

PROGNAUS – ein Waldwachstumsmodell zur Fortschreibung von Inventurdaten

Thomas Ledermann

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Institut für Waldwachstum und Waldbau

A-1131 Wien, Seckendorff-Gudent-Weg 8

Tel.: ++43-1-87838-1324

Fax: ++43-1-87838-1250

E-mail: thomas.ledermann@bfw.gv.at

1 Einleitung

Innerhalb der letzten 20 Jahre kam es in verschiedenen Ländern Mittel- und Nordeuropas zur Entwicklung von Einzelbaumwaldwachstumsmodellen, die als alternative Prognoseinstrumente zu den herkömmlichen Ertragstafeln gedacht waren. Dabei folgte man einem Trend aus Nordamerika, wo die ersten derartigen Modelle bereits in den frühen 70er Jahren entstanden sind (STAGE, 1973; EK und MONSERUD, 1974). Der Vorteil von solchen Modellen besteht darin, dass sie die Bestandesentwicklung tatsächlich über das Wachstum der einzelnen Bäume und nicht wie in den Ertragstafeln über die Entwicklung von Hektar- und Mittelwerten (Stammzahl, Grundfläche oder Volumen je Hektar bzw. Mitteldurchmesser, Mittelhöhe oder Oberhöhe) abbilden. Deshalb sind diese Modelle in der Lage, die Auswirkungen einer Vielzahl von waldbaulichen Behandlungsvarianten, Baumartenzusammensetzungen und Alterskombinationen zu beschreiben, wodurch sie detailliertere Informationen über die Entwicklung der Bestandesstruktur (BHD-Verteilung, Schichtung, Baumartenzusammensetzung) liefern. Letzteres ist angesichts eines allgemeinen Trends zu einer stärker einzelbaumorientierten Waldwirtschaft von zunehmender Bedeutung.

Das Kernstück eines jeden Einzelbaumwaldwachstumsmodells besteht aus einem Set artspezifischer, mathematisch-statistischer Funktionen, die Teilmodelle des Waldwachstumsmodells darstellen. Mit Hilfe dieser Teilmodelle lassen sich Durchmesser- und Höhenzuwachs, sowie die Wahrscheinlichkeit für das Absterben eines Baumes abschätzen. Darüber hinaus enthalten die meisten Waldwachstumsmodelle ein Teilmodell, welches das Aufkommen junger Bäume (Verjüngung) beschreibt. Die Koeffizienten der Modellgleichungen werden üblicherweise mittels multivariater statistischer Methoden aus einem möglichst repräsentativen Datenmaterial hergeleitet.

In Österreich wurde am *Institut für Waldwachstumforschung* der Universität für Bodenkultur Wien das Einzelbaumwaldwachstumsmodell PROGNAUS entwickelt. Für die Parametrisierung dieses Modells stellte das *Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)* die Daten der permanenten Österreichischen Waldinventur (ÖWI) mit ihren rund 10.500 in den Jahren 1981-1990 wiederholt beobachteten Probestflächen zur Verfügung. Nach der Entwicklung wurde PROGNAUS mehrfach an unabhängigem Datenmaterial validiert (STERBA und MONSERUD, 1996; STERBA und MONSERUD, 1997; STERBA, 1999; STERBA et al., 2001). Die Implementierung des Modells als lauffähige WINDOWS-Applikation liegt in der derzeit aktuellen Version des Waldwachstumssimulators PROGNAUS for WINDOWS 2.3 vor.

2 Das Funktionsschema von PROGNAUS

Eine systematische Gliederung von Waldwachstumsmodellen bzw. ihrer Teilmodelle kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen (MUNRO, 1974; HASENAUER et al. 2000). Zwei Gesichtspunkte spielen aber zumeist eine wesentliche Rolle:

- (i) folgt der Modellansatz einem Potentialkonzept bei dem ein potentieller Zuwachs durch Konkurrenzfaktoren auf den aktuellen Zuwachs reduziert wird,
- (ii) wird bei der Beschreibung der Konkurrenz-situation eines Baumes dessen räumliche Position in Bezug auf seine unmittelbaren Nachbarn berücksichtigt.

