z.T. sogar kontraproduktive Ergebnisse

²) DFWR = Deutscher Forstwirtschaftsrat.

³) Wesentliche Ergebnisse dieser Studie werden im Hinblick auf die Tatsache, dass die vorliegende Fallstudie Baden-Württemberg als Vergleichsstudie konzipiert wurde, erst nachfolgend bei der Ergebnisdarstellung und im Rahmen der Diskussion wiedergegeben.

⁴) Auch bei dem FLAG handelt es sich um ein Verfahren aus der Gruppe der PMS.

dargestellt. Auch FREI et al. (2001) sehen beim Einsatz der Balanced Scorecard durchaus Potenziale für den Bereich der „wirkungsorientierten Verwaltungssteuerung“, weisen aber zugleich auf wesentliche Risiken hin, u. a. hinsichtlich des Grades des Entscheidungsspielraumes sowie des Fehlens abgestimmter und politisch gesicherter Strategien. Eine systematische Bewertung der Anwendung der Verfahren im forstlichen Kontext ist bisher nicht vorgestellt worden.

3.5 Evaluationskriterien

In Kapitel 3.1 wurde auf die Hintergründe eingegangen, die zur Entwicklung der PMS mit deren strukturellen Merkmalen (Strategiebezug, Mehrdimensionalität, Operationalisierung und Prozessbasierung) geführt haben. Die Systeme müssen sich daher an dem Anspruch messen lassen, inwieweit deren Entwicklungsziele erreicht werden. Verschiedene Autoren stellen Überlegungen zu Bewertungskriterien bzw. Entwicklungszielen an (BAUMGARTNER, 2002; BEYELER, 2002; GLEICH 2001). In *Tabelle 2* wird ein Überblick über unterschiedliche Kriterien gegeben, die als Grundlage der Bewertung der Fallstudie LFV BW herangezogen werden.

4. MATERIAL UND METHODEN

4.1 Evaluationsmethode

Die Untersuchung wurde als „independent evaluation“ (ROSSI et al., 2004) durchgeführt, d. h., dass die Fragestellung und die Bewertungskriterien vom Evaluierenden ohne Stakeholderbeteiligung auf der Basis einer Literaturrecherche abgeleitet wurden. ROSSI et al. (ebd.) geben einen detaillierten Überblick über den gewählten Ansatz.

SCRIVEN (1991) stellt für die praktische Durchführung von Evaluationen ein Phasen-Modell vor und definiert folgende Einzelschritte (in Klammern Angaben für die Fallstudie ZVV LFV BW).

- **Objektwahl:** Auswahl der Objekte und Dimensionen, die beurteilungsrelevant sind (Objekt: Vollerhebung Führungskräfte LFV BW; Dimensionen: Übernahme der Fragen und Gliederung aus C&I).
- **Kriterienfestlegung:** Bestimmung der Bewertungskriterien des Bewertungsobjekts (aus PMS Theorie abgeleitet, s. *Tab. 2*).
- **Vergleichsstandards:** Definition von Vergleichsstandards, die einen Vergleich mit alternativen „Programmen“ ermöglichen (Auswertung der Ergebnisse der Studie C&I auf der Basis einer thematischen Clusterung der Fragen, s. *Anh. 1*).
- **Methodenauswahl und Datensammlung:** Auswahl von Fragestellung und Methodik in Abhängigkeit vom Erkenntnisinteresse (Siehe Kap. 4.2).
- **Schlussbewertung:** Darstellung in einer evaluativen Schlussbewertung zusätzlich zur statistischen Darstellung der Ergebnisse (Projektbericht und Veröffentlichungen).

In der vorliegenden Untersuchung wird für den deutschsprachigen Forstsektor damit die erste Analyse vorgelegt, die eine Bewertung von Managementverfahren anhand von breit abgesicherten Vergleichswerten ermöglicht. Die vergleichende Darstellung der Mittelwerte der Untersuchungen von C&I und der vorliegenden Fallstudie ist in diesem Ansatz eine wesentliche Interpretationshilfe bei der Ergebnisdiskussion. Diese geht weit über bisherige Möglichkeiten hinaus. Trotzdem kann die Wertung nachfolgend nur qualitativ vorgenommen werden, da keine Möglichkeit besteht, Differenzen, die sich aus einer unterschiedlichen Verwaltungskultur und -historie ergeben, quantitativ adäquat abzubilden.

4.2 Datenerhebung

Die Untersuchung wurde in Form einer schriftlichen Befragung vorgenommen. Der Fragebogen wurde dabei auf der Basis der

Tab. 2

**Überblick über Bewertungskriterien für PMS-Verfahren und Kriteriensynopse.
Overview and synopsis of evaluation criteria derived from PMS-theory.**

| Bewertungs-kriterien | Erläuterung und Quellen | Zuordnung zu Themenkomplexen: Leitbegriffe |
|---|--|--|
| K1: <u>Strategischer Bezug</u> | Im Vordergrund steht die Frage, inwiefern die PMS dazu beitragen, dass die Organisationsmitglieder sich an den konkreten, strategischen Unternehmenszielen ausrichten (Baumgartner, 2002), Fragen der Langfristigkeit und inwiefern Fragen des strategischen Managements in das operative Handeln einfließen (Gleich, 2001). Das Vorhandensein bzw. die Nutzung von strategischen Kennzahlen gibt Hinweise auf die Integration von strategischen Fragen (Beyeler, 2002). | Strategie / strategische Ziele Priorisierung Ressourcenallokation Koordination Entscheidungsrelevanz Überbrückung Kontrollspanne |
| K2: <u>Mehrdimensionalität</u> | Die Systeme sind darauf angelegt, die Steuerung auf Aspekte außerhalb der ökonomischen Dimension und damit auch auf qualitative Aspekte auszudehnen (Gleich, 2001; Beyeler, 2002). Die Frage lautet, inwieweit diese Systeme diesem Anspruch bereits Genüge tun (Abdeckungsgrad im Anhalt an Baumgartner, 2002) | Vergleich der Bewertung der unterschiedlichen Dimensionen der Fallstudie (Fragenkomplex 2, s. Anh. 1) |
| K3: Validität der Kennzahlen | Die Validität der Kennzahlen ist insbesondere im Bereich nicht monetärer Kennzahlen umstritten. Die Wahrnehmung der Mitarbeiter spielt für die Akzeptanz eine herausgehobene Bedeutung (u.a. Ammons, 1996). | Festlegung sinnvoller Maßnahmen Validität Aktualität Direkte Beeinflussbarkeit |
| K4: <u>Operationalisierung</u> | Die Operationalisierung von Zielen wird als eine der zentralen Stärken der PMS und zwingende Verfahrensvoraussetzung gesehen (vgl. Baumgartner, 2002; Beyeler, 2002; Kaplan und Norton, 1991; 2002). | Leistungs-Messung/-Informationen, -Kontrolle, Zielformulierung Rechenschaftspflicht |
| K5: Bewertungs-funktion | Der Erfolg von PMS wird von der Mehrheit der Autoren mit der Nutzung der Ergebnisse für die Leistungsbewertung und ggf. -honorierung (materiell, immateriell) in Verbindung gebracht (Baumgartner, 2002; Beyeler, 2002) | Mitarbeiter / organisationsbezogene Zielmargen Belohnung Mitarbeiter / Führungskräfte |
| K6: Prozess-optimierung | PMS zeichnen sich dadurch aus, dass nicht nur Ergebnis-, sondern auch Prozess-Ziele definiert werden können (Baumgartner, 2002; Gleich 2001). Die Prozessebene stellt sehr häufig sogar eine Leitdimension der Verfahren dar (Kaplan und Norton 1991, 2002). | (Arbeits-) Prozesse Priorisierung von Aktivitäten |
| K7: Integration externer Faktoren | Die Integration externer Bezüge wird als wesentlicher Bestandteil von PMS interpretiert (Beyeler, 2002; Gleich, 2001; Kaplan Norton 1991; 1992; Amann 2003). | Nutzung von Kennzahlen mit Bezug zu externen Faktoren (u.a andere Waldbesitzarten) |
| K8: <u>Effektivität Implementation PMS</u> | Die Implementationsphase wird als kritischer Faktor gesehen, da die Einführung der Verfahren eine intensive Kommunikation und Training erfordern (Baumgartner, 2002; Beyeler 2002; Amann, 2003). | Handlungskompetenz Vorhandensein von Anreizsystemen. Comittment höherer Ebenen, Kommunikation und Training |
| K9: Datenverfügbarkeit | Im Hinblick auf die konsequente Kennzahlenbasierung und Operationalisierung müssen die technischen Voraussetzungen für die Informationsbereitstellung zwingend gegeben sein (Baumgartner, 2002; Beyeler 2002). | Daten... |

Untersuchung von C&I entwickelt. Im Hinblick auf die angestrebte Verwendung der Ergebnisse in den USA als Vergleichsmaßstab wurde die Überarbeitung des Fragebogens auf eine Anpassung an die Besonderheiten und Terminologie des ZVV begrenzt. Zusätzlich zum Fragen-Set der Untersuchung von C&I wurden einige spezifische Fragestellungen, die auf die Rahmenbedingungen der Einführung innerhalb der Landesforstverwaltung Bezug nahmen, ergänzt. Im Fokus stand unter anderem, inwieweit PMS eine Koordinationsfunktion zwischen räumlich getrennten Filialen übernehmen können und ob die exorbitanten Führungsspannen (ca. 1:80) mithilfe dieser Verfahren überbrückbar werden. Die Anpassung des Fragebogens fußte dabei wesentlich auf 13 semi-strukturierten Interviews mit Führungskräften der LfV. Der Fragebogen wurde sechs Mitarbeitern der Landesforstverwaltung in Form eines Pre-

tests vorgelegt. Hierbei wurden keine relevanten Änderungsnotwendigkeiten erkennbar, auch der vergleichsweise große Umfang des Fragebogens wurde nicht als problematisch beurteilt.

Der Fragebogen enthielt zehn Abschnitte. In Abschnitt eins wurden Daten zur demographischen Situation des Befragten erhoben. Mit den Fragen der Abschnitte zwei bis sieben sollten der „Reifegrad“ des Verfahrens und der Umfang der Nutzung auf Forstamts- und Forstdirektionsebene ermittelt werden. Die Bindung der Führungskräfte an das Verfahren wurde gleichermaßen erfragt. Abschnitt acht wurde dahingehend ausgestaltet, dass die erlebten Wirkungen des ZVV eingegrenzt werden konnten. In den Abschnitten neun und zehn wurden die technischen und institutionellen Rahmenbedingungen der Einführung des Verfahrens hinterfragt.

Der Fragebogen wurde durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) per e-Mail an 185 Führungskräfte der oberen und mittleren Managementebene verschickt. Um die Vertraulichkeit innerhalb der LFV⁵⁾ zu wahren, sollten die Fragebogen direkt an die Queensland University versandt werden. Einige Befragte übersandten die Fragebögen trotzdem an die FVA. Diese Vorgehensweise wurde auf Nachfrage vieler Forstämter im ersten Erinnerungs-Mail alternativ ausdrücklich zugelassen. Es wurden zwei Erinnerungsschreiben an Führungskräfte versandt, die zu bestimmten Stichtagen der FVA den Versand des Fragebogens noch nicht angezeigt bzw. nicht mitgeteilt hatten, dass sie an der Befragung nicht teilnehmen werden. Es wurde insgesamt eine für vergleichbare Untersuchungen übliche Rücklaufquote von 48% erreicht (vgl. KLAGES und MASSER, 2002; DIFU, 1997)⁶⁾.

Antworten der zuletzt übersandten Fragebögen wurden als ein Näherungskollektiv für nicht Antwortende genutzt (vgl. OPPEN-

⁵⁾ Die FVA ist ein Teil der Landesforstverwaltung und Ängste der Befragten, dass Informationen an vorgesetzte Dienststellen weitergegeben würden, konnten a priori nicht ausgeschlossen werden.

⁶⁾ Das Deutsche Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung (Speyer) – Arbeitsstelle für Verwaltungsbefragungen – geht von Rücklaufquoten unter 50% aus.

HEIM, 1966). Es ließen sich keine relevanten Unterschiede feststellen. Die Übereinstimmung wesentlicher demographischer Faktoren zwischen dem Kollektiv der Antwortenden und der Nicht-Antworter, geben ebenfalls Hinweise auf Repräsentativität der Antworten (vgl. BORTZ und DÖRING, 1995). Dies trifft bei der vorliegenden Untersuchung für den wesentlichen Faktor der Dauer der Betriebszugehörigkeit zu⁷⁾.

4.3 Thematische Gruppierung der Fragen

Die 74 Einzelfragen wurden, parallel zur Strukturierung im Fragebogen, thematisch den einzelnen Bewertungskriterien zugeordnet, da eine Auswertung nicht nach dem Schema der Vergleichsuntersuchung von C&I, sondern nach den Erfolgskriterien vorgenommen werden sollte (Tab. 2). Hierbei wurden auch Doppelzuordnungen vorgenommen, wenn einer Frage unzweifelhaft ein Aussagewert bezüglich mehrerer der o. g. Kriterien K1-K9 zugeordnet werden konnte. Die Zahl solcher Doppelzuweisungen war jedoch mit 17 Fragen (20%) überschaubar (s. Anh. 1). Für die ein-

⁷⁾ Zugehörigkeit LFV BW (durchschnittliches Eintrittsalter Referendariat 25 a): >20a, Antwortende = 76%/LFV Gesamt 74%; 16–20a, 15%/20%; < 16 a, 9% / 6%.

Tab. 3
Vergleichende, kriterienbezogene⁸⁾ Zusammenstellung der Befragungsergebnisse.
Comparative, criteria related⁸⁾ resume of the surveying results.

| | Baden-Württemberg | | | | USA | | |
|---|-------------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|---|
| | Zustimmung | Neutral | Ablehnung | Zustimmung | Neutral | Ablehnung | |
| Mittelwert der Bewertungen auf 5-teiliger Likert-Skala (5-1) | >3,5 | 3,5 bis 2,5 | <2,5 | >3,5 | 3,5 bis 2,5 | <2,5 | |
| | N* | | | [%] | | | |
| <u>K 1:</u> <u>Strategischer Bezug</u> | 9 | 67 | 33 | 0 | 80 | 20 | 0 |
| <u>K 2:</u> <u>Mehrdimensionalität</u> | 20 | 5 | 25 | 70 | 20 | 80 | 0 |
| <u>K 3:</u> <u>Validität der Kennzahlen</u> | 4 | 0 | 100 | 0 | 25 | 75 | 0 |
| <u>K 4:</u> <u>Operationalisierung</u> | 12 | 33 | 67 | 0 | 20 | 80 | 0 |
| <u>K 5:</u> <u>Nutzung der PMS Ergebnisse zur Bewertung</u> | 11 | 27 | 73 | 0 | 71 | 29 | 0 |
| <u>K 6:</u> <u>Beitrag zur Prozess- und Leistungsoptimierung</u> | 5 | 60 | 40 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| <u>K 7:</u> <u>Integration externer Effekte</u> | 9 | 0 | 22 | 78 | 0 | 100 | 0 |
| <u>K 8:</u> <u>Effektivität der Implementation</u> | 11 | 9 | 64 | 27 | 25 | 75 | 0 |
| <u>K 9:</u> <u>Datenverfügbarkeit (Inhalte EDV-Technik)</u> | 4 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Anteile nach Kriterien | 9 | 22 | 58 | 19 | 38 | 62 | 0 |
| Anteile nach Einzelfragen | 85 | 22 | 49 | 28 | 42 | 57 | 0 |

* Zahl der zugeordneten Fragen in Baden-Württemberg (s. Anh. 1).

⁸⁾ Strukturell Merkmale (vgl. Kap. 3.1) sind unterstrichen.

zelen Kriterien wurde in beiden Studien jeweils auf der Basis des arithmetischen Mittels der Bewertungen der Einzelfragen (s. *Anh. 1*) der Anteil zustimmender, neutraler und ablehnender Bewertungen ermittelt. Eine Auswertung nach kriterienbezogenen Fragenclustern führt sowohl in der baden-württembergischen als auch in der US-amerikanischen Studie zu einer mäßigen Verschiebung gegenüber der Verteilung bei Auswertung nach Einzelfragen, da sich die negativen Wertungen auf wenige Kriterien konzentrieren. Die Unterschiede verändern die Gesamtaussagen jedoch nicht. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 3* zusammengestellt und werden nachfolgend erörtert.

5. ERGEBNISSE

Bezogen auf die Gesamtheit der Fragen lässt sich festhalten, dass das ZVV LFV BW auf eine insgesamt neutrale Bewertung trifft, da bei einer kriterienbezogenen Betrachtung knapp 60% der Wertungen im neutralen Bereich liegen und sich nur ein leichtes Übergewicht der positiven im Vergleich zu ablehnenden Antworten ergibt (22% : 19%). Die Bewertung ist damit schlechter als bei den US-amerikanischen Behörden, wo bei vergleichbarem Anteil an neutralen Bewertungen keine ablehnenden Antworten festgestellt wurden. (*Tab. 3*).

Die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Kriterien sind jedoch sehr unterschiedlich, so dass eine kriterienbezogene Darstellung weiterführende Aussagen ermöglicht.

Die PMS, die als Instrumente der Strategieumsetzung konzipiert sind (K1), erreichen dieses Ziel in BW (67% Zustimmung). Ein relevanter Anteil neutraler Bewertungen (33%) deutet jedoch auf weitere Entwicklungsmöglichkeiten hin, da sich der Vergleichswert bei den US-amerikanischen Behörden noch positiver darstellt.

