

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

Sonderdruck

ISSN 0002-5852

INHALTSVERZEICHNIS

AUFSÄTZE

G. Kenk und M. Thren	Ergebnisse verschiedener Douglasienprovenienzversuche in Baden-Württemberg. Teil I: Der Internationale Douglasien- Provenienzversuch 1958	165
	(Results of different Douglas-fir provenance tests in Baden- Württemberg. Part I: The International Douglas-fir provenance test 1958)	
G. Reichelt	Waldschadensmuster im Umkreis uranerhaltiger Gruben und ihre Interpretation	184
	(Patterns of airborne damages in spruce-forests near explored Uranium mines in Southern Germany)	
S. Schönhar	Infektionsversuche an Fichten- und Kiefernkeimlingen mit aus faulen Feinwurzeln von Nadelbäumen häufig isolierten Pilzen	191
	(Infection tests with seedlings of <i>Picea abies</i> Karst. and <i>Pinus sylvestris</i> L. by using fungi frequently obtained from decayed fine roots of conifers)	
Th. Smaltschinski	Individuelle Baumschaftform und Cubische Spline Interpolation	193
	(Individual taper curve of trees and cubic spline interpolation)	
G. H. Kohlmaier	Berichtigung zur Arbeit: „Über die mögliche lokale Wechselwir- kung anthropogener Schadstoffe mit den Terpen-Emissionen von Waldökosystemen“ von G. H. Kohlmaier, H. Bröhl und E. O. Siré in der Allg. Forst- u. Jagd-Ztg., 154. Jg., 9/10, 170- 174 (1983)	197
	BUCHBESPRECHUNGEN UND NOTIZEN	198

155. JAHRGANG 1984 HEFT 7/8 JULI/AUGUST

J.D.SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

Neuerscheinung:

Untersuchungen über die Anwendung von Luftbildern bei der Waldkatastervermessung in Entwicklungsländern

Von A. AKÇA

Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 78

114 Seiten mit 16 Abbildungen, 3 Tabellen und 2 Karten

Kartoniert DM 18,60

Die Luftbilder können besonders in Entwicklungsländern zur Lösung verschiedener forstlicher Aufgaben effektiver eingesetzt werden als dies bisher der Fall ist.

Die Arbeit vermittelt zunächst in Grundzügen die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten von Luftbildern in der Forstwirtschaft, nämlich in der Forsteinrichtung, in großräumigen Waldinventuren, in der Standortkartierung, der Erfassung von Waldschäden und im Forstingenieurwesen. Wegen der besonderen Bedeutung des Waldkatasters in Entwicklungsländern werden nach der Definition und Gliederung des Katasters die photogrammetrische Katastervermessung im allgemeinen und speziell im forstlichen im Hinblick auf Genauigkeit, Wirtschaftlichkeit und Verfahrenstechnik ausführlich behandelt und die Bedeutung von Orthophotos für diesen Zweck erläutert. In einem ebenfalls ausführlichen Kapitel werden dann die vorgeschlagenen und relativ vereinfachten photogrammetrischen Verfahren zur forstlichen Katastervermessung experimentell verglichen.

Aus dem Inhalt:

1. Einleitung

2. Verwendungsmöglichkeiten des Luftbildes in der forstlichen Forschung und Praxis
Luftbild in der Forsteinrichtung; Bedeutung des Luftbildes für großräumige Waldinventuren; Luftbild in der Standortkartierung; Luftbild zur Erfassung von Waldschäden; Luftbild im Forstingenieurwesen
3. Luftbild in der Katastervermessung
Definition; Gliederung von Kataster nach Zweck und Genauigkeit; Bisherige Waldkataster- (Waldabgrenzungs-) Arbeiten in der Türkei; Photogrammetrische Katastervermessung
4. Photogrammetrischer Waldkataster
Photogrammetrisch-graphische Waldkatastervermessung; Waldkatastervermessung mit Hilfe vom Orthophoto
5. Ein experimenteller Vergleich der vorgeschlagenen photogrammetrischen Waldkatastervermessung mit der terrestrischen Vermessung
Untersuchungsgebiet und -material; Vorarbeiten im Büro und terrestrische Vermessungsarbeiten; Luftbildauswertung; Absteckung von Waldgrenzen
6. Schluß—Zusammenfassung—Literatur

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

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

herausgegeben von

Dr. G. Mitscherlich
em. o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Freiburg i. Br.

Dr. R. Schober
em. o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Göttingen

ISSN 0002-5852

Erscheinungsweise: Jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

Bezugspreis: Jährlich DM 168,—, zahlbar in zwei Raten à DM 84,—, zuzüglich Zustellgebühr; Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 134,40, zahlbar in zwei Raten à DM 67,20 (empf. Richtpreis). 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 die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt.