Demzufolge lassen sich Einzelbaumwaldwachstumsmodelle in Potentialmodelle sowie in Modelle einteilen, die direkte Zuwachsschätzungen liefern. Hinsichtlich der Konkurrenzbeschreibung kann zwischen abstandsabhängigen und abstandsunabhängigen Modellen unterschieden werden.

PROGNAUS ist ein in all seinen Teilmodellen abstandsunabhängiges Einzelbaumwaldwachstumsmodell, das heißt, es benötigt keine räumlichen Positionen der Einzelbäume. Darüber hinaus beruht es nicht auf dem Potentialkonzept, sondern es liefert baumartenspezifische, direkte Schätzungen des Durchmesserzuwachses (MONSERUD und STERBA, 1996; HASENAUER, 2000), des Höhenzuwachses (SCHIELER, 1997; GSCHWANTNER 2004) und der Mortalität (MONSERUD und STERBA, 1999) in Abhängigkeit von baumindividuellen Größen- und Konkurrenzvariablen, einem Bestandesdichtemaß und einem Set aus standortsbeschreibenden Faktoren, wie sie bei der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) auf jeder Probestfläche erhoben werden. Alle Teilmodelle sind gültig für Bäume ab einem Grenzdurchmesser von 5 cm. Mit Hilfe eines Einwuchsmodells werden Anzahl, Baumart und Dimensionen jener Bäume abgeschätzt, die innerhalb von 5 Jahren den Grenzdurchmesser überschreiten (LEDERMANN, 2002). Darüber hinaus enthält der Simulator neben dem Waldwachstumsmodell auch noch diverse Hilfsmodelle, mit deren Hilfe eine Prognose von Stammschäden sowie der Stärke- und Güteklassenverteilung möglich ist (STERBA et al. 2003; VOSPERNIK, 2004).

Um für eine bestimmte Waldfläche einen Simulationslauf durchführen zu können, müssen dem Simulator Durchmesser, Höhe und Baumart aller Bäume übergeben werden. Weiters benötigt der Simulator die Flächengröße sowie die flächenspezifischen Standortparameter Seehöhe, Neigung, Exposition, Relief, Gründigkeit,

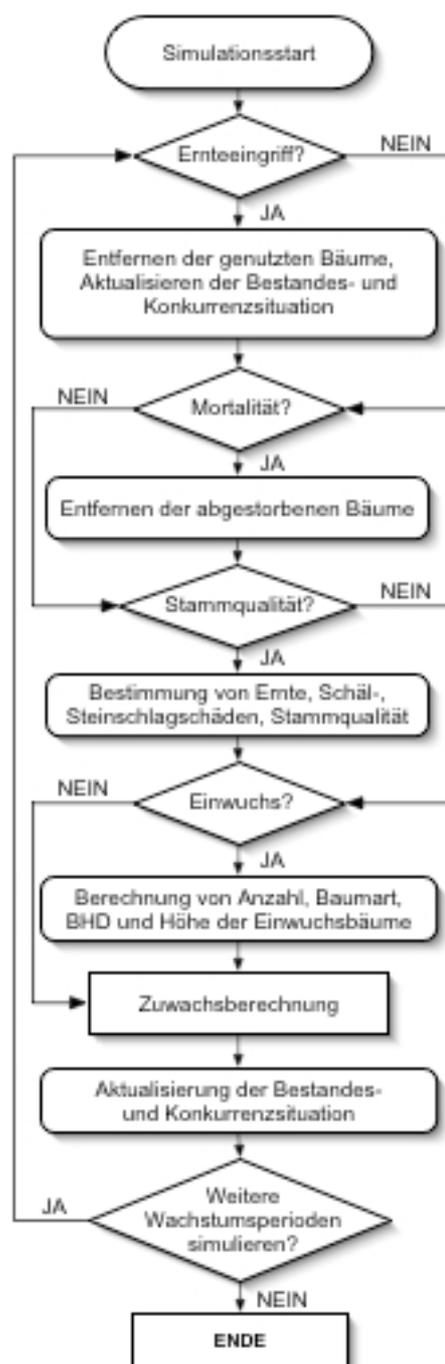


Abb. 1: Ablaufschema eines Prognoselaufes mit dem Waldwachstumssimulator PROGNAUS for Windows 2.3