Eine Überprüfung, inwieweit die Systeme bereits mehrdimensional wirken (K2), lässt den ausgeprägtesten Unterschied zwischen den untersuchten US-amerikanischen Verwaltungen und dem ZVV erkennen. Zwar wird auch in den USA für vier von fünf diesbezüglichen Fragen eine neutrale Bewertung vorgenommen, jedoch liegen keine eindeutig ablehnenden Voten vor. In BW ist dieses Ziel noch nicht erreicht, nachdem bei 70% der relevanten Fragestellungen eine negative Bewertung abgegeben wurde.

Die Validität der Kennzahlen (K3) wird in BW durchgängig (100%) neutral bewertet. Dies deckt sich weitgehend mit der Wahrnehmung in den USA, wo die deutliche Mehrheit (75%) ebenfalls ein neutrales Antwortverhalten zeigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass in Baden-Württemberg die Operationalisierung (K5) von Zielen noch nicht in allen Belangen umgesetzt ist, aber dennoch eine eindeutig positive Tendenz erkennen lässt. Bei Fehlen negativer Bewertungen wird für ein Drittel der Fragen Zustimmung geäußert. In den USA werden weniger Impulse wahrgenommen, die von der Operationalisierung der Ziele ausgehen (Zustimmung 20%).

Die Bewertung von Leistungen der Organisationseinheiten und/oder der Mitarbeiter (K5) zeigt einen deutlichen Niveauunterschied zwischen den USA und den befragten Führungskräften der LFV BW. In der Befragung von C&I spiegelt sich eine intensive Nutzung der Kennzahlen zur Bewertung wider (71% Zustimmung bei den diesbezüglichen Fragen). Zwar liegen auch in BW keine negativen Wertungen vor, bei nur knapp über einem Viertel zustimmender Voten muss in Baden-Württemberg jedoch festgehalten werden, dass die potenzielle Bewertungsfunktion der Systeme offensichtlich bisher nur eingeschränkt wahrgenommen bzw. akzeptiert wird.

Die Wertung des Beitrags von PMS in der Prozess- und Leistungsoptimierung (K6) fällt eindeutig aus. In den USA deuten alle

Ergebnisse auf einen positiven Effekt hin. Auch in Baden-Württemberg wird für die Mehrzahl der Items (60%) eine zustimmende Aussage getroffen.

Die Auswertung des Kriteriums „Integration externer Effekte“ (K7) zeigt wiederum gravierende Unterschiede auf. In den USA spiegeln 40% der Antworten einen erkennbaren Einfluss externer Kennzahlen wider, während sich für die restlichen Fragestellungen ein neutrales Antwortverhalten ergibt. In Baden-Württemberg fällt das Ergebnis derzeit negativ aus. Nur für ca. 20% der relevanten Fragestellungen wird ein neutrales Antwortverhalten erkennbar, während fast 80% der diesbezüglichen Fragen negativ bewertet werden.

Die Implementation von PMS erweist sich insbesondere in BW als problematisch, da mit 64% neutralen und 27% negativen Statements eine tendenziell ablehnende Bewertung vorliegt. Mit 25% positiven und 75% neutralen Bewertungen kann der Implementationsprozess in den USA insgesamt noch als bedingt gelungen eingestuft werden.

Hinsichtlich der technischen und inhaltlichen Datenverfügbarkeit (K9) wurden in beiden Befragungen ausschließlich neutrale Bewertungen vorgenommen.

6. DISKUSSION

6.1 Akzeptanz des ZVV

Das ZVV BW wurde von den Mitarbeitern trotz seiner Neuartigkeit und der schwierigen Umfeldbedingungen (s. *Tab. 3*) mehrheitlich neutral bis leicht positiv bewertet. Ablehnende Voten bzw. eine geringe Nutzung konzentrierten sich auf wenige Teilaspekte. Die Auswertung der organisationsspezifischen Ergänzungsfragen ließ sogar eine deutlich positivere Tendenz erkennen (25% Zustimmung, 69% neutral, 6% negativ). Die Leitfrage nach der Akzeptanz des ZVV (L1) kann daher dahingehend beantwortet werden, dass selbst unter schwierigen Bedingungen keine grundlegenden Akzeptanz-Probleme aufgetreten sind.

6.2 Reifegrad des ZVV BW

Für sechs der neun Kriterien, darunter zwei der vier Kriterien, die als strukturelle Komponenten von PMS einzustufen sind, wurden in BW mehrheitlich positive Bewertungen abgegeben. Für drei Kriterien, darunter auch die strukturellen Kriterien Mehrdimensionalität und die Effektivität des Implementationsprozesses sowie die Integration externer Faktoren, fällt die Bewertung derzeit noch negativ aus. Das grundsätzliche Muster der Wertungen ist mit Ausnahme der Kriterien Mehrdimensionalität und der externen Faktoren

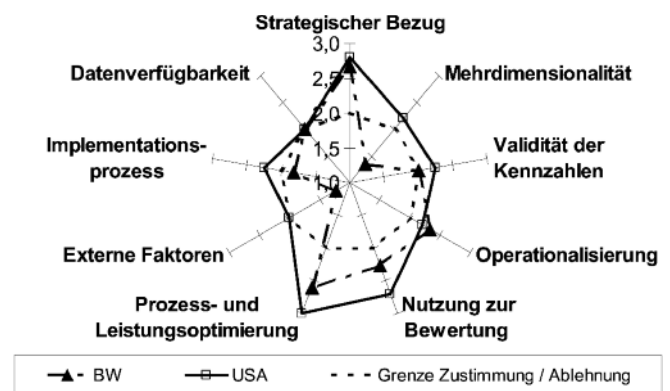


Abb. 2

Bewertung der PMS bezüglich der Einzelkriterien.
Appraisal of PMS related to the individual evaluation-criteria.

ren ähnlich wie in den USA, erreicht aber das dortige Niveau nur teilweise. (vgl. Abb. 2).

Die Leitfrage nach dem „Reifegrad“ des ZVV BW (L2) lässt sich summarisch dahingehend beantworten, dass das ZVV insgesamt Anschluss an den Durchschnitt der befragten Behörden in den USA hat, aber in Teilbereichen noch erkennbarer Entwicklungsbedarf besteht. Ein Vergleich mit Untersuchungen im industriellen Bereich zeigt auf, dass keine forstspezifischen Problembereiche lokalisiert werden können, sondern dass eine weitgehende Deckungsgleichheit der kritischen Faktoren bejaht werden kann.

6.3 Umsetzung der Ziele von PMS

Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen auf, dass PMS auch im Forstbereich ein gutes Potenzial besitzen, einen Beitrag zu einer verbesserten Umsetzung von Strategien zu leisten. Einzelfragen lassen insbesondere im Bereich der Koordinationswirkung zwischen Zentrale(n) und Filialen teilweise sogar sehr hohe Wirkungen und Akzeptanz erkennen.

Das Ziel, die Unternehmenssteuerung in mehreren Dimensionen vorzunehmen, wird nach den Ergebnissen der Fallstudie bisher verfehlt. Damit nimmt das ZVV jedoch keine Sonderrolle ein. So weisen WEBER und SANDT (2001) für den industriellen Sektor auf große Diskrepanzen zwischen der Bewertung von Wichtigkeit und Verfügbarkeit von nichtmonetären Kennzahlen und deren tatsächlichen Nutzung hin. Auch KUENG und KRAHN (2000) stellen fest, dass die Integration finanzieller Kennzahlen bedeutend weiter fortgeschritten ist als die Nutzung von Kennzahlen anderer Dimensionen.

Die Defizite im Bereich der Mehrdimensionalität müssen im Zusammenhang mit der Frage der Validität der Kennzahlen gesehen werden. Die neutrale Bewertung in der Fallstudie bestätigt sowohl die Ergebnisse von C&I als auch Untersuchungen im industriellen Bereich (HORVÁTH & Partner, 2004), in denen Probleme bei der Erhebung und/oder Verwendung von „weichen Kennzahlen“ artikuliert werden. Ob hier eine längere Anwendungsdauer Verbesserungen mit sich bringt, erscheint derzeit fraglich. HORVÁTH & Partner (2004) zeigen auf, dass zwischen 2001 und 2003 keine relevante Veränderung eingetreten ist.

Die Operationalisierung lässt im ZVV eine deutlich positive Tendenz erkennen und zeigt auch im Vergleich zu den US-amerikanischen Verhältnissen einen höheren Entwicklungsgrad. Nachdem auch Einzelfragen nach der Erhöhung der Verantwortlichkeit und Kontrollintensität mehrheitlich bejaht wurden, kann dies als wesentliches Verbesserungspotential lokalisiert werden.

Die deutlichen Unterschiede hinsichtlich der Frage, in welchem Umfang die Systeme zur Bewertung von Organisationseinheiten oder Mitarbeitern verwendet werden, können mit kulturellen Unterschieden erklärt werden. Zwar werden auch in BW diese Aspekte des ZVV nicht grundsätzlich problematisiert, gleichwohl wird deutlich, dass die Bewertungsfunktion der PMS nur in den USA eine zentrale und akzeptierte Bedeutung erhält.

Die Möglichkeit, den Themenkomplex Prozessgestaltung in das Führungssystem zu integrieren, wird in der Fallstudie (60% Zustimmung) und verstärkt in den USA als deutliches Verbesserungspotenzial gesehen. Hier ist auch die gewünschte Verbreiterung führungsrelevanter Fragestellungen gelungen.

Hinsichtlich der Integration von externen Effekten deuten die Ergebnisse in den USA auf ein höheres Bewusstsein hinsichtlich der Rolle des Umfelds hin. Allerdings darf in diesem Zusammenhang nicht übersehen werden, dass in den traditionellen Systemen im deutschsprachigen Raum dieser Faktor faktisch unberücksichtigt war und insofern trotz der verhaltenen Bewertung eine Bewe-

gung in Richtung einer stärkeren Wahrnehmung von Umfeldfaktoren angestoßen wurde.

Die Effektivität des Implementationsprozesses war in BW gering, wobei die negativen Rahmenbedingungen (erneute Reorganisation/Sturmkatastrophe) zu berücksichtigen sind. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass Probleme im Bereich Kommunikation und Schulung auch Rückwirkungen auf die Bewertung der anderen Kriterien haben. Damit wären bei einer Optimierung der Implementationsphase relevante Möglichkeiten einer noch weiteren Verbesserung von Akzeptanz und Nutzung denkbar.

Die Datenbereitstellung muss derzeit weder als gelöst noch als unüberwindbares Problem eingestuft werden.

Damit lässt sich die Frage nach der Umsetzung der Ziele von PMS (L3) wie folgt beantworten: Von den strukturellen Merkmalen sind hinsichtlich einer stärkeren strategischen Fokussierung und einer stärkeren Operationalisierung erkennbare Potenziale gegeben. Die Möglichkeit, die Prozessentwicklung in den Fokus des Steuerungsinstrumentariums zu bringen, erweist sich ebenfalls als Stärke der PMS auch im forstlichen Bereich. Die Implementation eines mehrdimensionalen Verfahrens und die stärkere Berücksichtigung externer Faktoren konnten im ZVV BW bisher nicht befriedigend gelöst werden.

6.4 Erfolgsfaktoren und kritische Bereiche

C&I (2004) weisen auf die Konsistenz ihrer Ergebnisse mit Erkenntnissen der Organisationslehre hin, die nachweist, dass aufgrund externer Vorgaben eingeführte Systeme häufig zur „symbolischen Nutzung“ führen, aber keine tatsächliche Steuerungsrelevanz bekommen. Auch bei BAUMGARTNER (2002) finden sich Hinweise, dass eine breite Unterstützung bei den Führungskräften ein erfolgskritischer Faktor ist, wenn er eine Umsetzung über beauftragte „Hero-Manager“ für wenig zielführend erachtet.

Das intern entwickelte ZVV BW lässt hingegen eine stärkere Nutzung dieses Systems zur Steuerung strategischer und operativer Ziele auf der Basis operational definierter Ziele über alle Ebenen erkennen.

Die PMS werden damit, trotz der erkennbaren Defizite bei Mehrdimensionalität, Integration externer Faktoren und Einschränkungen hinsichtlich der Validität der Kennzahlen, allein durch die Notwendigkeit, Arbeitsprozesse und deren Ergebnisse in Zielfindung und -steuerung zu integrieren, von den Mitarbeitern als Verbesserungen wahrgenommen.

Damit lässt sich die Frage nach Erfolgsfaktoren (L4.1) dahingehend beantworten, dass eine interne und partizipative Entwicklung eines PMS eine wesentliche Voraussetzung für einen späteren Umsetzungserfolg darstellt.

Die deutlichen Unterschiede der Bewertung der Implementationsphase zwischen der Fallstudie BW und der Vergleichsuntersuchung lassen den Schluss zu, dass sich die partiellen Umsetzungsdefizite auch mit mangelnder Information und Kommunikation erklären lassen. Die Schwierigkeiten der Umstellung auf PMS werden in der Fallstudie und im Allgemeinen offensichtlich unterschätzt und ein zu geringer Input im Bereich der Schulung und Einführung geleistet. Die Verfahren besitzen offensichtlich nicht genug Selbsterklärungskraft, die es erlauben würde, entsprechende Verfahren ohne breite Schulung der Anwender einzuführen. Den Ausführungen von AMANN (2003) zur Balanced Scorecard im Forstbereich ist daher auch in Bezug auf andere Verfahren aus der Gruppe der PMS nichts hinzuzufügen, wenn er schreibt: „Man sollte sich aber nicht durch ihre anschauliche grafische Darstellung blenden lassen: Die Erarbeitung einer BSC ist ein anspruchsvolles Unterfangen.“

Damit lassen sich im Sinne potenzieller kritischer Faktoren (L4.2) der Aufwand für die Verfahrensentwicklung und -einführung und der damit verbundene relevante Kommunikations- und Schulungsbedarf benennen.

7. PMS IM FORSTBEREICH: FAZIT UND AUSBLICK

PMS finden international und in zunehmendem Maße auch im europäischen Rahmen Verwendung im Bereich größerer Forstbetriebe und -verwaltungen. Die Erwartungen, die mit der Einführung verknüpft werden, sind im Allgemeinen hoch. Die dargestellten Ergebnisse lassen auf der einen Seite erkennen, dass die PMS durchaus Potenziale besitzen, die Steuerung von größeren Einheiten zu verbessern. Im Rahmen der Fallstudie konnte gezeigt werden, dass sich relevante Probleme auf wenige Teilbereiche konzentrieren, während im Allgemeinen neutrale, in relevanten Teilen positive Bewertungen überwiegen. Die Untersuchung lässt auch erkennen, dass die Integration bisheriger, primär finanziell ausgerichteter Steuerungsinhalte in die neuartigen Systeme unproblematisch gelingt. Eine Umstellung auf diese Verfahren geht insofern nicht mit relevanten Risiken einher. Von den Strukturmerkmalen der PMS kann für die Strategieanbindung und für die Operationalisierung von Zielen ein ermutigender Umsetzungserfolg bestätigt werden.

Auf der anderen Seite wird offenkundig, dass hinsichtlich des Strukturmerkmals Mehrdimensionalität und der Integration externer Effekte nach wie vor große Probleme bestehen. Es wird deutlich, dass die PMS in hohem Maße erklärungsbedürftig sind und deren Einführung und Betrieb einen hohen Ressourcenaufwand erfordern, der dauerhaft nur gerechtfertigt werden kann, wenn die Verbesserungspotenziale der Verfahren gleichmäßiger ausgeschöpft werden. Mehrere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Übungsschwelle in den Verfahren vergleichsweise spät erreicht wird. Die PMS werden damit ihre Wirkungen nie kurzfristig erzielen, sondern werden eher durch einen mittelfristigen Wandel der Führungskultur wirksam.

Im Hinblick auf die aufgezeigten Potenziale kann das Fazit gezogen werden, dass eine breitere Nutzung im Forstsektor grundsätzlich sinnvoll ist. Es ist aber auch festzuhalten, dass die PMS weit davon entfernt sind, als schnell wirkende Instrumente alle Steuerungsprobleme in kurzer Zeit lösen zu können. Vor Einführung sollten daher die Rahmenbedingungen, Strukturen und die zur Verfügung stehenden Ressourcen exakt geklärt werden. Folgende Punkte sind dabei von besonderer Relevanz:

1. Es muss die Möglichkeit bestehen, eine Strategie eigenverantwortlich zu entwickeln und mittelfristig zu verfolgen. Die Verfahren sind weder dazu geeignet, kurzfristige Veränderungsprozesse (business reengineering) zu gestalten, noch erlauben sie, häufige (ggf. politisch motivierte) Strategiewechsel abzubilden.
2. Eine Nutzung in Teilbereichen des Unternehmens oder der Verwaltung ist in Grenzen denkbar. Bei einer zu starken Einengung auf Einzelsektoren des Unternehmens der Verwaltung gehen jedoch der Strategiebezug und die Mehrdimensionalität sukzessive zurück.
3. Eine Übernahme von Systemen aus der allgemeinen Verwaltung erscheint für forstliche Organisationen wenig zielführend zu sein, da weder die zwingend erforderliche Einbindung von Mitarbeitern und Führungskräften noch eine Anpassung an die Spezifika der Organisationseinheit gewährleistet werden kann. Anzustreben ist eine interne, ggf. von externen Experten unterstützte Entwicklung in der Organisation. Nur dies schafft ein geeignetes Umfeld, in dem sich eine Steuerungsrelevanz ausbilden kann.
4. Für die Kommunikation und die Verfahrensschulung müssen relevante personelle und finanzielle Ressourcen eingeplant werden. Dabei ist davon auszugehen, dass mindestens 50% (besser sind 60–70%) des für die Kommunikation und Schulungen vorgesehe-

nen Personalaufwands für die Phase nach der Einführung vorgehalten werden sollten. Die Verfahren sind nicht selbsterklärend, gleichzeitig zeigen die abzulösenden finanziell orientierten Steuerungssysteme eine hohe Ausstrahlungskraft. Gerade die Nutzung der verschiedenen Dimensionen und die Entwicklung valider Kennzahlen erfordert über den Einführungszeitraum hinaus einen erheblichen Input.