Manuskripte mit Tabellen oder Abbildungen werden nur angenommen, wenn die Tabellen-Überschriften und die Abbildungs-Überschriften neben deutscher auch in englischer Sprache abgefaßt sind.

Der Autor hat in der Regel auch die Zusammenfassung in englischer Sprache mitzuliefern. Die Übersetzung ins Französische kann dagegen durch den Verlag erfolgen.

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 Fernsendung 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 Wissenschaft GmbH, 6000 Frankfurt/Main, Großer Hirschgraben 17–21, und dem Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., dem Gesamtverband der Ver-

sicherungswirtschaft 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 DM 0,40 zu verwenden.

Anzeigenannahme: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, 6000 Frankfurt am Main.

Anzeigenpreis: Die 43 mm breite mm-Zeile DM 0,65. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 8. Anfragen an Verlag erbeten.

Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstr. 21, 6000 Frankfurt am Main, Fernruf (0611) 555217. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M. 5408075; Stadtparkasse Frankfurt a. M. (Girokonto 96958); Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 896-607.

This journal is covered by Biosciences Information Service of Biological Abstracts, by 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 Anschriften der Mitarbeiter von Heft 7/8 des 155. Jahrgangs sind:

Prof. Dr. A. FETETICS, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, Büsgenweg 5, 3400 Göttingen

Forstdirektor Dr. G. KENK, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, Reichsgrafenstraße 12, 7800 Freiburg

Prof. Dr. G. H. KOHLMAIER, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Frankfurt/Main, Robert-Mayer-Straße 11, 6000 Frankfurt/Main 1

Prof. Dr. H. LÖFFLER, Lehrstuhl für forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnik der Universität München, Hohenlindener Straße 5, 8000 München 80

Prof. Dr. G. REICHELT, Umlandstraße 35, 7710 Donaueschingen

Dr. S. SCHÖNHAR, Baden-Württ. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Abt. Phytopathologie, Föhrenbühl 25, 7801 Stegen-Wittental

Dr. TH. SMALTSCHINSKI, Institut für Waldwachstumskunde der Universität München, Amalienstraße 52, 8000 München

M. THREN, Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg, Bertoldstraße 17, 7800 Freiburg

Die Buchbesprechungen erfolgten von:

Akad. Oberrat Dr. E. GLÄSS, Forstbotanisches Institut der Universität Freiburg, Bertoldstraße 17, 7800 Freiburg i.Br.

Dr. D. SCHÖLZKE, Institut für Waldbau der Universität Freiburg, Bertoldstraße 17, 7800 Freiburg i.Br.

Übersetzung

der Résumés, soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:

J. MAHEUT, 25 Av. du Gal Leclerc, F-54600 Villers-les-Nancy.

Mercedes Hymer Wohnmobil 660

Vorfürswagen

EZ 08/83, 2.300 km, DM 68.000,— + Mwst.

Daimler-Benz AG, NDL Wuppertal

Verkaufshaus Varresbecker Straße/Deutscher Ring

Telefon (0202) 7191/5 30-5 31

Schwedische Holzfäller

4 Mann, suchen Arbeit
wo wir Arbeitserlaubnis
bekommen können.

E. Mortensson, Sanatoriev. 48 a,
S-833 00 Strömsund, Schweden

Individuelle Baumschaftform und Cubische Spline Interpolation

(Mit 2 Abbildungen, 4 Tabellen und 2 Übersichten)

Von TH. SMALTSCHINSKI

(Angenommen August 1983)

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung

II. Rechnerische Grundlagen

2.1 Newton Interpolationspolynome

2.2 Stückweise cubische Spline Interpolation

III. Baumschaftkurven

3.1 Randbedingung für den Stammfuß

3.2 Versuche

Zusammenfassung

Summary

Résumé

Literaturverzeichnis

I. EINLEITUNG

Eine genaue Erfassung und Beschreibung des Baumschaftes durch eine stetige Funktion ist kein neues forstliches Problem. Mehrere Fragestellungen sprechen für eine derartige Suche:

- exakte Volumenbestimmung einschließlich Sortierung
- Auswirkungen waldbaulicher Behandlungstechnik auf die Schaftform
- Verfeinerung von Stammanalysen.

Als besonders geeignete und flexible Funktionen bieten sich dafür seit einigen Jahren SPLINE-Funktionen an. Erste Untersuchungen finden sich bei SCHOENBERG (1964), AHLBERG et al. (1967) und DEBOOR (1978). Auch auf forstlichem Gebiet untersuchten mehrere Autoren (HRADETZKY 1981, LAHTINEN et al. 1979, LIU 1980, SABOROWSKI et al. 1981, SLOBODA 1976) diese Form zur Darstellung des Baumschaftes. Zu diesem Zweck wurden speziell cubische Splines benutzt. Liegt eine Reihe von Messungen (Höhe, Durchmesser) eines Baumes vor, so läßt sich zwischen den Meßwerten je ein Polynom 3-ten Grades der Ordnung 4 einhängen.