Humusmächtigkeit, Bodentyp, Bodenfeuchte, Vegetationstyp und Wuchsraum, wie sie gemäß der Instruktion für die Feldarbeit der ÖWI (SCHIELER und HAUKE, 2001) erhoben wurden. Der Ablauf eines typischen Prognoselaufes ist in Abbildung 1 dargestellt. Dabei wird für jede Wachstumsperiode abgefragt, ob ein Ernteeingriff durchgeführt, die natürliche Mortalität berechnet, die Stammqualität bestimmt und der Einwuchs über die Kluppschwelle von 5 cm abgeschätzt werden soll. Durch die Wahl der optionalen Einstellungen lassen sich daher bestimmte Teilmodelle bzw. Routinen zu- oder wegschalten, sodass je nach Fragestellung mehr oder weniger umfangreiche Prognoseläufe möglich sind. Die Ernteeingriffe können entweder interaktiv (Abb. 2) oder automatisiert mit Hilfe verschiedener Algorithmen (vgl. SÖDERBERGH und LEDERMANN, 2003) durchgeführt, die Ergebnisse sowohl grafisch (Abb. 3) als auch in Form einer Leistungstabelle dargestellt werden.

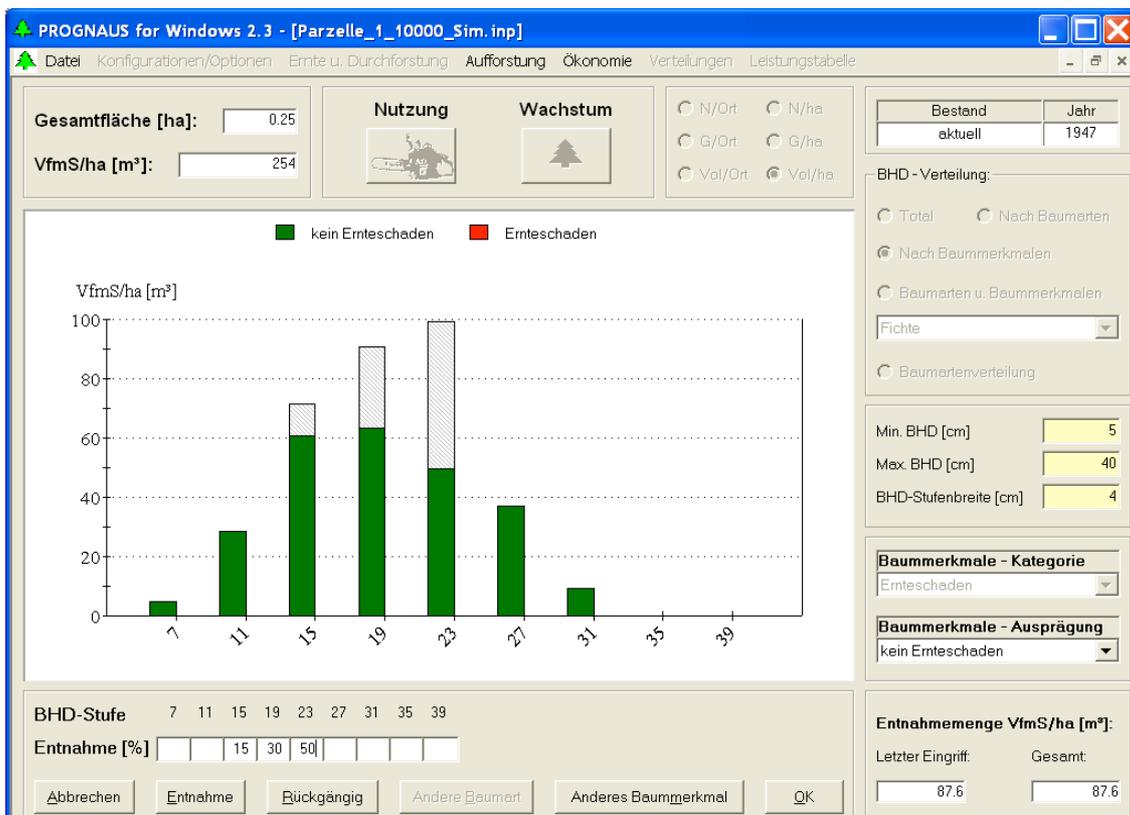


Abb. 2: Durchführung eines Ernteeingriffs im Waldwachstumssimulator PROGNAUS for Windows 2.3.