5. Die wünschenswerte Mehrdimensionalität setzt eine intensive Auseinandersetzung mit dem Kennzahlenwerk voraus und bindet erhebliche Ressourcen. Bedingt durch die zunehmenden Budgetrestriktionen werden im Allgemeinen geringe Spielräume bestehen, den Umfang des Kennzahlenkataloges zu erweitern. Es sollte daher in Betracht gezogen werden, eine Verschlankung im Bereich der finanziellen und naturalen Kennzahlen zuzulassen. Die Nutzung von Kennzahlen außerhalb der Finanz- und Natursphäre erfordert dabei zum einen die Bereitschaft zur permanenten Kennzahlenkritik und basiert zum anderen auf Aushandlungsprozessen. Neben die Frage, inwiefern der Zielbezug einer Kennzahl objektiv gegeben ist, tritt gleichberechtigt die Frage, ob dieser Bezug von den Beteiligten akzeptiert ist. Nur wenn beide Fragen zufrieden stellend geklärt sind, kann die Wirkung der Operationalität von Zielen auch außerhalb der monetären Dimension erzielt werden.

6. Eine Einführung von PMS sollte in einem stabilen Umfeld stattfinden. Eine Einführung als Bestandteil einer gravierenden organisatorischen Veränderung wird die Akzeptanz und spätere Nutzung massiv behindern, da keine Trennung von (unbequemer) Strukturreform und Führungsinstrumentarium vorgenommen werden wird. Es ist vielmehr zu erwarten, dass sich die Unzufriedenheit über eine nicht mehr veränderbare Organisationsstruktur stellvertretend auf das tatsächlich oder vermeintlich gestaltbare Führungsinstrumentarium überträgt.

7. Die Frage der verwendeten Technik und edv-technischen Umsetzung erscheint nachrangig. Aus den Untersuchungen lassen sich keine Erkenntnisse ableiten, dass sich die Verfahren durch deren EDV-technische Einbindung relevant fördern oder behindern lassen.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Mehrdimensionale Steuerungsverfahren (syn. Performance Measurement-Systeme = PMS) haben in den letzten 15 bis 20 Jahren eine zunehmende Bedeutung erhalten. Seit etwa zehn Jahren kommen diese Verfahren auch im Verwaltungsbereich, seit der Jahrtausendwende auch im europäischen Forstsektor zum Einsatz. Während die Wirkungen im industriellen Sektor mehrheitlich positiv ausfallen, liegen für den Verwaltungsbereich ambivalente Erfahrungen vor. Im Rahmen einer Fallstudie wird erstmals deren Nutzung im forstlichen Sektor im deutschsprachigen Raum untersucht. Die Untersuchung war als Vergleichsuntersuchung zu einer breit angelegten Studie, die in US-amerikanischen Behörden durchgeführt wurde, konzipiert. Zur Bewertung der Fallstudienresultate wurden neun Bewertungskriterien auf der Basis einer intensiven Literaturstudie entwickelt.

Es lässt sich zeigen, dass nach einer Nutzungsdauer von vier Jahren in Baden-Württemberg insgesamt ein Reifegrad der Verfahren erreicht werden konnte, der Anschluss an die US-amerikanischen Behörden hat. Die Ergebnisse der Fallstudie lassen erwarten, dass PMS Verfahren grundsätzlich für eine Steuerung von (größeren) forstlichen Organisationseinheiten geeignet sind und lassen Potenziale für eine Erhöhung des Strategiebezugs erkennen. Auch durch die verfahrensimmanente Operationalisierung von Zielen sind Fortschritte zu erwarten. Auf der anderen Seite wird deutlich, dass die neuen Systeme einen hohen Ressourcen-Input erfordern, wenn eine Nutzung als mehrdimensionale Systeme erreicht werden soll. Auch die Entwicklung von validen Kennzahlen ist bisher noch nicht befriedigend gelöst.

Eine Einführung von PMS im Forstsektor kommt damit grundsätzlich in Frage, sollte aber nur nach einer sorgfältigen Analyse der Rahmenbedingungen erfolgen. Hierbei spielen Faktoren wie „Strategiefähigkeit“, Zeit- und Ressourcenbedarf und die Frage der Einbindung der Mitarbeiter und Führungskräfte eine wichtige Rolle.

9. Abstract

Title of the paper: *Multidimensional Performance Measurement Systems – A Promising Approach for the Management of Enterprises and Administrations in the Forest Sector? – Results of a Case Study in Comparison with Findings in US-American Administrations.*

Performance Measurement Systems gained importance during the last two decades. Beginning from the mid 90's there is a notable increase of administrations using such kind of management tools. The benefits of the PMS are widely accepted in the industrial sector, but there are ambiguous experiences in the public sector. First implementations in the European forest sector took place since 2000. The Forest Administration of Baden-Württemberg (Germany) is used as a case study for the European forest sector. The study uses the results of an extensive survey amongst US-American administrations as a standard of comparison. Evaluation theory is used as methodological framework, PMS theory provides relevant criteria for the appraisal of the success of these methods.

The paper presents the key-results of the survey related to nine criteria. After four years it can be shown that PMS are a feasible approach for forest enterprises and administrations. The level of acceptance and use of the systems meets international standards. There is a relevant capability to increase the commitment to the strategy and to improve the performance of the whole organization. Especially the operationalisation is one key success factor. On the other hand it becomes obvious that the implementation of PMS requires a tremendous input of financial and staff resources. There is a significant risk to fail with the multidimensional use. In addition the derivation of relevant valid indicators for "soft factors" outside the financial and physical sphere of a forest organization is crucial.

A conclusion is that PMS are basically a feasible approach for forest enterprises and administrations. But the implementation needs a detailed analysis of the organizational and administrative framework. Most important are factors such as the ability to develop a mid-term strategy, the resources in terms of time and money and the question, whether it is possible to guarantee a sufficient participation of the members of staff and the managers.

10. Résumé

Titre de l'article: *Procédés de pilotage pluridimensionnels – point de départ prometteur pour le pilotage de l'administration et de l'entreprise dans le secteur forestier? Analyse d'une étude de cas se référant à des résultats obtenus dans des administrations publiques aux U.S.A.*

Les procédés de pilotage pluridimensionnels (synonyme: Performance Measurement-Systems = PMS) ont pris une importance croissante dans les dernières 15 à 20 années. Depuis une dizaine d'années environ ces procédés ont été mis en pratique aussi dans le domaine de la gestion; ils sont apparus également dans le secteur forestier européen depuis l'année 2000. Alors que dans le secteur industriel leurs effets apparaissent comme positifs dans la plupart des cas, en revanche des résultats contradictoires se manifestent dans le domaine de la gestion. Dans le cadre d'une étude de cas on a analysé pour la première fois leur utilisation dans le secteur forestier de l'espace germanophone. La recherche a été conçue comme une recherche comparative portant sur une étude reposant sur une

large base qui avait été menée dans les administrations publiques aux U.S.A. Sur la base d'une étude bibliographique intensive neuf critères d'estimation ont été développés pour juger les résultats de l'étude de cas.

Après quatre années d'utilisation dans le Bade-Wurtemberg il est apparu qu'un état de maturité des procédés pouvait au total être atteint, en concordance avec ce qui se passe dans les administrations publiques aux U.S.A. Les résultats de l'étude de cas laissent espérer que les procédés PMS sont adaptés aux grandes unités organisationnelles forestières, et qu'ils font découvrir des potentialités d'augmentation des recours à la stratégie. On peut s'attendre aussi à des progrès grâce à l'opérationnalisation des objectifs qui procède de la nature même de ces procédés. D'un autre côté il devient évident que les nouveaux systèmes nécessitent une forte injection de ressources financières et de directives, si une utilisation en tant que systèmes pluridimensionnels doit être atteinte. Aussi le développement de données de base valides n'a pas été jusqu'à maintenant résolu de façon satisfaisante.

Une introduction des procédés PMS dans le secteur forestier pose pour ces raisons des questions fondamentales; mais elle devrait réussir après une analyse minutieuse des conditions cadres qui lui sont propres. Les facteurs tels que «capacité stratégique», besoin en temps et en ressources ainsi que la question de l'implication des collaborateurs et des forces de direction jouent un rôle essentiel.

R. K.

11. Literatur

- AMMONS, D. N. (1996): *Municipal Benchmarks: Assessing Local performance and Establishing Community Standards*. Sage; Thousand Oaks: 335 S.
- AMANN, S. A. (2003): *Strategisches Management im Forstbetrieb – Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich*: 207. S.
- BAUMGARTNER, C. (2002): *Umsetzung und Realisierung von Performance Measurement*. In: HMD, H.227.2002: 17–26.
- BECKER, R. und T. BÖGELEIN (2001): *Strategie bei der Einführung neuer Steuerungsinstrumente in der Landesverwaltung Baden-Württemberg*. In: *Strategien erfolgreich umsetzen*, PÉTER HORVÁTH (Hrsg.), Schaeffer-Poeschl, Stuttgart: 301–326.
- BEYELER, C. (2002): *Performance Measurement Systeme in der schweizer Unternehmenspraxis – eine empirische Untersuchung*. Unveröff. Diplomarbeit Universität Freiburg (Schweiz): 63 S.
- BIEKER, TH., TH. DYLLICK, C.-U. GMINDER und K. HOCKERTS (2001): *Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit einer Sustainability Balanced Scorecard – Forschungsmethodische Grundlagen und erste Konzepte*. IWÖ-Diskussionsbeitrag Nr. 94.
- BISCHOF, J. (2001): *Balanced Scorecard in der Unternehmenspraxis*. In: *Finanzbuchhalter & Controlling* 2/2001: 34–37.
- BORTZ, J. und N. DÖRING (1995): *Forschungsmethoden und Evaluationsforschung*. Springer, Berlin – Heidelberg – New York: 768S.
- BUDÁUS, D., P. CONRAD und G. SCHREYÖGG (1998): *Managementforschung: New Public Management*. Berlin, New York: 253 S.
- CAVALLUZZO, K. S. und C. D. ITTNER (2004): *Implementing performance measurement innovations: Evidence from government, Accounting, Organizations and Society* 29: 243–267.
- CHRISTENSEN, T., P. LAEGREID und L. WISE (2003): *Evaluating public Management reforms in central government. Norway, Sweden and the United States of America*. In: WOLLMANN, H. (2003): *Evaluation in Public Sector Reform*, Edward Elgar, Cheltenham/Northampton, 56–79.
- COILLTE (2002): *East Donegal forest Management Plan 2000-2004*; Eigenverlag Coillte, 2002.
- DFWR (Deutscher Forstwirtschaftsrat) (1998): *Empfehlungen des DFWR zur Vereinheitlichung des forstlichen Rechnungswesens 1998*. Internet (Stand 07.07.2006): <http://www.dfwr.de/ausderarbeit/empfehlungen.htm>
- Difu (Deutsches Institut für Urbanistik), 1997: *Die Mitarbeiterbefragung in der Kommunalverwaltung – Instrument der Verwaltungsmodernisierung*. Difu-Materialien 5-97: 144 S.
- DUHR, M. (2005): *Neue Steuerungsmodelle im optimierten Regiebetrieb Landesforstverwaltung Brandenburg*. In: *AFZ-Der Wald* 23/2005: 1244, 1245.
- ERNEST & YOUNG (1998): *Measures That Matter*, Boston 1998: 9.
- FREI J., U. LEIMBACHER und L. LIEBE (2001): *Anwendung des Management-Konzepts 'Balanced Scorecard' im Rahmen des New Public Management: untersucht am Beispiel des Sportamts der Stadt Zürich*. Diplomarbeit, Universität St. Gallen: 84 S.

- GLEICH, R. (2001): Das System des Performance Measurement: Theoretisches Grundkonzept, Entwicklungs- und Anwendungsstand, Vahlen, München: 264 S.
- HARTEBRODT, C. (2002): Controlling und Führung durch Zielvereinbarung – Ein erster Erfahrungsbericht aus dem Controlling an der Forstdirektion Tübingen. *In: Holzzentralblatt* **30/2002**, 128 Jg. 2002.
- HARTEBRODT, C. (2003): Forstliches Controlling – Ein Blick in eine andere Controllingwelt am Beispiel der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. *In: Controlling: Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmensführung*, 15. Jg. Nr. 11, November 2003: 607–614.
- HARTEBRODT, C. (2004): Von der mittelalterlichen Forstordnung zum mehrdimensionalen Performance Measurement. *In: Die Strategieumsetzung erfolgreich steuern – Strategien beschreiben, messen und organisieren.* PÉTER HORVÁTH (Hrsg.), Schaeffer-Poeschl, Stuttgart: 391–408.
- HEITZER, B. (2001): Strategische Steuerung nachgeordneter Behörden durch Ministerien. *In: Strategien erfolgreich umsetzen.* PÉTER HORVÁTH (Hrsg.), Schaeffer-Poeschl, Stuttgart: 301–326.
- HERBOHN, K. F. und J. L. HERBOHN (1999): Accounting for forests in social, economical and political context. *In: Accounting Forum* **23**, 4: 408–440.
- HORVÁTH, P. (2001): Strategien erfolgreich umsetzen. Tagungsband zum 15. Stuttgarter Controller-Forum. PÉTER HORVÁTH (Hrsg.). Schaeffer-Poeschl, Stuttgart: 431 S.
- HORVATH & Partner (2004): 100 x Balanced Scorecard 2003 – Ergebnisbericht. Studie der Horváth und Partners Management Consultants: 31. S.
- HOUSE, C. H. und R. L. PRICE (1991): The Return Map: Tracking Production Teams. *In: Harvard Business Review* **69** (1991) (69) 1–2: 92–101.
- KAPLAN, R. S. und D. P. NORTON (1992): The Balanced Scorecard – measures that drive performance. *In: Harvard Business Review* **70** (1992): 71–79.
- KAPLAN, R. S. und D. P. NORTON (2001): Die Strategiefokussierte Organisation – Führen mit der Balanced Scorecard (Übersetzung der amerikanischen Originalausgabe von PÉTER HORVÁTH und DAMIR KRALJ). Verlag Schaeffer-Poeschl, Stuttgart: 350 S.
- KGSt (Kommunale Gemeinschaftsstelle) (1993): Das Neue Steuerungsmodell. KGSt-Bericht 5/1993, Köln.
- KIECHEL, W. (1982): Corporate Strategists under Fire. *In: Fortune* vom 27. 12. 1982: 38.
- KLAGES, H. und K. MASSER (2002): Mitarbeiterbefragung in der saarländischen Landesverwaltung – Befragung von 21 Dienststellen –, Speyerer Forschungsberichte Nr. 224, Eigenverlag Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung, bei der Deutschen Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer: 356 S.
- KUENG, P. und A. KRAHN (2000): Performance Measurement Systeme – State of practice und Weiterentwicklung, Working paper des Instituts für Informatik der Universität Fribourg Nr. 00–12, 2000: 16 S.
- KUHLMANN, S. (2005): Leistungsmessung in Politik und Verwaltung: Reformchance oder Sackgasse. *In: Cosinex newsletter* **10/2005**: 8–11.
- LIES, J. (2003): Wandel begreifen – Die Rolle von Macht und Sozialkapital im Change-Management. Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag: 383 S.
- MLR (Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg) (2005): Konzept Controlling (in Erarbeitung).
- ÖBF (Österreichische Bundesforste AG) (2005): Nachhaltigkeitsbericht zum Geschäftsjahr 2004, Eigenverlag der ÖBF: 112 S.
- OESTEN, G. (2004): Über Perspektiven zukunftsorientierter Waldwirtschaft – Betriebspolitisches Handeln in gesellschaftlichen Spannungsfeldern. *In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* **155/2004**: 13–20.
- OPPENHEIM, A. N. (1966): Questionnaire design and attitude measurement, Basic Books Inc: New York.: 125 S.
- RITZ, A. (2003): Evaluation von new public management – Grundlagen und empirische Ergebnisse der Bewertung von Verwaltungsreformen in der schweizerischen Bundesverwaltung. Verlag Haupt, Bern, Stuttgart, Wien: 570 S.
- ROSSI, P. H., M. W. LIPSEY, H. E. FREEMANN und E. HOWARD (2004): Evaluation: A systematic approach. 7. Aufl. B&T; Sage: 470 S.
- SCRIVEN, M. (1991): Evaluation Thesaurus. 4. Aufl., Newbury Park/London/New Delhi 1991: 408 S.
- SPECKBACHER, G. und J. BISCHOF (2000): Die Balanced Scorecard als innovatives Managementsystem. Konzeptionelle Grundlagen und Stand der Anwendung in deutschen Unternehmen. *In: Die Betriebswirtschaft* **6/2000**, 60. Jg.: 95–810.
- State Forest New South Wales (2005): Social, environmental and Economic (Seeing) Report 2004–2005. Eigenverlag State Department of Primary Industries New South Wales: 39.S.
- US Forest Service (2002): Report of the Forest Service, Financial Year 2001 – Incorporation Financial and Performance Accountability. Eigenverlag des United States Department of Agriculture: 251 S.
- US Senate (1992): Government Performance and results act. Washington Dc. Committee of Governmental affairs Report: 102–429.
- WEBER, J. und J. SANDT (2001): Erfolg durch Kennzahlen – Neue empirische Erkenntnisse. *In: Advanced Controlling*, 4. Jahrgang, Band 21: 35 S.
- WOLLMANN, H. (2004): Leistungsmessung (“performance measurement”) in Politik und Verwaltung. – Phasen Ansätze und Praxis im internationalen Überblick. *In: KUHLMANN, S., BOGUMIL, J., WOLLMANN, H. (Hrsg.). Leistungsmessung in Politik und Verwaltung.* Wiesbaden: 21–46.