Damit an den Einhängepunkten – idF Stützstellen genannt – grob gesprochen keine Knicks vorhanden sind, werden die Polynome derart zusammengefügt, daß sie nicht nur bezüglich der ersten, sondern auch der zweiten Ableitung stetig in den Stützstellen sind. Durch diesen Trick entsteht eine optisch glatte Kurve, die den Baumschaft ausgesprochen günstig nachzeichnet.

Die Funktion verhält sich zwischen den Stützstellen ungefähr wie ein relativ steifes Stahlband, das in den Stützstellen an Stäben mit frei beweglichen Ösen fixiert zu denken ist. Legt man ein solches Band an einen Baum und notiert die Abszissen- und Ordinatenwerte der Stützstellen, so schwingt das Band an anderer Stelle erneut aufgebaut in die ursprüngliche Form zurück. An Stellen starker Krümmung muß entsprechend der Elastizität des Bandes die Zahl der Stützstellen enger, bei eher linearem Verlauf kann ein weiterer Abstand gewählt werden. Werden bei starker Krümmungsänderung zu wenig Stützstellen benutzt, so besteht die Gefahr, daß eine unrealistische Form zustande kommt oder bei zu enger Stützstellenanzahl und starker Neigungsänderung kann es zu Nachschwingungen im Folgeintervall kommen.

Ein solches Stahlband ist im übrigen nichts Neues, sondern wurde schon als altes Werkzeug im Schiffsbau unter dem Namen Straklatte verwendet (BOEHMER, 1974, S. 14). Sie dient dazu, den Verlauf der Stringer zu bestimmen und zeichnerisch zu erfassen. Stringer sind die in Längsrichtung des Schiffes, quer zu den Spanten, befestigten

Planken, die die Außenwand des Schiffes bilden. An Bug und Heck schwingt das Band frei aus, was der später noch zu definierenden „freien-Enden“ Bedingung entspricht. In der forstlichen Praxis existiert ein dem gleichen Zweck dienendes Patent, welches von BRATERLICH (1965) entwickelt wurde und den Namen Biegelinien-, Ausgleichs- und Interpolationsgerät führt.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Schaftkurve mit geringer Stützstellenanzahl zur Verfügung zu stellen, die die eingangs dargelegten Forderungen befriedigt. Die Genauigkeit der Volumenschätzung und der Interpolationsfehler sollten gleiche oder ähnliche Ansprüche, die man an eine metersektionsweise Aufnahme stellt, erfüllen.

Das Problem besteht darin, für eine Baumart zu bestimmen, was geeignete Meßstellen sind, die dann eine derartige Schaftkurve generieren. Dabei dürfen keine Nachschwingungen auftreten und keine Baumform von vorneherein angenommen werden, die die individuelle Ausprägung des einzelnen Baumes durch schablonenhafte Betrachtung aus dem Auge verliert. Werden die Daten noch mit dem Telereoskop oder einem TODIS-Basisdistanzmesser als stehend-Messung aufgenommen, so ergibt sich für Inventuren mit mehrphasiger Aufnahme, die Forsteinrichtung und die Ertragskunde ein flexibles und präzises Meßinstrumentarium.

Durch Rückschreibung der Schaftkurve kann nach Bohrspanentnahme eine verbesserte Zuwachsermittlung erfolgen und periodische Messungen sind dazu geeignet, in gewissen Grenzen Stammanalysen zu ersetzen.

Für die Untersuchung wurden 13 Douglasien verwendet die in +/- 50 cm Sektionen mit einer Präzisionskluppe aufgenommen waren. Bei einer Altersspreite von 40 bis 80 Jahren variierte die Höhe von 24–46 Meter und der dbh lag zwischen 36 und 72 cm. ANDREAS WICKEL, Assistent am Institut für Waldwachstum der Forstl. Fakultät Freiburg, der die Daten freigebig für diese Untersuchung zur Verfügung stellte, sei an dieser Stelle gedankt. Des weiteren möchte ich mich bei Prof. Dr. NITSCHKE von der mathematischen Fakultät der Universität Freiburg bedanken, der entscheidende Hinweise und Ratschläge zu dieser Arbeit gegeben hat.

II. RECHNERISCHE GRUNDLAGEN

Bevor auf die einzelnen Versuche näher eingegangen wird, seien einige Bemerkungen über die verwendeten Ableitungen und Algorithmen vorangestellt, die auch in den entsprechenden Programmen verwendet wurden.