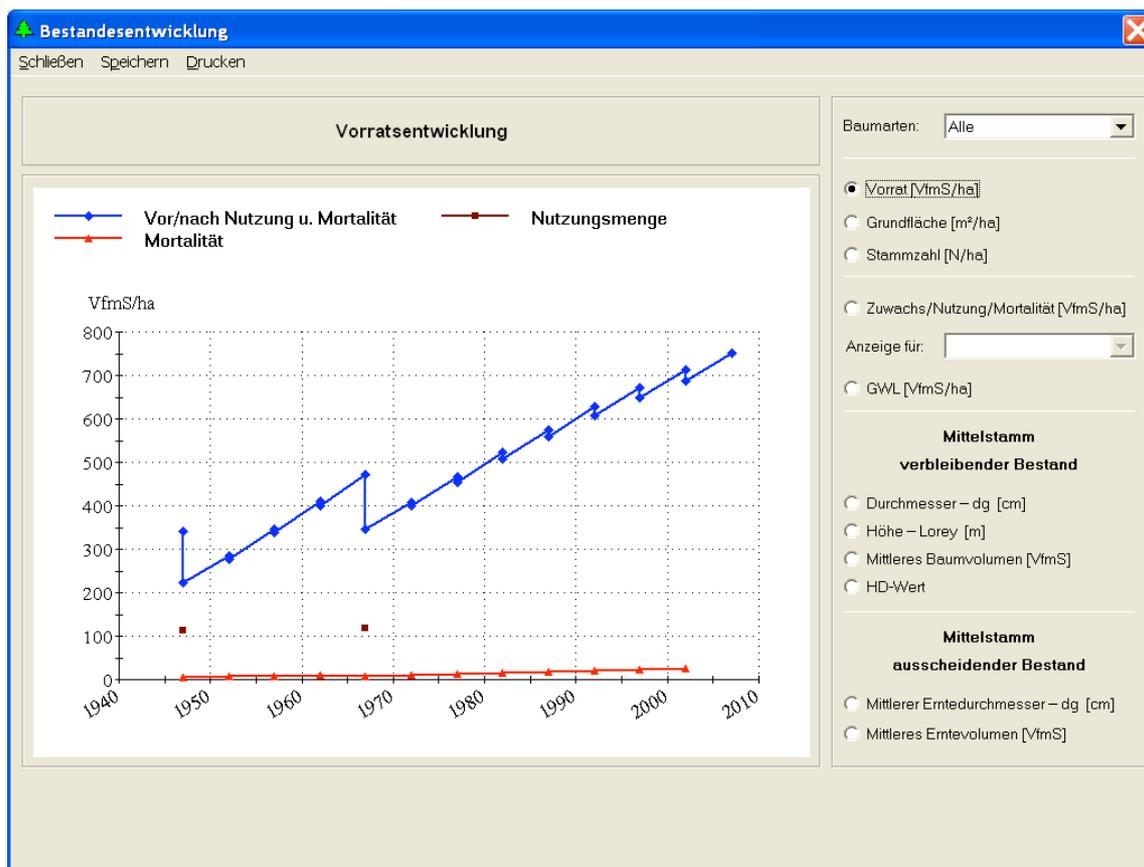


Abb. 3: Darstellung der Bestandesentwicklung im Waldwachstumssimulator PROGNAUS for Windows 2.3.

3 Bisheriger und potentieller Einsatz von PROGNAUS

Der bisherige Einsatzbereich des Simulators war mit wenigen Ausnahmen auf die Lehre und Forschung an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) beschränkt, wo man zum Beispiel der Frage nachging, ob PROGNAUS in Kombination mit permanenten Stichprobeninventuren zur Nachhaltigkeitskontrolle auf Revier- oder Betriebsebene eingesetzt werden kann (STERBA und LEDERMANN, 2000; LEDERMANN und STERBA, 2000; STERBA, 2002, 2004). Weiters wurden unterschiedliche Pflegestrategien in von Rotwild geschälten Beständen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Güteklassenverteilung untersucht. Am Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) soll in Zukunft die Anwendung des Simulators in das Ausbildungs- und Versuchswesen einfließen.