Einzelfragen und deren thematische Zuordnung zu den Bewertungskriterien.
Individual questions and thematic clustering according to the evaluation-criteria.

| Frage | C&I | Zuordnung Kriterium | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | | | | | |
| 1. Demographische Fragen (hier nicht relevant) | | | | | | | | | | |
| 2.1. In welchem Ausmaß gibt es Leistungsmessungen für Ihre monetären Leistungs-Ziele im Bereich: | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 2.1.1 Staatsforstbetrieb | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.1.2 Beratung privater Waldbesitzer | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.1.3 Beratung zum Forstmanagement der Gemeinden | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.1.4 Aus- und Fortbildung | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.1.5 Behördliche Aufgaben | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.2 In welchem Ausmaß gibt es Leistungsmessungen für Ihre nicht-monetären Ziele im Bereich: | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 2.2.1 Staatsforstbetrieb | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.2.2 Beratung privater Waldbesitzer | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.2.3 Beratung zum Forstmanagement der Gemeinden | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.2.4 Aus- und Fortbildung | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.2.5 Behördliche Aufgaben | DÜ/AD | x | | | | | | X | | |
| 2.3 In welchem Ausmaß gibt es Leistungsmessungen für Ihre Qualitätsentwicklungsziele im Bereich: | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 2.3.1 Staatsforstbetrieb | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.3.2 Beratung privater Waldbesitzer | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.3.3 Beratung zum Forstmanagement der Gemeinden | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.3.4 Aus- und Fortbildung | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.3.5 Behördliche Aufgaben | DÜ/AD | X | | | | | | X | | |
| 2.4 In welchem Ausmaß gibt es Leistungsmessungen für Ihre Personalziele im Bereich: | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 2.4.1 Staatsforstbetrieb | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.4.2 Beratung privater Waldbesitzer | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.4.3 Beratung zum Forstmanagement der Gemeinden | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.4.4 Aus- und Fortbildung | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 2.4.5 Behördliche Aufgaben | DÜ/AD | X | | | | | | | | |
| 3. Ich nutze Informationen aus der Leistungsmessung aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem, um: | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 3.1 Prioritäten für Aktivitäten des Büros zu setzen | DÜ | X | | | | | X | | | |
| 3.2 Ressourcen zuzuteilen | DÜ | X | | | | | | | | |
| 3.3 Neue Methoden bei Arbeitsprozessen zu übernehmen | DÜ | | | | | | X | | | |
| 3.4 Die Bemühungen des Büros mit anderen internen oder externen Organisationseinheiten zu koordinieren | DÜ | X | | | | | | X | | |
| 3.5 Leistungsmessungen des Büros zu verfeinern | EF | | | | X | X | | | | |
| 3.6 Neue Leistungsziele zu setzen oder vorhandene zu überprüfen | DÜ | X | | | | | | | | |
| 3.7 Individuelle berufliche Erwartungen bei mir unterstellten Mitarbeitern zu setzen | DÜ | | | | | X | | | | |
| 3.8 Mir unterstellte Mitarbeiter zu belohnen | DÜ | | | | | X | | | | |
| 4.1 Leistungsdaten zu meinen Aktivitäten aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem werden zur Entwicklung des Budgets der Landesforstverwaltung eingesetzt. | DÜ/AD | | | | X | | | | | |
| 4.2 Finanzierungsentscheidungen für meine Aktivitäten basieren auf Leistungsdaten aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem. | DÜ | | | | X | | | | | |
| 4.3 Entscheidungen des Managements oberhalb meiner Ebene basieren auf Leistungsdaten aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem. | DÜ | X | | | X | | | | | |
| 5.1 Führungskräfte auf meiner Ebene werden für die Ergebnisse ihrer Aktivitäten zur Verantwortung gezogen. | DÜ | | | | | X | | | | |
| 5.2 Mitarbeiter der Landesforstverwaltung erhalten positive Anerkennung dafür, | DÜ | | | | | X | | | | |

| Frage | | C&I | Zuordnung Kriterium | | | | | | | | |
|--|---|-------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | dass Sie das Erreichen strategischer Ziele der Landesforstverwaltung unterstützen helfen. | | | | | | | | | | |
| 5.3 | Die Person, an die ich berichte, überprüft meine Leistung beim Erreichen der Ziele in zeitlichen Abständen | DÜ | | | | X | X | | | | |
| 5.4 | Es hat Konsequenzen für mein Büro (positiver oder negativer Art), wenn wir die vom jährlichen Zielvereinbarungssystem gesetzten Ziele übertreffen, erfüllen oder nicht erfüllen. | EF | | | | X | X | | | | |
| 5.5 | Ein Mangel an Anreizen (z.B. Belohnungen, positive Anerkennung) haben verhindert, dass ich Leistungsinformationen aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem nutze. | DÜ | | | | | | | | X | |
| 6.1 | Die Rechenschaftspflicht von Managern auf meiner Ebene für die Ergebnisse ihrer Aktivitäten ist 2004 höher als in den vorhergehenden 3 Jahren. | EF | | | | X | | | | | |
| 6.2 | Mitarbeiter der Landesverwaltung erhalten mehr positive Anerkennung dafür, dass sie im Jahr 2004 einen Beitrag leisten, strategische Ziele zu erreichen als in den vorhergehenden 3 Jahren. | EF | | | | | X | | | | |
| 6.3 | Die Person, an die ich berichte, überprüft meine Leistung beim Erreichen der Ziele 2004 stärker als in den vorhergehenden 3 Jahren. | EF | | | | X | X | | | | |
| 7. Das jährliche Zielvereinbarungssystem | | | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 7.1 | überbrückt die Kontrollspanne zwischen meiner Forstdirektion und den Forstämtern, die durch die Neustrukturierung im Jahr 2000 geschaffen wurde. | EF | X | | | | | | | | |
| 7.2 | Koordiniert organisatorische Strategien und Ziele zwischen meiner Forstdirektion und den Forstämtern | EF | X | | | | | | | | |
| 7.3 | Hilft dem Management aus meiner Forstdirektion, ihrer Kontrollfunktion gerecht zu werden. | EF | | | | | X | | | | |
| 7.4 | Verbessert die wirtschaftliche Effizienz der betrieblichen Prozesse der Landesforstverwaltung | DÜ/AD | | | | | | X | | | |
| 7.5 | Verbessert die betrieblichen Prozesse meines Büros. | DÜ | | | | | | X | | | |
| 8.1 | Die obere Leitung des Landesforstverwaltung demonstriert starkes Engagement in Bezug auf das jährliche Zielvereinbarungssystem. | DÜ | | | | | | | | X | |
| 8.2 | Ein Mangel an Engagement oder Unterstützung durch die obere Leitung des Ministeriums bei der Verwendung von Leistungsinformationen zum Treffen von Budgetentscheidungen hat mich daran gehindert, Leistung zu messen oder Leistungsinformationen zu nutzen. | DÜ | | | | | | | | X | |
| 9. Ich wurde daran gehindert, Leistung zu messen oder Leistungsinformationen aus dem jährlichen Zielvereinbarungssystem zu nutzen, weil: | | | K | K | K | K | K | K | K | K | K |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 9.1 | Es schwierig ist, gültige oder zuverlässige Daten zu erhalten. | DÜ | | | X | | | | | | X |
| 9.2 | Es schwierig ist, Daten so rechtzeitig zu erhalten, dass sie nutzbringend sind. | DÜ | | | | | | | | | X |
| 9.3 | Die Sammlung von Daten hohe Kosten verursacht. | DÜ | | | | | | | | | X |
| 9.4 | Die vorhandene Informationstechnologie nicht in der Lage ist, die gewünschten Daten zur Verfügung zu stellen. | DÜ | | | | | | | | | X |
| 9.5 | Es schwierig ist, sinnvolle Maßnahmen festzulegen. | DÜ | | | X | | | | | | |
| 9.6 | Die Ergebnisse unserer betrieblichen Prozesse zu weit in der Zukunft liegen, um gemessen werden zu können. | DÜ | | | X | | | | | | |
| 9.7 | Es schwierig ist, zwischen den von unseren betrieblichen Prozessen produzierten Ergebnissen und den durch andere Faktoren verursachten Ergebnissen zu unterscheiden. | DÜ | | | X | | | | | | |
| 9.8 | Es schwierig ist, festzulegen, wie Leistungsinformationen zur Verbesserung der betrieblichen Prozesse unseres Büros eingesetzt werden sollten. | DÜ | | | | | | X | | | |
| 9.9 | Es schwierig ist, festzulegen, wie Leistungsinformationen eingesetzt werden können, um neue Leistungsziele zusetzen oder vorhandene zu überprüfen. | DÜ | | | | | X | | | | |
| 9.10 | Die jährlichen Leistungsziele sind zu niedrig. | EF | | | | X | | | | | |
| 9.11 | Die jährlichen Leistungsziele sind organisationsübergreifend nicht beständig und manche Manager haben aufgrund leichter zu erreichender Leistungsziele einen unfairen Vorteil. | EF | | | | X | | | | | |
| 9.12 | Zielsetzungen werden behindert, weil die Landesforstverwaltung nicht über klare strategische Ziele verfügt. | EF | X | | | | | | | | |
| 9.13 | Zielsetzungen werden behindert, weil es keine klare Kommunikation strategischer und organisatorischer Ziele von der oberen Leitung zum mittleren und unteren Management gibt. | EF | X | | | | | | | X | |
| 9.14 | Die jährlichen Leistungsziele sind unrealistisch und schwer zu erzielen. | EF | | | | X | | | | | |
| 9.15 | In den letzten 4 Jahren wurde es realistischer, die gesetzten Ziele zu erreichen (nicht zu hoch und nicht zu niedrig) | EF | | | | X | | | | | |
| 9.16 | Ich würde gerne Verbesserungen beim Zielsetzungsprozess sehen. | EF | | | | | | | | X | |

| Frage | | C&I | Zuordnung Kriterium | | | | | | | | |
|---|---|-----|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 |
| 10. Die Landesforstverwaltung hat in den letzten 4 Jahren Trainingsmöglichkeiten angeboten, diese arrangiert oder bezahlt, die mir geholfen haben, die folgenden Aufgaben als Teil des jährlichen Zielvereinbarungssystems zu erzielen: | | | | | | | | | | | |
| 10.1 | Durchführung strategischer Planung | DÜ | | | | | | | | | X |
| 10.2 | Festsetzen von Leistungszielen für meine Organisationseinheit | DÜ | | | | | | | | | X |
| 10.3 | Entwicklung der Leistungsmessung für meine Organisationseinheit | DÜ | | | | | | | | | X |
| 10.4 | Verwendung von Leistungsinformationen meiner Einheit, um Entscheidungen zu treffen | DÜ | | | | | | | | | X |
| 10.5 | Verknüpfung der Leistung der betrieblichen Prozesse meiner Einheit mit dem Erreichen strategischer Ziele des Ministeriums | DÜ | | | | | | | | | X |
| 10.6 | Ich glaube, dass mir die in den letzten 4 Jahren angebotenen Trainingsveranstaltungen geholfen haben, das jährliche Zielvereinbarungssystem für meine Organisationseinheit zu nutzen. | EF | | | | | | | | | X |

DÜ = Direkte Übernahme von C & I (2004).

DÜ/AD = Direkte Übernahme der Frage mit Anpassung auf die Dimensionalität des ZVV BW.

EF = Ergänzungsfrage ZVV BW.

Schätzung von Bodenmerkmalen und Modellparametern für die Waldökosystemsimulation auf Basis einer Großrauminventur

Aus dem Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien,
Peter Jordan Strasse 82, 1190 Wien, Austria.

(Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von RUPERT SEIDL¹⁾, WERNER RAMMER und MANFRED J. LEXER

(Angenommen Februar 2008)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Bodenparameter; Bodenkohlenstoff; Bodenstickstoff; PICUS; Waldökosystemsimulation; Waldinventur.

Forest soil characteristics; soil carbon; soil nitrogen; PICUS; forest ecosystem simulation; forest inventory.

1. EINLEITUNG

Die mitteleuropäische Forstwirtschaft ist mit Umweltveränderungen (z.B. Klimaänderung, N-Einträge) sowie mit einem Paradigmenwechsel von einer nachhaltigen Holzproduktion zu einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung (i.e., sustainable forest management sensu MCPFE 1993, 1998) konfrontiert. Um geänderte Umweltbedingungen sowie multiple Zielsetzungen hinsichtlich gesellschaftlich relevanter Ökosystemfunktionen in die waldbauliche Planung und Entscheidungsfindung einfließen zu lassen, werden verstärkt dynamische Waldökosystemmodelle eingesetzt (z.B. KELLOMÄKI und LEINONEN, 2005; FÜRSTENAU et al., 2007; SEIDL et al., 2007; SEIDL et al., 2008).

Neben Klimadaten stellen quantitative Bodenmerkmale wichtige Input- bzw. Initialisierungsparameter in der Simulation von Waldökosystemen dar. Der Einsatz von Modellen auf der Basis von Großrauminventuren ist in vielen Fällen dadurch eingeschränkt, dass auf Inventurpunkten Standorts- und Bodenmerkmale hauptsächlich qualitativ beurteilt werden (vgl. z.B. SCHIELER und HAUKE, 2001). Da die Werbung und Analyse von quantitativen Bodenmerkmalen mit hohen Kosten verbunden ist, sind zur Verfügung stehende detaillierte Bodeninformationen meist nur in deutlich geringerer räumlicher Auflösung als Baum- und Bestandesmerkmale vorhanden (vgl. KILIAN, 1992; ANONYMUS, 2002).

Eine weit verbreitete Methode zur Datenverdichtung von großflächig nur mit hohem Aufwand messbaren Bodendaten sind Pedotransferregeln. Dabei wird unter Zuhilfenahme von statistischen Verfahren ausgehend von beobachteten Boden- und Standortsattributen auf interessierende Größen geschlossen (vgl. MCKENZIE et al., 1999; RYAN et al., 2000; THOMPSON und KOLKA, 2005). Für österreichische Verhältnisse stellten JANDL et al. (2005) einen Ansatz zur Schätzung der Kohlenstoffvorräte in Waldböden auf Basis von Standortsmerkmalen vor. Diese Analyse zeigte, dass mit gängigen statistischen Verfahren wie z.B. regionalisierten multiplen Regressionen nur ein begrenzter Anteil der Varianz des

¹⁾ Korrespondierender Autor: RUPERT SEIDL.
Tel: +43-1-47654-4069. E-Mail: rupert.seidl@boku.ac.at

Bodenkohlenstoff-Pools aus Standortparametern erklärt werden kann (maximal erreichtes $R^2 = 0.32$; JANDL et al., 2005). Statistische Verfahren wurden auch verwendet, um die notwendige Datengrundlage für Simulationsmodelle großflächig aufzubereiten. Beispiele dafür geben LEXER und HÖNNINGER (1998) und LEXER et al. (1999), eine darauf aufbauende erste großflächige Simulationsstudie für den österreichischen Wald präsentieren LEXER et al. (2002).

Im Zusammenhang mit einem wachsenden Anforderungsprofil (vgl. MÄKELÄ et al., 2000) wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte in der Modellierung von Waldökosystemen gemacht. Im Fokus standen dabei vor allem eine verbesserte Repräsentation von Prozesszusammenhängen (als Voraussetzung für eine Anwendbarkeit unter veränderlichen Umweltbedingungen) und die hohe Relevanz von ober- und unterirdischer Ökosystemdynamik für aktuelle Forschungsfragen (z.B. Kohlenstoff-Speicherung). Aktuelle prozessbasierte Simulationsansätze erfordern daher auch eine erweiterte Datenbasis in Hinblick auf standörtliche Eingangsgrößen (z.B., BALKOVIC et al., 2007; RUKHOVIC et al., 2007).

Die vorliegende Studie soll diesen gestiegenen Datenerfordernissen in der Anwendung von prozessorientierten Waldökosystemmodellen Rechnung tragen. Dazu sollen statistische und wissenschaftliche Ansätze zur Aufbereitung von Bodenmerkmalen und Modellparametern kombinieren werden. Auf Basis des Punktenetzes der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) war das Ziel der vorliegenden Arbeit die Schätzung von (i) Bodenkohlenstoff- und Stickstoffpools in Auflage und Mineralboden sowie des Boden-pH-Wertes und (ii) wichtiger standortspezifischer Modellparameter für die Simulation mit dem hybriden Waldentwicklungsmodell PICUS v1.41. Weiters sollte (iii) anhand eines Beispieldatensatzes die Anwendung der so ermittelten Schätzwerte zur Simulation von Derbholzproduktivität auf Erhebungspunkten der ÖWI getestet werden.

2. MATERIAL

2.1 Die Österreichische Waldinventur

Die Österreichische Waldinventur erhebt auf einem systematischen Stichprobenraster (Traktabstand 3.89 km, Trakte quadratisch mit 200 m Seitenlänge und je einer Probefläche in den Trakteckpunkten) Informationen über den Österreichischen Wald (GABLER und SCHADAUER, 2006). Quantitative Daten über Waldbestand und Vegetation werden durch qualitative Erhebungen über Standortverhältnisse, vorherrschende Humusformen und Bodengruppen ergänzt (SCHIELER und HAUKE, 2001). Im Zuge der ÖWI werden jedoch keine Laboranalysen hinsichtlich Bodenchemie und -struktur oder Lagerungsdichte am Inventurpunkt durchgeführt.

In dieser Studie wurden aus dem Datenmaterial der ÖWI die Standortparameter Bodengruppe (nominal), Humusform (nominal), Seehöhe (metrisch), Relief (nominal), Neigung (ordinal) und Gründigkeit (ordinal) herangezogen (Skalenniveaus in Klammer), um punktspezifisch quantitative Bodenmerkmale zu schätzen. Um zeitliche Konsistenz mit den ebenfalls verwendeten Daten der Österreichischen Waldbodenzustandsinventur (ENGLISCH et al., 1992a, b, M. Englisch pers. Mitteilung) zu wahren, wurden Daten der ÖWI-Periode 1986 bis 1990 verwendet (ANONYMUS, 1997). Aus Vorarbeiten stand für alle Erhebungspunkte der ÖWI ein interpolierter Klimadatensatz (Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Dampfdruckdefizit; monatliche Auflösung) basierend auf der Messperiode 1961 bis 2004 zur Verfügung (vgl. SEIDL et al., 2006). Für das in dieser Studie durchgeführte Simulationsexperiment zur Evaluierung der geschätzten Boden- und Modellparameter wurde die mittels räumlicher Statistik auf die ÖWI-Koordinaten interpolierte 45-Jährige Klimazeitreihe (linear) trendbereinigt und daraus stochastisch eine 100jährige Zeitreihe generiert.

2.2 Die Österreichische Waldboden-Zustandsinventur

Die Österreichische Waldboden-Zustandsinventur (WBZI) stellt die detaillierteste großflächige Datengrundlage zu Österreichs Waldböden dar (KILIAN, 1992). Auf 514 Probeflächen (jedem 20. Trakt der ÖWI) wurden von 1988 bis 1991 umfangreiche Daten zu Standort- und Bodenparametern erhoben und ausgewertet.

Für die vorliegende Studie wurde der mit den ÖWI-Erhebungen idente allgemeine Standortvektor sowie die WBZI-spezifischen, nach Bodengruppen stratifizierten, Kenngrößen der Verteilungen von Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt sowie pH-Wert verwendet (ENGLISCH, 1992a, b, M. Englisch, pers. Mitteilung). Darüber hinaus wurde für die Abschätzung von standortsspezifischen Modellparametern auf die Ergebnisse der WBZI zurückgegriffen (z.B. im Hinblick auf die Durchwurzelung der Auflage).

2.3 Das Waldökosystemmodell PICUS v1.41

Das in dieser Studie exemplarisch verwendete Waldökosystemmodell PICUS v1.41 ist ein Hybridmodell, welches Elemente eines Sukzessionsmodells (LEXER und HÖNNINGER, 2001) sowie eines Prozessmodells der forstlichen Stoffproduktion (LANDSBERG und WARING, 1997) verbindet. PICUS simuliert Waldentwicklung räumlich explizit auf 10 m x 10 m Zellen („patches“), zeichnet sich durch ein detailliertes 3D Lichtregime sowie durch modularen Aufbau (Submodule für: Bodenprozesse, Verjüngung, Management, Mortalität durch Borkenkäfer) aus. Das Modell wurde in Hinblick auf die Simulation von potentieller natürlicher Vegetationszusammensetzung entlang von Umweltgradienten sowie für die Anwendung in ungleichaltrigen bewirtschafteten Mischbeständen erfolgreich evaluiert (SEIDL et al., 2005). Jüngste Modellanwendungen befassen sich mit der Analyse von unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungskonzepten auf betrieblicher Ebene unter Berücksichtigung von Klimaänderung und biotischen Störungen (SEIDL et al., 2007; SEIDL et al., 2008).

PICUS v1.41 beinhaltet ein prozessbasiertes Bodenmodul, welches Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe in Auflage und Mineralboden simuliert (CURRIE et al., 1999; CURRIE und NADELHOFFER, 1999). Das Modellkonzept des Bodenmoduls wurde mehrfach evaluiert und auch seine Verwendung in der PICUS-Modellumgebung zeigte vielversprechende erste Ergebnisse (vgl. SEIDL et al., 2007). Im Vergleich zu früheren Modellversionen (vgl. LEXER und HÖNNINGER, 2001) führte die Integration eines detaillierten biogeochemischen Bodenmoduls, neben höher aufgelösten Prozessdetails, auch zu steigendem Parametrisierungs- und Initialisierungsaufwand. Letzterem soll in Hinblick auf die großflächige Anwendbarkeit von PICUS v1.41 in dieser Studie Rechnung getragen werden. Eine genauere Beschreibung des Bodenmoduls sowie der in weiterer Folge nur kurz umrissenen Modellparameter ist in Currie und HELMERS (2005) zu finden. Tab. 1 gibt eine Übersicht über die in dieser Studie standortsspezifisch geschätzten C- und N-Pools sowie Modellparameter. Für alle weiteren Parameter des Bodenmoduls wurden biom-spezifische Werte aus früheren Studien verwendet (HERMAN et al., 2007; SEIDL et al., 2007).

3. METHODE

3.1 Schätzung der C- und N-Pools

Da rein statistische Verfahren im Hinblick auf die Verfügbarkeit von ausreichend großen Bodendatensätzen oftmals limitiert sind (i.e., die statistisch notwendige Anzahl der Beobachtungen nicht gegeben ist, vgl. LEXER et al., 1999) erscheint eine Kombination von statistischen Ansätzen und wissenschaftlichen Systemen als vorteilhaft. Ansprüche in der Entwicklung waren dabei (i) die verfügbare Information der Waldbodenzustandsinventur (WBZI) bestmöglich zu nutzen und (ii) aufgrund der vorhandenen Un-

Tab. 1

Beschreibung wichtiger standortsspezifischer Pools (jeweils Kohlenstoff und Stickstoff) und Parameter des Bodenmoduls in PICUS v1.41 (vgl. CURRIE und HELMERS, 2005).
Important site-specific pools (C and N) and parameters of the soil module in PICUS v1.41 (cf. CURRIE und HELMERS, 2005).

| | Akronym | Beschreibung |
|-----------|------------------|---|
| Pools | <i>TEX</i> | Totalaufschluss der Auflage |
| | <i>ACS</i> | säurelösliches Material der Auflage |
| | <i>ACI</i> | nicht im Säureauszug lösliches Material der Auflage |
| | <i>BL</i> | nicht humifizierte Bestandesstreu im Mineralboden |
| | <i>HOM</i> | humifiziertes Material der Auflage |
| | <i>SOM</i> | humifiziertes Material im Mineralboden |
| | <i>OFWD</i> | verholzter Bestandesabfall (<10cm Durchmesser) |
| | <i>OCWD</i> | verholzter Bestandesabfall (>10cm Durchmesser) |
| | <i>BFWD</i> | verholzter Bestandesabfall im Mineralboden (<10cm Durchmesser) |
| Parameter | <i>kho</i> | Humusabbaurate pro Monat (Auflage) |
| | <i>SOMdec</i> | Verhältnis der Abbaugeschwindigkeit der org. Substanz im Mineralboden zur Auflage |
| | <i>klct</i> | Anteil des humifizierten Materials in der Auflage |
| | <i>ORootFrac</i> | Anteil der Feinwurzeln im Auflagehorizont an der gesamten Feinwurzelmasse |
| | <i>Bioturb</i> | Anteil von humifiziertem Auflagematerial, der pro Monat durch Bioturbation in den Mineralboden eingebracht wird |

sicherheiten und Einschränkungen in der standortsspezifischen Schätzung von Bodenparametern das Prinzip der Parsimonität zu wahren (vgl. BOTKIN, 1993). Es wurde ein nach Bodengruppen vorstratifizierter verteilungsabhängiger Ansatz gewählt, welcher mit einem einfachen Regelset basierend auf kategorisierten Standortdaten kombiniert wurde.

Auf Basis von Lageparametern aus der WBZI (Median, Extremwerte) wurden je Bodengruppe eine stetige Verteilung von C-Gehalt (C%) und N-Gehalt (N%) jeweils getrennt für Auflage (FF) und Mineralboden (MS) angepasst (optim-Algorithmus, R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006). Als theoretische Verteilungsform wurde dabei eine zweiparametrische β -Verteilung gewählt (siehe Dichtefunktion in Gl. 1a.), da diese Werte im Intervall [0,1] annimmt und hohe Flexibilität bezüglich der Verteilungsform aufweist (DEHLING und HAUPT, 2003). Letzteres ermöglicht die Verwendung einer theoretischen Verteilungsform für Auflage und Mineralboden trotz deutlicher Unterschiede zum Beispiel in der Schiefe der Verteilungen (siehe Abb. 1 und ENGLISCH, 1992a). Für den Mineralboden wurden die entsprechenden Verteilungen, dem Datenmaterial der WBZI folgend, in vier Tiefenstufen ermittelt und über ein gewichtetes Mittel für eine Profiltiefe von 50 cm aggregiert. Die geschätzten Verteilungsparameter für C% und N% sind in Tab. 2 zusammengefasst.

$$f_x = \frac{1}{B(a,b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} \quad (1a)$$

$$B(a,b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx \quad (1b)$$

B = β -Funktion
a, b = Parameter

In Ergänzung zu dieser statistischen Analyse auf Basis von Bodengruppen wird ein Regelset zur standortsspezifischen Modifikation von Merkmalsausprägungen vorgeschlagen. Die Kombination der empirischen Verteilung mit der Regelbasis wurde, ausgehend vom Median der Verteilung, über eine Modifikation der Lage des jeweiligen Standorts in der Verteilung (i.e. dessen Perzentile) vorgenommen. Um in einem ersten Schritt das Verhalten eines derartigen kombinierten Ansatzes zu testen wurde für diese Studie eine bewusst einfache Regelbasis zur Anwendung gebracht. Die dabei berücksichtigten grundlegenden Zusammenhänge stützen sich weitgehend auf allgemeine bodenkundliche Erkenntnisse (z.B. REHFUESS, 1990; FISHER und BINKLEY, 2000; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2002) sowie auf eine umfassende Analyse der WBZI-Daten (ENGLISCH, 1992a, b). Relief und Neigung können über kleinklimatische Einflüsse sowie über Akkumulation und Austrag die Bodenbildung beeinflussen. Für als sehr seichtgründig klassifizierte Standorte ist darüber hinaus mit reduzierten Stoffmassen und -gehalten über die Bezugsprofiltiefe von 50 cm zu rechnen. Die Seehöhe wurde als Proxy für einen multiplen ökologischen Gradienten herangezogen, welcher vor allem die Nährstoffverfügbarkeit repräsentiert (vgl. z.B. RYAN et al., 2000; THOMPSON und KOLKA, 2005). Darüber hinaus stellt der Humustyp einen Indikator für den Nährstoffkreislauf dar (vgl. ENGLISCH, 1992a). Diese qualitativen Zusammenhänge wurden in Form von Zu- und Abschlägen in Bezug auf den Median der jeweiligen Verteilung gutachtlich quantifiziert (Tab. 3) und additiv verknüpft. Die Anwendung der Regelbasis in Verbindung mit den empirischen Verteilungen (Tab. 2) ist mit einem Beispiel für den N-Gehalt in Abb. 1 verdeutlicht. Für den Mineralboden wird, basierend auf der am Beispielstandort vorgefundenen Reliefform und Hangneigung, die standortsspezifische Perzentile (i.e. die „Lage“ des Standorts in der N%-Verteilung) um 0.2 Punkte bezogen auf den Median redu-

Tab. 2

Bodengruppen-spezifische Verteilungsparameter (β -Verteilung, Gl. 1) geschätzt aus Lageparametern der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur. Aufgrund des Intervalls der β -Verteilung [0,1] wurden der pH-Wert mit dem Faktor 0.1 transformiert. C% = Kohlenstoffgehalt; N% = Stickstoffgehalt; FF = Auflage; MS = Mineralboden.
Parameters of a β -distribution (Gl. 1) estimated from data of the Austrian Forest Soil Survey for major soil types. PH values were transformed to the [0,1] interval of the β -distribution. C% = carbon content; N% = nitrogen content; FF = forest floor; MS = mineral soil.

| Bodengruppe | Parameter | Auflage | | Mineralboden | | 0.1·pH |
|--------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| | | C% _{FF} | N% _{FF} | C% _{MS} | N% _{MS} | |
| Reiche Fels-Braunerde | a | 0.168 | 0.150 | 0.908 | 0.679 | 0.103 |
| | b | 0.0644 | 0.00166 | 0.0184 | 0.00127 | 0.110 |
| Arme Fels-Braunerde | a | 0.134 | 0.164 | 1.041 | 0.611 | 0.0680 |
| | b | 0.0552 | 0.00220 | 0.0410 | 0.00103 | 0.0461 |
| Lockersediment-Braunerde | a | 0.191 | 0.139 | 0.771 | 0.767 | 0.143 |
| | b | 0.0711 | 0.00171 | 0.0152 | 0.000945 | 0.145 |
| Semipodsol | a | 0.120 | 0.128 | 0.667 | 0.641 | 0.0689 |
| | b | 0.0577 | 0.00160 | 0.0281 | 0.00113 | 0.0441 |
| Podsol | a | 0.0676 | 0.0779 | 0.514 | 0.439 | 0.0790 |
| | b | 0.0457 | 0.000991 | 0.0191 | 0.000671 | 0.0484 |
| Pseudogley, Gley | a | 0.137 | 0.138 | 1.289 | 1.337 | 0.136 |
| | b | 0.0583 | 0.00182 | 0.0330 | 0.00208 | 0.106 |
| Rendzina | a | 0.117 | 0.153 | 0.403 | 0.499 | 0.0606 |
| | b | 0.0623 | 0.00209 | 0.0416 | 0.00242 | 0.0915 |
| Kalk-Braunlehm | a | 0.0829 | 0.122 | 0.545 | 0.521 | 0.0981 |
| | b | 0.0412 | 0.00136 | 0.0215 | 0.00112 | 0.119 |

ziert, was basierend auf der geschätzten Verteilung ein N%_{MS} von 0.092 ergibt. Für die Auflage wird zusätzlich ein Abschlag für die Humusform Rohhumus berücksichtigt (-0.1 Punkte), woraus ein N%_{FF} von 1.051% resultiert.

Die Berechnung der C- und N-Pools erfolgte in weiterer Folge über die Feinbodenmasse. Während für die Auflage die Feinbodenmasse aus der WBZI auf Basis von Humusformen zur Verfügung stand, wurde für den Mineralboden (nicht volumsgerecht geworben) eine näherungsweise Schätzung der Feinbodenmasse nach WEISS et al. (2000) vorgenommen.

3.2 Schätzung von pH-Wert und N-Deposition

Zur Schätzung eines pH-Wertes für ÖWI-Erhebungspunkte wurde ein Ansatz analog zu C% und N% verwendet. Dabei wurde angenommen, dass basierend auf einer bodengruppenspezifischen Verteilung unter Hinzunahme des Humustyps ein großer Teil der für die Simulation in PICUS relevanten Variation im pH-Wert des Oberbodens abgebildet werden kann. Aus den Lageparametern der WBZI wurde eine β -Verteilung je Tiefenstufe angepasst und über die Horizonte aggregiert (siehe Tab. 2). Die Perzentile eines Probeortes wurde durch den vorherrschenden Humustyp determiniert, wobei für Moderhumus, den häufigsten Humustyp in allen Bodengruppen (vgl. ENGLISCH, 1992b), der Median-pH der Bodengruppe verwendet wurde (Tab. 3).

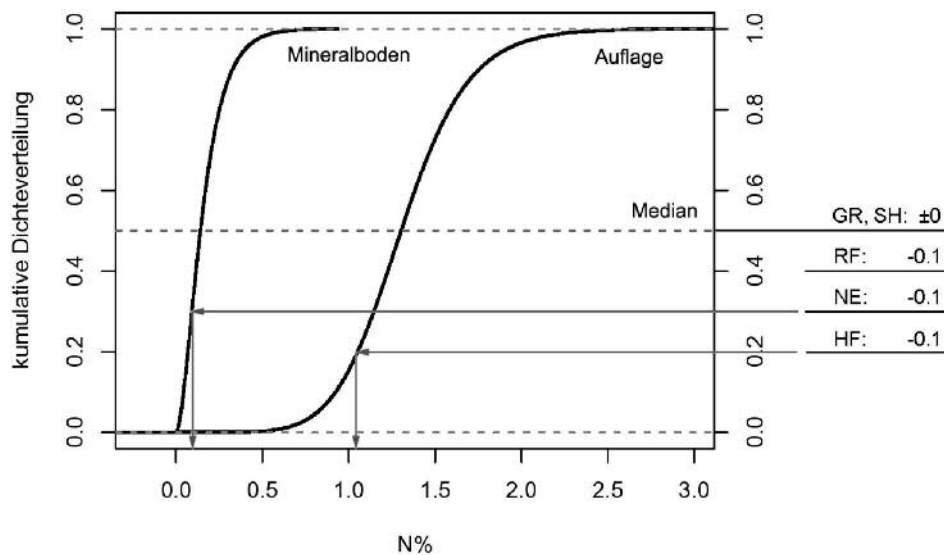
Stickstoffdeposition stellt eine bedeutende N-Quelle in mitteleuropäischen Waldökosystemen dar (HERMAN et al., 2001) und spielt daher auch in einem stickstoffsensitiven Simulationsansatz eine wichtige Rolle. Als Basis für die standortsspezifische Berücksichtigung der N-Deposition wurden Daten von HOLLAND et al. (2004)

herangezogen, welche in der vom Modellansatz benötigten Auflösung in trockene und nasse Deposition (NO₃⁻-N und NH₄⁺-N) vorliegen. Da die Datenbasis aus HOLLAND et al. (2004) durch eine räumliche Interpolation auf 0.5° x 0.5° Zellen der komplexen Topographie des Alpenraumes nur bedingt gerecht wird, wurde auf Basis von Depositionsmessungen im österreichischen Wald (SMIDT, 2004) ein linearer Höhengradient der N-Depositionskonzentration abgeleitet (im Mittel über den beobachteten Seehöhenbereich -6.3% (NO₃⁻-N) und -6.8% (NH₄⁺-N) je 100 m Seehöhe; R²=0.384 und 0.486). Die standortsspezifische Deposition wurde aus einer Modifikation der Basisdeposition der Tallagen (HOLLAND et al., 2004) mittels linearem Gradienten ermittelt.