Aufgrund der Repräsentativität des Datenmaterials, das zur Entwicklung der Teilmodelle verwendet wurde, kann PROGNAUS im Prinzip im gesamten österreichischen Ertragswald angewendet werden. Wenn es möglich ist – wenn z.B. Daten einer permanenten Inventur zur Verfügung stehen –, sollte der Simulator jedoch einer Überprüfung und gegebenenfalls einer lokalen Kalibrierung unterzogen werden. Bedingt durch die Erhebungsmethode der Parametrisierungsdaten, seine Abstandsunabhängigkeit und seine Fähigkeit, Routine-Inventurdaten zu verarbeiten, ist PROGNAUS besonders prädestiniert für die individuelle Fortschreibung von relativ kleinen Probeflächen bei Stichprobeninventuren (LEDERMANN und ECKMÜLLNER, 2004a, b). Dadurch können Szenariosimulationen nicht nur auf Bestandesebene sondern auch auf betrieblicher oder regionaler Ebene durchgeführt werden, worin die eigentliche Stärke von PROGNAUS zu sehen ist. Beispiele eines erfolgreichen

Einsatzes auf Basis von Stichprobeninventuren sind die Holzaufkommensprognose für Österreich (STERBA et al. 2000) und die Prognose der Vorrats- und Zuwachsentwicklung im Wirtschaftswald der Österreichischen Bundesforste AG. Darüber hinaus wurde er bereits mehrfach zur Hiebsatzermittlung in einem Forstbetrieb eingesetzt, der sich in der Übergangsphase von der Altersklassenbewirtschaftung zum Plenterbetrieb befindet.

Da in PROGNAUS das standörtliche Leistungsvermögen ausschließlich über verschiedene kontinuierliche und diskrete Standortvariable und nicht über den darauf stockenden Baumbestand beschrieben wird, ist dieses Waldwachstumsmodell dazu geeignet, für einen gegebenen Standort das Leistungsvermögen von Baumarten abzuschätzen, die auf diesem Standort bisher nicht vorhanden waren, als Alternative aber in Betracht kämen.

4 Zusammenfassung

Das distanzunabhängige Einzelbaumwaldwachstumsmodell PROGNAUS stellt ein modernes Werkzeug zur Abschätzung der Entwicklungsdynamik sowohl in Rein- als auch in Mischbeständen, in gleich- wie in ungleichaltrigen Wäldern dar. Besonders geeignet ist es für die individuelle Forstschreibung der Probeflächen von Stichprobeinventuren, wodurch sich Holzaufkommensprognosen und Szenariosimulationen auf betrieblicher, regionaler und nationaler Ebene leicht durchführen lassen.

5 Literatur

- EK, A.R. and MONSERUD, R.A. (1974): FOREST: A computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species stands. Res.Rep. R2635, Univ. Wisconsin, College of Agriculture and Life Sciences, 90 p.
- GSCHWANTNER, T. (2004): Zuwachsänderungen nach den Daten der Österreichischen Waldinventur und ihre klimatischen Ursachen. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 123 p.
- HASENAUER, H. (2000): Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 131 p.
- HASENAUER, H., BURGMANN, M. und LEXER, M.J. (2000): Konzepte der Waldökosystemmodellierung. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 117: 137-164.
- LEDERMANN, T. (2002): Ein Einwuchsmodell aus den Daten der Österreichischen Waldinventur 1981-1996. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 119: 40-77.
- LEDERMANN, T. und STERBA, H. (2000): Nachhaltigkeitskontrolle durch Waldwachstumsmodelle und permanente Stichprobeinventuren. Forschungsbericht im Auftrag der Österreichischen Nationalbank (ÖNB), Projekt Nr. 7713, Wien, 35 p.
- LEDERMANN, T. und ECKMÜLLNER, O. (2004a): Fortschreibung von Inventurdaten mit einem distanzunabhängigen Einzelbaumwachstumsmodell. In: J. NAGEL (Ed.), Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2004, Stift Schlägl, pp. 28-37.
- LEDERMANN, T. and ECKMÜLLNER, O. (2004b): A method to attain uniform resolution of the competition variable Basal-Area-in-Larger Trees (BAL) during forest growth projections of small plots. Ecological Modelling, 171: 195-206.
- MONSERUD, R.A. and STERBA, H. (1996): A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management, 80: 57-80.