3.3 Schätzung von bodenbezogenen Modellparametern

Die Auswahl der standortsspezifisch zu schätzenden Parameter für eine großflächige Modellapplikation folgte sowohl Empfehlungen von CURRIE und HELMERS (2005) bezüglich des Einflusses einzelner Parameter in der Modellumgebung als auch einer detaillierten Sensitivitätsanalyse von PICUS (LEXER et al., 2005). Aufgrund der komplexen Interaktionen in der dynamischen Simulation der Bodenprozesse wurde eine möglichst einfache Regelbasis zur Herleitung der Parameter angestrebt. Die verwendete Information über mögliche Parameterbereiche und deren standortsspezifische Abhängigkeiten stützte sich dabei hauptsächlich auf eine umfassende Dokumentation bisheriger Anwendungen des Bodenmodells (CURRIE et al., 1999; CURRIE und NADELHOFFER, 1999; CURRIE et al., 2004; HERMAN et al., 2007).

Für die Parameter Bioturbation (*bt*) und Humifikation in der Auflage (*klct*) wurde ein Umweltgradient über die Seehöhe ange-



Inventurpunkt (Beispiel)

Bodengruppe: arme Braunerde **Hangneigung (NE):** 92%
Gründigkeit (GR): 40cm **Seehöhe (SH):** 1290m (Median der Bodengruppe)
Relief (RF): Oberhang **Humusform (HF):** Rohhumus

Abb. 1

Beispiel der Herleitung des standortsspezifischen N-Gehalts (N%) in Auflage und Mineralboden für einen Inventurpunkt auf Basis von bodengruppen-spezifischer Verteilung (Tab. 2) und additivem Regelset (Tab. 3).

The derivation of N-content (N%) in forest floor and mineral soil based on the soil-type specific distribution (Tab. 2) and the additive rule-set (Tab. 3) for an exemplary forest inventory plot.

Tab. 3

Regelbasierte Bestimmung der standörtlichen Perzentile der C%--, N%- und pH-Verteilung ausgehend vom Median (Verknüpfung der Merkmale: additiv bei 0.1 ≤ x ≤ 0.9).

Standortsspezifische Merkmale und deren Ausprägungsstufen beziehen sich auf die in der ÖWI aufgenommenen Kategorien (SCHIELER und HAUKE, 2001).

Rule-based derivation of site-specific percentiles for the C%--, N%-, and pH-distributions as additive differences from the median value (for 0.1 ≤ x ≤ 0.9). Site attributes correspond to the categories recorded by the ÖWI (SCHIELER und HAUKE, 2001).

| Merkmal | Ausprägung | Auflage | | Mineralboden | | pH |
|------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| | | C% _{OFF} | N% _{OFF} | C% _{OMS} | N% _{OMS} | |
| Relief (RF) | Oberhang | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | - |
| | Mittelhang, Unterhang | ±0.00 | ±0.00 | ±0.00 | ±0.00 | - |
| | Talboden, Ebene | +0.10 | +0.10 | +0.10 | +0.10 | - |
| | Mulde | +0.20 | +0.20 | +0.20 | +0.20 | - |
| Neigung (NE) | <80% | ±0.00 | ±0.0 | ±0.00 | ±0.00 | - |
| | 80-89% | -0.05 | -0.05 | -0.05 | -0.05 | - |
| | ≥90% | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | - |
| Gründigkeit (GR) | <30cm | -0.25 | -0.25 | -0.25 | -0.25 | - |
| | >30cm | ±0.00 | ±0.00 | ±0.00 | ±0.00 | - |
| Seehöhe (SH) | stetig, ausgehend von der Medianseehöhe der Bodengruppe | - | ±0.015 pro 100m | - | ±0.015 pro 100m | - |
| Humusform (HF) | Mull | - | +0.15 | - | - | +0.25 |
| | moderartiger Mull | - | +0.10 | - | - | +0.15 |
| | mullartiger Moder | - | +0.10 | - | - | +0.15 |
| | Moder | - | ±0.00 | - | - | ±0.00 |
| | Rohhumus | - | -0.10 | - | - | -0.25 |

setzt, wobei für bt eine lineare Abnahme (Wertebereich von 0.0006 bis 0.0001), für $klet$ eine lineare Zunahme (Wertebereich 0.25 bis 0.8) mit steigender Seehöhe angenommen wurde. Die Durchwurzelung der Auflage ($ORootFrac$) wurde gemäss den Erkenntnissen der WBZI (ENGLISH, 1992b) in Anlehnung an den Humustyp bestimmt. Der geringste Durchwurzelungsanteil in der Auflage wurde für Mullhumus (0.1), der höchste für Rohhumus (0.45) angenommen.

Die für die C- und N-Dynamik wichtigen Parameter der Umsetzung in Auflage und Mineralboden (kho , $SOMdec$) wurden gemäss den Empfehlungen von CURRIE und HELMERS (2005) in Bezug auf einen Gleichgewichtszustand bestimmt. Dabei wird ein Modellparametersatz angestrebt, für den sich im Equilibrium der Waldentwicklung (i.e., „steady state“) auch stabile Bodenpools ergeben. Im Gegensatz zu CURRIE und HELMERS (2005), die dieses Problem in einem simplifizierten Ansatz über ein generisches Input-Output-Gleichgewicht lösen, wurde für die vorliegende Arbeit ein iterativer Ansatz gewählt, welcher sich die Fähigkeit von PICUS, langfristige Gleichgewichtszustände der Waldentwicklung zu simulieren (vgl. LEXER und HÖNNINGER, 2001), zu Nutze macht. Equilibrium-Waldgesellschaften wurden mit PICUS über einen Seehöhentransekt (kolline bis tiefsubalpine Höhenstufe) für alle neun Bodengruppen der WBZI simuliert und die Bodenparameter kho und $SOMdec$ dabei iterativ so angenähert, dass sich stabile C- und N-Pools einstellten (als Equilibrium-Phase wurden die letzten 200 Jahre von 1000 Jahren potentieller natürlicher Waldentwicklung ohne Bewirtschaftung beginnend von einer Kahlfläche definiert). Zur Bestimmung von kho für ÖWI-Punkte wurde ein auf diese im Simulationsexperiment ermittelten Daten (Wertebereich von 0.0012 bis 0.0068, $n=45$) gestütztes, generalisiertes lineares Modell mit Wechselwirkungen herangezogen (Prediktoren: Seehöhe (SH), pH-Wert (PH); alle Parameter signifikant bei $\alpha=0.05$; adj. $R^2=0.828$; Gl. 2). Da die Abbauprozesse im Mineralboden im Modellkonzept des Bodenmoduls in direktem Zusammenhang mit jenen in der Auflage stehen (siehe Tab. 1, CURRIE und HELMERS, 2005) wurde für $SOMdec$ (Wertebereich 0.028 bis 0.100) nur eine bodengruppen-spezifische Anpassung über Dummy-Variablen vorgesehen.

$$k h o_j = a_0 + a_1 S H_i + a_2 P H_j + a_3 S H_i P H_j + a_4 P H_j^2 + a_5 S H_i P H_j^2 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} a_0 &= -3.601E-02 & a_3 &= -8.727E-06 \\ a_1 &= 1.956E-05 & a_4 &= -1.497E-03 \\ a_2 &= 1.623E-02 & a_5 &= 8.092E-07 \end{aligned}$$

3.4 Evaluierungslayout

Die Evaluierung der Schätzwerte von Bodenmerkmalen und Modellparametern für die Waldökosystemsimulation erfolgte auf zwei Ebenen. Zuerst wurde für ein unabhängiges Datenset von 20 Intensivbeobachtungsflächen (NEUMANN et al., 2001) ein Vergleich von geschätzten Bodenmerkmalen mit gemessenen Daten vorgenommen. Dabei wurde neben dem multiplen Bestimmtheitsmaß auch die Modelleffizienz (EF, Gl. 3), die Wurzel der mittleren Abweichungsquadrate (RMSE, Gl. 4) und der mittlere Bias (AMB, Gl. 5) beurteilt.

$$EF = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (4)$$

$$AMB = \frac{1}{n} \cdot \sum (y_i - \hat{y}_i) \quad (5)$$

y_i = Beobachtung \hat{y}_i = Schätzwert
 \bar{y}_i = Mittelwert der Beobachtung n = Anzahl der Beobachtungen

EF ist ein Maß für die Effizienz eines Modells relativ zu einem einfachen Mittelwert, wobei ein Wert von 1 eine perfekte Übereinstimmung von Modell und Daten repräsentiert. Sowohl RMSE als auch AMB beurteilen die mittlere Abweichung des Modells von den Daten, wobei AMB auch eine Auskunft über das Vorzeichen dieses Bias zulässt.

Darüber hinaus wurde die Schätzmethodik auf die gesamte ÖWI-Datenbasis angewendet (7824 Waldinventurpunkte mit vollständiger Information zu Standortdaten, Inventurperiode 1986–1990) und die Schätzung der Bodenkohlenstoff- und Stickstoffpools sowie des pH-Wertes mit den empirischen Ergebnissen der WBZI verglichen. Dieser Vergleich wurde auf Basis von Bodengruppen, Humustypen und regionalen Straten getrennt für Auflage und Mineralboden durchgeführt.

Da die im Rahmen dieser Studie vorgenommenen Schätzungen vornehmlich als Grundlage für die dynamische Simulation von Waldökosystemen dienen sollen, wurden deren Güte in einem zweiten Schritt in einem Simulationsexperiment evaluiert (i.e. im Kontext der modellspezifischen Sensitivität). Dazu wurden aus den 1384 Datensätzen der ÖWI mit verfügbaren Wertepaaren aus baumartenspezifischer Oberhöhe und Alter 40 Erhebungspunkte ausgewählt. Für diese wurden, unter Anwendung der geschätzten Bodenmerkmale und Modellparameter, der simulierte durchschnittliche Derbholzgesamtzuwachs über 100 Jahre (dgz_{100}) gegen den beobachteten Bonitätswert (gemäß MARSCHALL, 1975) evaluiert. Als Initialzustand der Simulationen wurde ein 10-jähriger Reinbestand der jeweiligen Baumart mit 4000 Stämmen pro Hektar definiert. Es wurden keine Bewirtschaftungsmaßnahmen simuliert. Bei der Auswahl der Inventurpunkte für dieses Evaluierungsexperiment wurden folgenden Kriterien berücksichtigt: (i) räumliche Abdeckung aller Hauptwuchsgebiete des Österreichischen Waldes (KILIAN et al., 1994); (ii) repräsentative Abdeckung aller Höhenstufen von kollin bis tiefsubalpin gemäss der Verteilung der ÖWI-Punkte auf die Höhenstufen; (iii) je Höhenstufe anteilmäßige Selektion von Oberhöhen-Punkten der Baumarten Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.), Weißkiefer (*Pinus sylvestris* L.), Buche (*Fagus sylvatica* L.) und Stieleiche (*Quercus robur* L.) ihrem Vorkommen entsprechend (SCHADAUER, 1994); (iv) volle Abdeckung des in der ÖWI beobachteten Bonitätsbereichs. Die so ausgewählten Simulationspunkte erstrecken sich über einen Temperaturgradienten (Jahresmittel) von +3.6°C bis +9.0°C und weisen Jahresniederschläge von 576 mm bis 1409 mm auf. Die Spanne der beobachteten Derbholzproduktivitäten auf den Simulationspunkten reicht von 3 m³·ha⁻¹·a⁻¹ bis 16 m³·ha⁻¹·a⁻¹. Die Simulationsergebnisse wurden den Beobachtungen in Form einer linearen Regressionsanalyse gegenübergestellt. Als Evaluierungskriterien dienten dabei vor allem das Bestimmtheitsmaß der Regression (i.e. der Anteil der durch die Simulation erklärte Varianz) sowie der Regressionskoeffizient (i.e. Test der Steigung der Regressionsgerade auf signifikante Abweichung von 1). Daten zur Bodenwasserhaltefähigkeit wurden von LEXER und HÖNNINGER (1998) geschätzt und für das Simulationsexperiment übernommen.

4. ERGEBNISSE

4.1 Evaluierung der geschätzten Bodenmerkmale

Im direkten, punktwisen Vergleich zu den Messergebnissen auf 20 Intensivbeobachtungsflächen (Neumann et al. 2001) erreichte der Anteil der erklärten Varianz von C_{FF}% und N_{FF}% in der Auflage zwischen 10% und 21%. Im Mineralboden ergeben sich ungleich höhere R²-Werte von 60% (C_{MS}%) und 66% (N_{MS}%), die jedoch hauptsächlich auf den regressionsanalytisch hohen Einfluss zweier gut geschätzter, sehr hoher Werte in der Beobachtung zurückzuführen waren (Bodengruppe: Rendzina). Wurden diese beiden Datensätze in der vergleichenden Regressionsanalyse nicht

Tab. 4

Ergebnisse des punktweisen Vergleichs von Schätzung und Beobachtungen auf 20 Intensivbeobachtungsflächen. * = signifikant von Null verschieden bei $\alpha = 0.05$; n.g. = Differenz zu Null nicht gesichert bei $\alpha = 0.05$.

Results of the point-wise comparison of predictions to observations at 20 Level II monitoring plots. * = significantly different from zero; n.g. = difference not significant; significance level $\alpha = 0.05$.

| | Auflage | | Mineralboden | | pH |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| | C% _{FF} | N% _{FF} | C% _{MS} | N% _{MS} | |
| beobachteter Mittelwert | 40.50 | 1.63 | 3.91 | 0.24 | 4.23 |
| multipl. R ² | 0.206 | 0.100 | 0.597 | 0.671 | 0.282 |
| Modelleffizienz (Gl. 3) | -3.131 | -3.821 | 0.390 | 0.440 | -0.377 |
| RSME (Gl. 4) | 14.19 | 0.54 | 5.84 | 0.23 | 0.99 |
| mittlerer Bias (Gl. 5) | -12.74 * | -0.47 * | -1.38 ^{n.g.} | -0.09 ^{n.g.} | +0.53 * |

Tab. 5

Vergleich von beobachteten (WBZI, Österreichische Waldboden-Zustandsinventur) und geschätzten Bodenpools (t·ha⁻¹; Mittelwerte ± Standardabweichung der Schätzungen, n = 7824). Observed (Austrian Forest Soil Survey, WBZI) and predicted mean soil pools (t·ha⁻¹; standard deviations for predictions; n = 7824).

| Bodengruppe | Auflage | | | | Mineralboden | |
|--------------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
| | N _{FF} | | C _{FF} | | N _{MS} | |
| | WBZI | Schätzwert | WBZI | Schätzwert | WBZI | Schätzwert |
| Reiche Fels-Braunerde | 0.480 | 0.473 ± 0.220 | 11.9 | 11.6 ± 5.97 | 7.32 | 7.97 ± 0.99 |
| Arme Fels-Braunerde | 0.622 | 0.615 ± 0.284 | 16.1 | 12.8 ± 6.74 | 6.35 | 6.67 ± 0.63 |
| Lockersediment-Braunerde | 0.464 | 0.450 ± 0.252 | 11.6 | 9.9 ± 6.12 | 4.74 | 5.22 ± 0.72 |
| Semipodsol | 0.887 | 0.665 ± 0.277 | 25.0 | 17.4 ± 7.83 | 7.13 | 6.29 ± 0.67 |
| Podsol | 0.752 | 0.811 ± 0.348 | 24.8 | 26.0 ± 11.59 | 6.26 | 6.20 ± 0.80 |
| Pseudogley, Gley | 0.546 | 0.503 ± 0.252 | 14.8 | 11.3 ± 6.29 | 6.42 | 5.69 ± 1.21 |
| Rendzina | 0.814 | 0.579 ± 0.252 | 20.0 | 14.5 ± 7.02 | 9.29 | 8.19 ± 0.70 |
| Kalk-Braunlehm | 0.391 | 0.433 ± 0.204 | 11.0 | 12.8 ± 6.61 | 8.64 | 7.68 ± 0.66 |

berücksichtigt, ergab sich ein erklärter Varianzanteil für C%_{MS} und N%_{MS} von maximal 33%. Bezüglich des Boden-pH-Wertes resultierte der direkte Vergleich der Schätzwerte mit den Daten der Intensivbeobachtungsflächen in einem Bestimmtheitsmaß von R² = 0.282. Die Ergebnisse des Vergleichs mit den Intensivbeobachtungsflächen sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Vergleicht man die Schätzwerte über alle Erhebungspunkte der ÖWI (7824 Inventurpunkte) mit den Ergebnissen der WBZI, so wiesen Aufлагestickstoff- und -kohlenstoff generell gute Übereinstimmung auf (Tab. 5). Die höchsten C- und N-Pools in der Auflage (C_{FF}, N_{FF}) wurden analog zur WBZI für Semipodsol und Podsole geschätzt, die im Mittel geringsten Werte für C_{FF} und N_{FF} wurden respektive für Lockersediment-Braunerde und Kalk-Braunlehm geschätzt. Für die Bodengruppe der Rendzinen wurden beide Merkmale deutlich unterschätzt.

In der Schätzung des Mineralboden-Stickstoffs (N_{MS}) konnten ebenfalls nur moderate Abweichungen zu den Daten der WBZI festgestellt werden. Bezüglich der Mineralboden-C-Pools (C_{MS}) war ein direkter Vergleich zu Beobachtungen nicht möglich, da diese Pools in der WBZI nicht volumsgerecht berücksichtigt wurden (Weiss et al. 2000). Vergleicht man jedoch den geschätzten mittleren Bodenkohlenstoffvorrat über alle ÖWI-Punkte (Auflage: 14.4 tC·ha⁻¹, Mineralboden: 116.1 tC·ha⁻¹) mit den Schätzungen von KÖRNER et al. (1993; Auflage + Mineralboden: 123.3 tC·ha⁻¹) und WEISS et al. (2000; Auflage: 15 tC·ha⁻¹, Mineralboden: 106 tC·ha⁻¹), so zeigt sich zufriedenstellende Übereinstimmung. Auch die bodengruppenspezifischen Unterschiede bezüglich des pH-Wertes wurden zufriedenstellend abgebildet. Die höchsten pH-

Werte wurden für Rendzinen geschätzt (WBZI: 6.18; Schätzwert: 6.13 ± 0.18), die niedrigsten pH-Werte lieferte die Bodengruppe der Podsole (WBZI: 3.77; Schätzwert: 3.73 ± 0.15).

Da die Bodengruppen für die individuellen Verteilungen von C% und N% als primäre kategorisierende Variable herangezogen wurden, war eine Analyse auf anderem Aggregationsniveau, wie zum Beispiel Humusformen oder räumlichen Straten (z.B. Wuchsgebiete, KILIAN et al., 1994), von Interesse. Es zeigte sich, dass der deutliche Gradient der C- und N-Pools der WBZI über die Humusformen durch den angewandten Schätzansatz gut wiedergegeben wurde. Die berechneten mittleren C/N-Verhältnisse der Auflage bewegten sich zwischen 21.6 für Mull (WBZI: 21.7) und 27.3 für Rohhumus (WBZI: 27.8). Auch eine räumliche Analyse der geschätzten Bodenpools zeigte zufriedenstellende Ergebnisse: In Übereinstimmung mit JANDL et al. (2005) wurden die höchsten C-Pools in den alpinen Wuchsgebieten geschätzt, Alpenvorland sowie Mühl- und Waldviertel zeigten deutlich niedrigere Werte und die geringsten Boden-C-Pools wurden für das Wuchsgebiete 8.2 (sommerwarmer Osten – subillyrisches Hügel- und Terrassenland) geschätzt.

4.2 Evaluierung der Initialisierung in der dynamischen Simulation

Die mit PICUS geschätzten Derbholzproduktivitäten zeigten gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen der ÖWI (Abb. 2). In einer linearen Regressionsanalyse erklärten die PICUS-Simulationen über alle Baumarten hinweg etwas mehr als drei Viertel der Varianz des dgz₁₀₀ auf den selektierten Waldinventurpunkten

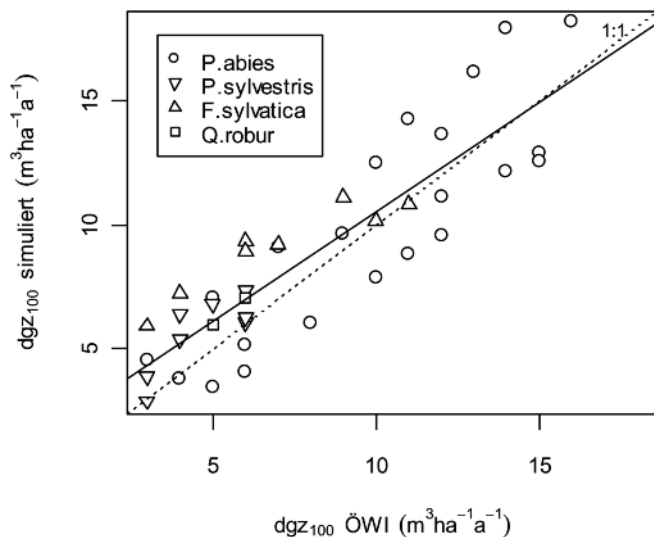


Abb. 2

Vergleich von beobachteter (ÖWI, Österreichische Waldinventur) und simulierter (Modell: PICUS v1.41) Produktivität (dgz_{100} = durchschnittlicher Derbholzgesamtwuchs über 100 Jahre).

Observed (Austrian Forest Inventory, ÖWI) and predicted (model: PICUS v1.41) productivity (dgz_{100} = mean annual gross increment over 100 years).

($R^2=0.769$). Des weiteren erwies sich der Regressionskoeffizient als nicht signifikant von 1 verschieden ($b = 0.883$, $\alpha = 0.05$). Während die Regressionsanalyse für Fichte und Kiefer gute Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit den ÖWI-Beobachtungen indizierte (Fichte: $n = 22$, $R^2 = 0.763$, $b = 1.007$; Kiefer: $n = 8$, $R^2 = 0.662$, $b = 0.952$; Regressionskoeffizienten jeweils nicht signifikant von 1 verschieden) wurden niedrige Buchen-Ertragsklassen tendenziell überschätzt ($n = 8$, $R^2 = 0.851$, $b = 0.574$, Regressionskoeffizient signifikant kleiner als 1 bei $\alpha = 0.05$).

Da diese Analyse jedoch neben den Bodenparametern auch von einem Klimagradienten bestimmt wird, wurden die Simulationsergebnisse zusätzlich getrennt für sechs Seehöhenstufen (kollin – tiefsubalpin, vgl. KILIAN et al., 1994) analysiert (alle Baumarten gepoolt). Für die Höhenstufen kollin bis hochmontan ergaben sich dabei gute Übereinstimmungen zwischen den beobachteten und simulierten Werten (R^2 zwischen 0.682 und 0.978). Nur für die vier Inventurpunkte der tiefsubalpinen Höhenstufe konnte das Modell deren Variation nicht signifikant erklären. Die mittlere Produktivität wurde von PICUS jedoch auch für diese Höhenstufe gut getroffen (Inventur: $4.5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, PICUS: $4.0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$).

5. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

5.1 Schätzung von Bodenmerkmalen mittels eines kombinierten statistischen und wissensbasierten Ansatzes

Der direkte Vergleich mit Daten von Intensivbeobachtungsflächen zeigte die limitierte Fähigkeit der vorgestellten Methode, spezifische standörtliche Bodenverhältnisse abzubilden. Die erzielten Bestimmtheitsmaße liegen dabei im Bereich der mit rein statistischen Methoden erreichten Ergebnisse von JANDL et al. (2005) für Kohlenstoff. In Hinblick auf eine Datenverdichtung zur Initialisierung von Simulationsmodellen weist die vorgestellte Methode eine vergleichbare Erklärungskraft bezüglich der hohen Variabilität von physico-chemischen Merkmalen in Waldböden auf wie bisherige Ansätze (z.B. LEXER und HÖNNINGER, 1998; LEXER et al., 1999). Während auf einzelstandörtlicher Basis die Erklärungskraft gering ist, wurden großflächige Tendenzen in Österreichs Waldböden

zufriedenstellend erfasst. Auf aggregiertem Niveau ergab ein Vergleich der geschätzten C- und N-Pools auf dem Punktenetz der ÖWI gute Übereinstimmung mit Messungen der WBZI. Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass die Genauigkeit („accuracy“) des Ansatzes zufriedenstellend ist, jedoch nur geringe Präzision („precision“) erzielt wird. In Bezug auf letztere bietet vor allem die Definition der Regelbasis, welche in dieser Studie sehr einfach gewählt wurde, noch deutliches Verbesserungspotential.

Zu berücksichtigen bleibt weiters, dass der hier vorgestellte Ansatz nicht der vollen Variabilität der Bodenpools innerhalb einer Bodengruppe Rechnung trägt- Extremwerte werden in der Schätzung über die Perzentilen der Verteilung ausgeschlossen. Da die Simulation von extremen Bodenbedingungen durch die Modellstruktur großflächig einsetzbarer Modelle jedoch stark limitiert ist, dürfte dieser Umstand nur von untergeordneter Bedeutung sein. In Hinblick auf eine mögliche Anwendung von Modellen in der Abschätzung der Kohlenstoffspeicherung im Wald (vgl. SEIDL et al., 2007; SEIDL et al., 2008) ist vor allem der Vergleich des vorgestellten Ansatzes mit den C-Inventuren von KÖRNER et al. (1993) und WEISS et al. (2000) von Bedeutung, welcher zufriedenstellende Ergebnisse zeigte.

5.2 Die Schätzwerte im Kontext der Modellsimulation

Die gesamte Initialisierungsroutine, welche zusätzlich eine Abschätzung einiger standortsspezifischer Parameter des Bodenmoduls in PICUS v1.41 vorsieht, wurde hinsichtlich der simulierten Produktivität gegen Daten der ÖWI evaluiert. Die gute Übereinstimmung der Simulationen mit den beobachteten Werten zeigt, dass die in der Schätzung der Bodenmerkmale und -parameter formulierten Hypothesen in Bezug auf eine Anwendung im PICUS-Modellkonzept nicht abgelehnt werden können. Der gewählte pragmatische Ansatz, wonach nur die einflussreichsten und mit beobachtbaren Standortdaten assoziierbaren Parameter des Bodenmoduls in PICUS standortsspezifisch modifiziert wurden, während für den Großteil der Modellparameter ein an den geoklimatischen Großraum angepasster generischer Mittelwert Verwendung fand, erscheint in Bezug auf großräumige Applikationen zulässig. Für detaillierte Studien mit Fokus auf bodenbürtige Prozesse ist jedoch eine standortsspezifische Parametrisierung der Algorithmen des prozessbasierten Bodenmoduls vorzusehen.

Bezogen auf die Simulation von in der ÖWI erfassten Produktivitätsgradienten resultierte der Parametrisierungsansatz in zufriedenstellenden Ergebnissen. Der Anteil der durch die Simulation erklärten Variabilität in der Produktivität von 76.9% (über alle Baumarten) korrespondiert mit jenen von statistischen Ansätzen. SCHADAUER (1999) parametrisierte statistische Bonitierungsmodelle für Fichte aus den Daten der Österreichischen Waldinventur unter Miteinbeziehung von Klimadaten und erreichte dabei für regional vorstratifizierte Modelle R^2 -Werte zwischen 0.34 und 0.66. HERZBERGER (1996) analysierte Fichten-Produktivitätsdaten auf Basis des Österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystems mittels Regressionsanalyse und erreichte unter Einbeziehung von allgemeinen Standortdaten sowie chemischer Kennwerte des Oberbodens und Zeigerpflanzen Regressionskoeffizienten von bis zu 0.67.

5.3 Schlussfolgerungen

Die mangelnde Verfügbarkeit von detaillierter Bodeninformation limitiert großflächige modellbasierte Analysen bezüglich aktueller Fragestellungen wie Auswirkungen einer Klimaänderung und möglicher Adaptionsstrategien in der Waldbewirtschaftung. Geht man davon aus, dass detaillierte quantitative Bodeninformation auch in Zukunft einen limitierenden Faktor für großflächige Anwendungen von Ökosystemmodellen darstellen wird, sind Schätzverfahren not-

wendig, welche akzeptable Initialisierungsdaten generieren können. Dabei sind Schätzfehler in Boden- und Modellparametern immer auch in Zusammenhang mit der kleinräumigen Variabilität in Waldböden sowie der Sensitivität der eingesetzten Ökosystemmodelle zu beurteilen. Die vorliegende Studie konnte diesbezüglich zeigen, dass eine Kombination von statistischen und wissensbasierten Ansätzen robuste Ergebnisse liefern kann und eine solcherart generierte Datengrundlage für großflächige Simulationsexperimente geeignet ist.

6. DANKSAGUNG

Die Arbeit wurde durch das von der Europäischen Kommission geförderte Projekt „Integrated Sink Enhancement Assessment“ (INSEA, FP6, SSPI-CT-2003/503614) finanziell unterstützt. Die Autoren danken M. ENGLISCH für das zur Verfügung stellen der Verteilungsdaten der Österreichischen Waldbodenzustandsinventur sowie K. SCHADAUER für die Möglichkeit, die Daten der Österreichischen Waldinventur zu nutzen. Darüber hinaus danken wir zwei anonymen Gutachtern für wertvolle Anregungen zur Verbesserung des Manuskripts.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Als Grundlage für den großflächigen Einsatz von dynamischen Waldökosystemmodellen in der Szenarioanalyse für österreichische Wälder (z.B. Klimaänderungsfolgen, adaptive Bewirtschaftungskonzepte) wurden in der vorliegenden Studie Bodenmerkmale und Modellparameter für Erhebungspunkte der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) bestimmt. Standortsspezifische Bodenkohlenstoff- und Stickstoffpools sowie der Boden-pH-Wert wurden dabei über einen kombinierten statistischen und wissensbasierten Ansatz geschätzt. Die zugrunde liegende Datenbasis bildeten empirische Verteilungen von Schlüsselparametern aus der österreichischen Waldbodenzustandsinventur (WBZI) sowie kategorisierte Standortdaten der ÖWI. Zusätzlich wurden einfache Regeln zur Herleitung einiger einflussreicher bodenbezogener Modellparameter vorgeschlagen, welche eine standortsspezifische Initialisierung des Simulationsmodells PICUS v1.41 auf Inventurbasis ermöglichen sollen.

Die Evaluierung des Ansatzes zeigte sowohl gute Übereinstimmung der geschätzten mittleren Bodenpools mit Werten der WBZI als auch mit früheren Schätzungen der C-Vorräte in Österreichs Waldböden. Die Präzision des Ansatzes in der Schätzung von individuellen Bodencharakteristika ist vergleichbar mit statistischen Ansätzen aus der Literatur, liegt jedoch auf niedrigem Niveau. Ein Simulationsexperiment mit PICUS v1.41 unter Verwendung der vorgeschlagenen Initialisierung (i.e., standortsspezifische Bodenmerkmale und Modellparameter) ergab eine gute Übereinstimmung mit beobachteten Produktivitäten auf ausgewählten Erhebungspunkten der ÖWI.

8. Abstract

Title of the paper: *Estimating soil properties and parameters for forest ecosystem simulation based on large scale forest inventories.*

To amend the database needed for a large-scale model-based assessment of Austria's forests with regard to climate change impacts and adaptation strategies soil pools and model parameters were estimated for the grid of the Austrian National Forest Inventory (ÖWI). Based on data of the Austrian Forest Soil Survey (WBZI) and categorized site information of the ÖWI a combined statistical and knowledge-based approach was chosen for the estimation of carbon and nitrogen pools as well as pH-value. In addition, site-specific parameters for the soil module of the forest ecosystem model PICUS v1.41 were estimated in order to allow a consistent initialisation of the model at sample plots of the ÖWI.

Estimated average soil pools were evaluated against data from the WBZI, showing good agreement over soil types and ecoregions. Moreover, estimated mean soil C stocks compared well to estimates in the literature. However, the achieved precision in predicting plot-specific soil characteristics was limited yet in the range of previous statistical approaches. To test the full initialisation set (i.e. soil characteristics and model parameters) holistically simulations with PICUS v1.41 were conducted over a wide ecological gradient, showing good agreement between observed and predicted stemwood productivities for a subset of the ÖWI.

9. Résumé

Titre de l'article: *Estimation de caractéristiques de sol et de paramètres de modélisation pour la simulation d'écosystème sur la base d'un inventaire à grande échelle.*

Dans la présente étude des caractéristiques de sol et des paramètres de modélisation des points de relevé de l'Inventaire Forestier Autrichien (ÖWI) ont été déterminés pour servir de base à l'installation à une grande échelle de modèles dynamiques d'écosystèmes forestiers dans le cadre de l'analyse de scénarios pour les forêts autrichiennes (par exemple: conséquence des changements climatiques, concepts adaptatifs de gestion). Les réserves spécifiques aux stations en carbone et en azote du sol, ainsi que la valeur du pH du sol, ont été estimées grâce à une méthode combinant les procédés statistiques et un système fondé sur les connaissances. Les répartitions empiriques des paramètres-clés provenant de l'Inventaire de l'Etat des Sols Forestiers (WBZI), ainsi que les données relatives aux stations provenant de l'ÖWI ont constitué la base de données de départ. De plus on a recommandé des règles simples d'obtention de paramètres de modélisation très efficaces relatifs aux sols, qui doivent rendre possible sur la base de l'inventaire ÖWI une initialisation, spécifique aux stations, du modèle de simulation PICUS v 1. 41.

L'évaluation de la méthode a montré une bonne concordance des réserves moyennes des sols estimées aussi bien avec les valeurs du WBZI qu'avec les estimations antérieures des réserves en C des sols forestiers en Autriche. La précision de la méthode dans l'estimation des caractéristiques individuelles de sol est comparable à celles des méthodes statistiques tirées de la littérature, tout en étant toutefois d'un niveau plus faible. Une expérience de simulation à l'aide de PICUS v 1. 41 en utilisant l'initialisation conseillée (c'est à dire les caractéristiques de sol spécifiques des stations et les paramètres de modélisation) a donné une bonne concordance avec les productivités observées en des points choisis de relevés de l'ÖWI. R.K.

10. Literatur

- ANONYMUS (1997): Ergebnisse der Österreichischen Waldinventur 1992 bis 1996. Mit Vergleichsdaten 1986 bis 1990. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Waldforschungszentrum Wien. CD-ROM.
- ANONYMUS (2002): Die Österreichische Waldinventur 2000–2002. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien. <http://web.bfw.ac.at/i7/oewi.oewi0002> (2007-01-17)
- BALKOVIC, J., E. SCHMID, E. MOLTCHANOVA, R. SKALSKY, K. POLTARSKA, B. MÜLLER and R. BUJNOVSKY (2007): Data processing for bio-physical process modelling in EU25. In: STOLBOVOY V., L. MONTANARELLA and P. PANAGOS (Hrsg.). Carbon Sink Enhancement in Soils of Europe: Data Modelling, Verification. JRC Scientific and Technical Reports EUR 23037 EN. European Commission, Joint Research Centre. 74-139. ISBN 978-92-79-07691.
- BOTKIN, D. B. (1993): Forest dynamics: an ecological model. Oxford University Press, Oxford. 309 S.
- CURRIE, W. S. and D. HELMERS (2005): A user guide for the TRACE model. Natural Resources and Environment, University of Michigan, MI. http://www.sitemaker.umich.edu/curriellab/download_ecosystem_models (2007-01-17)
- CURRIE, W. S. and J. K. NADELHOFFER (1999): Dynamic redistribution of isotopically labeled cohorts of nitrogen inputs in two temperate forests. *Ecosystems* 2, 4–18.