- MONSERUD, R.A. and STERBA, H. (1999): Modelling individual tree mortality for Austrian forest species. *Forest Ecology and Management*, 113: 109-123.
- MUNRO, D.D. (1974): Forest Growth Models - A Prognosis. In: J. Fries (Ed.), *Growth models for tree and stand simulation*, Royal College of Forestry, Department of Forest Yield Research, Res. Note No. 30, Stockholm, Sweden, pp. 7-21.
- SCHIELER, K. (1997): Methode der Zuwachsberechnung der Österreichischen Waldinventur. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 92 p.
- SCHIELER, K. und HAUKE, E. (2001): Instruktion für die Feldarbeit - Österreichische Waldinventur 2000/2002. Dienstanweisung, FBVA, Wien, 199 p.
- STAGE, A.R. (1973): Prognosis Model for Stand Development. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT-137, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 32 p.
- STERBA, H. (1999): PROGNAUS - ein Validierungsbeispiel. In: G. KENK (Ed.), *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 1999*, Volpriehausen, pp. 24-32.
- STERBA, H. (2002): Forest inventories and growth models to examine management strategies for forests in transition. *Forestry*, 75: 411-418.
- STERBA, H. (2004): Equilibrium Curves and Growth Models to Deal with Forests in Transition to Uneven-Aged Structure - Application in Two Sample Stands. *Silva Fennica*, 38: 413-423.
- STERBA, H. and MONSERUD, R.A. (1996): Validation of the Single Tree Stand Growth Simulator PROGNAUS with Permanent Plot Data. In: M. KÖHL and G.Z. GERTNER (Eds.): *Caring for the Forest: Research in a Changing World. Statistics, Mathematics and Computers. Proceedings of the Meeting of IUFRO S.4.11-00 held at IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere Finland*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest Snow and Landscape Research (WSL/FNP): 36-49.
- STERBA, H. and MONSERUD, R.A. (1997): Applicability of the forest stand growth simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. *Ecological Modelling*, 98: 23-34.
- STERBA, H. and LEDERMANN, T. (2000): Growth Models to control Sustainability of Forests in Transition. In: K. BASKARAN, E. SOEPADMO, N.L. ARSHAD, H.H.A. WONG, S. APPANAH, Suhani Wan CHIK, N. MANOKRANA, H.L. TONG and K.K. CHOON (Eds.), *Forests and Society: The Role of Research*, Vol. 1, XXI IUFRO World Congress 2000, pp. 267.
- STERBA, H., KOROL, N. und RÖSSLER, G. (2001): Ein Ansatz zur Evaluierung eines Einzelbaumwachstumssimulators für Fichtenreinbestände. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 120: 406-421.
- STERBA, H., VOSPERNIK, S. and LEDERMANN, T. (2003): Stem quality predictions and assortments from real harvests. In: Vacik H., Lexer M.J., Rauscher M.H., Reynolds K.M. and Brooks R.T. (Eds.), *Decision support for multiple purpose forestry. A transdisciplinary conference on the development and application of decision support tools for forest management*, April 23-25, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, CD-Rom Proceedings, pp. 10.
- STERBA, H., GOLSER, M., MOSER, M. and SCHADAUER, K. (2000): A timber harvesting model for Austria. *Computers and Electronics in Agriculture*, 28: 133-149.
- SÖDERBERGH, I. and LEDERMANN, T. (2003): Algorithms for simulating thinning and harvesting in five European individual-tree growth simulators: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39: 115-140.
- VOSPERNIK, S. (2004): Modelle für Holzgüteklassen und Stammschäden. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 151 p.