- CURRIE, W. S., J. K. NADELHOFFER and J. D. ABER (1999): Soil detrital processes controlling the movement of ¹⁵N tracers to forest vegetation. *Ecol. Appl.* **9**, 87–102.
- CURRIE, W. S., J. K. NADELHOFFER and J. D. ABER (2004): Redistributions of ¹⁵N highlight turnover and replenishment of mineral soil organic N as a long-term control on forest C balance. *For. Ecol. Manage.* **196**, 109–127.
- DEHLING, H. und B. HAUPT (2003): Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Springer, Berlin. 282 S.
- ENGLISCH, M. (1992a): Atmosphärische Hauptnährstoffe. In: KILIAN, W. (Hrsg.). Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 168. Heft, Österreichischer Agrarverlag, Wien. S. 45–58.
- ENGLISCH, M. (1992b): Standorts- und Bodenbeschreibung. In: KILIAN, W. (Hrsg.). Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 168. Heft, Österreichischer Agrarverlag, Wien. S. 23–44.
- FISHER, R. F. and D. BINKLEY (2000): Ecology and management of forest soils. Third edition, Wiley, New York. 489 S.
- FÜRSTENAU, C., F. W. BADECK, P. LASCH, M. LEXER, M. LINDNER, P. MOHR and F. SUCKOW (2007): Multiple-use forest management in consideration of climate change and the interests of stakeholder groups. *Eur. J. For. Res.* **126**, 225–239.
- GABLER, K. und K. SCHADAUER (2006): Methoden der Österreichischen Waldinventur 2000/02: Grundlagen, Entwicklung, Design, Daten, Modelle, Auswertung und Fehlerrechnung. BFW-Berichte 135, Wien. 132 S.
- HERMAN F., S. SMIDT and M. ENGLISCH (Hrsg.) (2001): Stickstoffflüsse am Mühleggerköpfl in den Nordtiroler Kalkalpen. FBVA-Berichte 119, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 164 S.
- HERMAN, F., S. SMIDT, K. BUTTERBACH-BAHL, M. ENGLISCH, E. GEBETSROITHER, R. JANDL, K. KATZENSTEINER, M. J. LEXER, F. STREBL and ZEHEMEISTER-BOLTENSTERN, S. (2007): Modeling of Nitrogen Dynamics in an Austrian Alpine Forest Ecosystem on Calcareous Soils: A Scenario-Based Risk Assessment under Changing Environmental Conditions. *TheScientificWorldJournal* **7**, 159–165.
- HERZBERGER, E. (1996): Standortseinflüsse auf die Bonität von Fichtenbeständen in Österreich. Eine Analyse mittels linearer Regression. In: NEUMANN, M., (Hrsg.). Österreichisches Waldschadens- Beobachtungssystem. Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien am 23. November 1995. FBVA-Berichte 93, Wien. S. 65–85.
- HOLLAND, E. A., B. H. BRASWELL, J. SULZMAN and J. F. LAMARQUE (2004): Nitrogen Deposition onto the United States and Western Europe. Data set. Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, TN. <http://www.daac.ornl.gov> (2007-01-17)
- JANDL, R., M. ENGLISCH, K. KATZENSTEINER und R. BARITZ (2005): Abschätzung von Kohlenstoffvorräten in Waldböden aus Standortseigenschaften. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 72. Wien. 49–57.
- KELLOMÄKI, S. and S. LEINONEN (Hrsg.) (2005): Management of European forests under changing climatic conditions. Research Notes 163, University of Joensuu, Finland. ISBN 952-458-652-5.
- KILIAN, W. (Hrsg.) (1992): Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 168. Heft, Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- KILIAN, W., F. MÜLLER und F. STARLINGER (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Berichte 82, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 60 S.
- KÖRNER, C., B. SCHILCHER und S. PELAEZ-RIEDL (1993): Vegetation und Treibhausgasproblematik: Eine Beurteilung der Situation in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der Kohlenstoffbilanz. In: PREINIG, O. (Hrsg.). Bestandsaufnahme anthropogene Klimaänderung: Mögliche Auswirkungen auf Österreich – mögliche Maßnahmen in Österreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften Wien.
- LANDSBERG, J. J. and R. H. WARING (1997): A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *For. Ecol. Manage.* **95**, 209–228.
- LEXER, M. and K. HÖNNINGER (1998): Estimating physical soil parameters for sample plots of large-scale forest inventories. *For. Ecol. Manage.* **111**, 231–247.
- LEXER, M. J. and K. HÖNNINGER (2001): A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes. *For. Ecol. Manage.* **144**, 43–65.
- LEXER, M. J., K. HÖNNINGER und M. ENGLISCH (1999): Schätzung von chemischen Bodenparametern für Waldstandorte am Beispiel der Österreichischen Waldinventur. *Forstw. Cbl.* **118**, 212–227.
- LEXER, M. J., K. HÖNNINGER, H. SCHEIFINGER, C. MATULLA, N. GROLL, H. KROMP-KOLB, K. SCHADAUER, F. STARLINGER and M. ENGLISCH (2002): The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: A large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *For. Ecol. Manage.* **162**, 53–72.
- LEXER, M. J., R. SEIDL, W. RAMMER und D. JÄGER (2005): Analyse von Managementstrategien für eine nachhaltige Mehrzweck-Waldbewirtschaftung unter Klimaänderungsbedingungen mit besonderer Berücksichtigung der Kohlenstoffsenkenwirkung anhand eines Beispielbetriebes (IFORCAM). Projekt-Endbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 199 S.
- MÄKELÄ, A., J. LANDSBERG, A. R. EK, T. E. BURK, M. TER-MIKAELIAN, G. I. AGREN, C. D. OLIVER and P. PUTTONEN (2000): Process-based models for forest ecosystem management: current state of the art and challenges for practical implementation. *Tree Phys.* **20**, 289–298.
- MARSCHALL, J. (1975): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Österreichischer Agrarverlag, Wien. 199 S.
- McKENZIE, N. J. and P. J. RYAN (1999): Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma* **89**, 67–94.
- MCPFE (1993): Ministerial Conference on Protection of Forests in Europe. Conference Proceedings. Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, Finland.
- MCPFE (1998): Third Ministerial Conference on Protection of the Forests in Europe. General Declaration and Resolutions Adopted. Ministry of Agriculture, Rural Development, and Fisheries, Lisbon, Portugal.
- NEUMANN, M., G. SCHNABEL, M. GÄRTNER, F. STARLINGER, A. FÜRST, F. MUTSCH, M. ENGLISCH, S. SMIDT, R. JANDL und K. GARTNER (2001): Waldzustandsmonitoring in Österreich. Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II). FBVA-Berichte 122, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 235 S.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2006): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available at: <http://www.R-project.org>. (2007-01-17).
- REHFUESS, K. E. (1990): Waldböden. Zweite Auflage, Parey, Hamburg. 294 S.
- RUKHOVICH, D. I., P. V. KOROLEVA, E. V. VILCHEVSKAYA, V. A. ROMANENKOV and L. G. KOLESNIKOVA (2007): Constructing a spatially-resolved database for modelling soil organic carbon stocks of croplands in European Russia. *Reg. Environ. Change* **7**, 51–61.
- RYAN, P. J., N. J. MCKENZIE, D. O'CONNELL, A. N. LOUGHHEAD, P. M. LEPPER-TA, D. JAQUIER and L. ASHTON (2000): Integrating forest soils information across scales: spatial prediction of soil properties under Australian forests. *For. Ecol. Manage.* **138**, 139–157.
- SCHADAUER, K. (1994): Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. FBVA-Berichte 76, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 157 S.
- SCHADAUER, K. (1999): Oberhöhenbonität und Standort der Fichte nach Daten der Österreichischen Forstinventur. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 171, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 135 S.
- SCHAEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage, Spektrum, Heidelberg. 593 S.
- SCHIELER, K. und E. HAU (2001): Österreichische Waldinventur 2000/2002 – Instruktionen für die Feldarbeit. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien. 209 S. ISBN 3-901347-29-1.
- SEIDL, R., O. FRANKLIN, W. RAMMER, F. KRAXNER, M. OBERSTEINER and M. J. LEXER (2006): Evaluation of a large scale scenario model with regard to simulated productivity and management response by means of a plot level model. In: OBERSTEINER, M., KRAXNER, F., (Hrsg.). Integrated sink enhancement assessment. Final report. EU FP6 Project, SSPI-CT-2003/503614. Appendix VIII.
- SEIDL, R., M. J. LEXER, D. JÄGER and K. HÖNNINGER (2005): Evaluating the accuracy and generality of a hybrid forest patch model. *Tree Phys.* **25**, 939–951.
- SEIDL, R., W. RAMMER, D. JÄGER, W. S. CURRIE and M. J. LEXER (2007): Assessing trade-offs between carbon sequestration and timber production within a framework of multi-purpose forestry in Austria. *For. Ecol. Manage.* **248**, 64–79.
- SEIDL, R., W. RAMMER, D. JÄGER and M. J. LEXER (2008): Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *For. Ecol. Manage.* **256**, 209–220.
- SMIDT, S. (2004): Messungen der nassen Deposition auf den Level II Flächen-Ergebnisse 1996-2003. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Institut für Waldschutz, Bericht ICP-DEP 1, 38 S.
- THOMPSON, J. A. and R. K. KOLKA (2005): Soil carbon storage estimation in a forested watershed using quantitative soil-landscape modelling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **69**, 1086–1093.
- WEISS, P., K. SCHIELER, K. SCHADAUER, K. RADUNSKY und M. ENGLISCH (2000): Die Kohlenstoffbilanz des Österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Monographien M-106, Umweltbundesamt Wien. 94 S. ISBN 3-85457-454-1.

EDITORIAL

Dear reader,
Dear author,

we, the editorial team of the German Journal of Forest Research, are continually adapting our policy and service to the needs of our readership. Several new developments were initiated during the past two years. Contributions are now accepted, not only in German, but also in English. We have thus been able to attract interesting papers from abroad and to expand our readership. Some of our German scientists prefer to publish in English because they wish to reach an international audience.

Another important change involves the restructuring of our editorial board. Until now the AFJZ has had two active editors namely KARL-REINHARD VOLZ from Freiburg and KLAUS VON GADOW from Göttingen. We felt that it would be essential to broaden the editorial base, and we approached several younger colleagues to assist as subject-editors. We also decided that it would be more practical to have one editor in chief. KLAUS VON GADOW retired and KARL-REINHARD VOLZ is going to be editor in chief. He will be supported by the following subject-editors:

| |
|--|
| <i>Silviculture and Forest Ecology:</i> CHRISTIAN AMMER, Göttingen |
| <i>Forest Growth and Forest Inventory:</i> CHRISTOPH KLEINN, Göttingen |
| <i>Soil science and Forest Nutrition:</i> ERNST HILDEBRAND, Freiburg |
| <i>Forest Biology and Forest Tree Breeding:</i> REINER FINKELDEY, Göttingen |
| <i>Forest Economics and Forest Planning:</i> BERNHARD MÖHRING, Göttingen |
| <i>Forest Zoology and Forest Conservation:</i> STEFAN SCHÜTZ, Göttingen |
| <i>Wood Science and Forest Utilization:</i> N.N. |
| <i>Forest History, Forest Policy, Landscape Management:</i> KARL-REINHARD VOLZ, Freiburg |

Person in charge of the editorial office is:

SABINE DEHN
Institute of Forest and Environmental Policy
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
Tennenbacher Straße 4, D-79106 Freiburg
Tel. 0049-761-203-3713, Fax: 0049-761-203-3705,
Mail: sabine.dehn@ifp.uni-freiburg.de

We kindly ask you to submit your papers in electronic format, preferably as an email attachment directly to Ms. SABINE DEHN. Please refer to the current guidelines for authors before submitting a manuscript.

Frankfurt, February 2009

STEPHANIE AULBACH

KARL-REINHARD VOLZ

KLAUS V. GADOW

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

German Journal of Forest Research

Unter Mitwirkung von
Mitgliedern der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten
von Freiburg i. Br. und Göttingen

herausgegeben von

Dr. K.-R. Volz

o. Professor der Forstwissenschaft
an der Universität Freiburg i. Br.

ISSN 0002-5852

Erscheinungsweise: Jährlich sechs Doppelhefte.

Bezugspreis: Jährlich € 168,- zuzüglich Zustellgebühr; für Studenten und in Ausbildung befindliche Forstreferendare € 134,40 zuzüglich Zustellgebühr. Preis der Einzelhefte je nach Umfang verschieden.

Bezug: Durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag. Das Abonnement gilt jeweils für einen Jahrgang. Es läuft weiter, wenn nicht unmittelbar nach Lieferung des Schlussheftes eines Jahrgangs eine Abbestellung erfolgt.

Manuskripte (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an das Redaktionsbüro einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt.

Entsprechend dem international weit verbreiteten Review-Verfahren wird jeder Beitrag von zwei Fachgutachtern (vor allem Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten der Universitäten in Freiburg i. Br. und Göttingen) hinsichtlich Inhalt und Form geprüft.

Die Manuskripte sind möglichst auf Diskette und in dreifacher Ausfertigung einzureichen. Sie sollten 3 bis 4 (maximal 6 Druckseiten) umfassen. Hierbei entspricht eine Druckseite ungefähr einem zweiseitigen Text mit 12-Punkt-Schrift in Times New Roman. Neben einem möglichst kurz gehaltenen Titel der Arbeit sind bis zu maximal 10 Schlagwörter und key words anzugeben. Manuskripte mit Tabellen und Abbildungen werden nur angenommen, wenn die Tabellen-Überschriften und die Abbildungsunterschriften in deutscher und englischer Sprache abgefasst sind. Der Beitrag soll neben einer deutschen Zusammenfassung eine Zusammenfassung in englischer Sprache (Summary mit Title of the paper) enthalten. Die Übersetzung ins Französische (Résumé) erfolgt i. Allg. durch den Verlag.

Um unnötige Korrespondenz zu vermeiden, werden die Autoren gebeten, bei Abfassung ihres Manuskriptes eine neuere Ausgabe der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung sowie die beim Verlag und bei den Herausgebern erhältlichen „Hinweise für die Autoren“ zu beachten.

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck – auch von Abbildungen –, Vervielfältigung auf photomechanischem oder ähnlichem Wege oder im Magnettonverfahren, Vortrag, Funk- und Fernsehendung sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – bleiben vorbehalten. Werden von

einzelnen Beiträgen oder Teilen von ihnen einzelne Vervielfältigungsstücke im Rahmen des § 54 UrhG hergestellt und dienen diese gewerblichen Zwecken, ist dafür eine Vergütung gem. den gleichlautenden Gesamtverträgen zwischen der Verwertungsgesellschaft Wort, Abt. Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München und dem Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., dem Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e. V., dem Bundesverband deutscher Banken e. V., dem Deutschen Sparkassen- und Giroverband und dem Verband der Privaten Bausparkassen e. V., in die VG Wissenschaft zu entrichten. Die Vervielfältigungen sind mit einem Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu versehen. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der VG Wissenschaft, so ist für jedes vervielfältigte Blatt eine Marke im Wert von € 0,20 zu verwenden.

Anzeigenannahme: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main.

Anzeigenpreis: Die 43 mm breite mm-Zeile € 0,44. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 8. Anfragen an Verlag erbeten.

Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main, Telefon (069) 55 52 17, Telefax (069) 5 96 43 44. eMail: aulbach@sauerlaender-verlag.com. Internet: www.sauerlaender-verlag.com. *Bankkonten:* Commerzbank, Frankfurt a. M. 5 408 075; Postbankkonto: Frankfurt a. M. Nr. 896-607.

This journal is covered by ELFIS, EURECO, CAB Forestry Abstracts, Chemical Abstracts, by Current Contents Series Agriculture, Biology and Environmental Sciences (CC/AB) and by the Science Citation Index® (SCI®) of Institute for Scientific Information.

Die Anschrift des Herausgebers:

Prof. Dr. K.-R. VOLZ, Institut für Forst- und Umweltpolitik der Universität Freiburg, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg

Die Anschrift des Redaktionsbüros:

SABINE DEHN, Institut für Forst- und Umweltpolitik, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg. Tel. 0049-761-203 3713, Fax: 0049-761-203 3705. E-Mail: sabine.dehn@ifp.uni-freiburg.de

Die Anschriften der korrespondierenden Autoren von Heft 1/2 des 180. Jahrgangs:

CHRISTOPH HARTEBRODT, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Forstökonomie, Wonnhaldestraße 4, D-79100 Freiburg. E-Mail: christoph.hartebrodt@forst.bwl.de

UWE KLINCK, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. D – Umweltkontrolle, SG 3 – Stoffhaushaltsmodellierung & Datenmanagement, Grätzelstraße 2, D-37079 Göttingen, E-Mail: uwe.klinck@nw-fva.de

RENATO LEMM, Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungsprogramm Management und zukunftsfähige Waldnutzung, Zürcherstrasse 111, CH-8092 Zürich, Schweiz. E-Mail: renato.lemm@wsl.ch

RUPERT SEIDL, Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien, Österreich. E-Mail: rupert.seidl@boku.ac

Übersetzung der Résumés,

soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden: Prof. RENÉ KELLER, 13 Allée des Mirabelles, F-54520 Laxou

Titelbogen und Inhaltsverzeichnis zum 179. Jahrgang der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung werden der nächsten Ausgabe der Zeitschrift beiliegen.



Aufsätze der **Allgem. Forst- und Jagdzeitung** seit 1949 in einem **exklusiven Recherche-Modul** auf dieser CD von **EURECO**: **26.279 Publikationen, 930.000 Keywords, zweisprachige Recherche Deutsch-Englisch, virtuelle Bibliothek, Ausdrücke und Datenport in Profiversion; ab € 49,-** aid, Konstantinstraße 124, Stichwort 'ÖKOWALD', D-53179 Bonn
<http://www.fh-rottenburg.de/greenlink/oekowald/index.html>