2.1 Newton Interpolationspolynom

Ausgangspunkt für die Ableitungen sind die Newton-Interpolationspolynome. Sind in einem Intervall $[a, b]$ eine Anzahl von Punkten $(t(i), g(i))$ $i = 1, 2, \dots, n$, gegeben mit $a = t_1 < t_2 < \dots < t_n = b$, so läßt sich ein Polynom n -ter Ordnung vom Grade $n-1$ finden, wobei für alle i mit $1 < i < n$ bezüglich dieses Polynoms P_n gilt:

$$P_n(t(i)) = g(i)$$

Die allgemeine Form des Polynoms P_n selbst lautet dann:

$$P_n(x) = \sum_{j=1}^n c[j] N[j](x). \quad (2.1.1)$$

Hierbei bedeutet $c[j]$:

$$c[j] = [t_1, \dots, t_j]g = ([t_2 \dots t_j]g - [t_1 \dots t_{j-1}]g) / (t_j - t_1) \quad (2.1.2)$$

Für $N[j](x)$ ist folgender Ausdruck zu setzen:

$$N[1](x) = 1; N[j](x) = (x-t_1)(x-t_2) \dots (x-t_j) \quad (2.1.3)$$

Die Berechnung der Koeffizienten des Interpolationspolynoms wird durch das dividierte Differenzenschema (Übers. 1) erleichtert. Die in der obersten absteigenden Reihe liegenden Ausdrücke sind dann die Koeffizienten $c[j]$ des Polynoms.

Übersicht 1

i	t _i	g _i	[t _i , t _{i+1}]g	[t _i , t _{i+1} , t _{i+2}]g	
1	t ₁	g ₁			
2	t ₂	g ₂	(g ₂ - g ₁)/dt ₁		
3	t ₃	g ₃	(g ₃ - g ₂)/dt ₂	(([t ₂ , t ₃]g - [t ₁ , t ₂]g) / (t ₃ - t ₁))	usw.
4	t ₄	g ₄	(g ₄ - g ₃)/dt ₃	(([t ₃ , t ₄]g - [t ₂ , t ₃]g) / (t ₄ - t ₂))	
...	
...	
			dt(i) = t(i+1) - t(i)		

Ist eine Folge $(t[i])$ für $j < i < (j+k)$ gegeben mit $t(j) = t(j+1) = t(j+2) = \dots = t(j+k)$, dann gilt:

$$[t_j \dots t_{j+k}]g = g^{(k)}(t_j) / k! \quad (2.1.4)$$

Diese dividierte Differenz wird mit der k-ten Ableitung an der Stelle t_j identifiziert.

2.2 Stückweise cubische Spline Interpolation

a) Seien wieder Daten gegeben mit $a = t_1 < t_2 < \dots < t_n = b$ als Abszissenwerten und $g(t_i) = g_i$, $i = 1, 2, \dots, n$, als Ordinaten, so ist es möglich, in jedes Intervall $[t_i, t_{i+1}]$ ein Polynom $PC(i)$ der Ordnung 4, also vom Grade 3, zu legen, welches folgende Forderungen erfüllt:

$$PC_i(t_i) = g(t_i), \quad PC_i(t_{i+1}) = g(t_{i+1}) \\ PC_i'(t_i) = s(i), \quad PC_i'(t_{i+1}) = s(i+1); \quad i = 1, 2, \dots, (n-1)$$

$s(1), \dots, s(n)$ können als frei wählbare Parameter interpretiert werden. Sind diese so gewählt, daß die Polynome $PC(i)$ an den Stützstellen nicht nur bezüglich der ersten, sondern auch der zweiten Ableitung stetig sind, so erhält man einen cubischen Spline. Man muß nur die Steigungen $s(i)$ (slopes) an den Stützstellen geeignet bestimmen.

Um die Koeffizienten des i-ten Polynoms $PC(i)$ zu bestimmen, ist es unter Verwendung der Newton Form für die Sequenz $[t_i, t_i, t_{i+1}, t_{i+1}]$ möglich, das dividierte Differenzenschema anzuwenden. Bezeichne dabei wieder $dt(i) = t(i+1) - t(i)$, so ergibt sich:

t _i	g _i		
		s(i)	
t _i	g _i		(([t _i , t _{i+1}]g - s _i) / dt _i)
		[t _i , t _{i+1}]g	(s _i + s _{i+1} - 2[t _i , t _{i+1}]g) / dt _i ²
t _{i+1}	g _{i+1}		(s _{i+1} - [t _i , t _{i+1}]g) / dt _i
		s(i+1)	
t _{i+1}	g _{i+1}		

Will man die allgemeine Newton Form

$$PC_i(x) = g(t_i) + (x-t_i)[t_i, t_{i+1}]g + (x-t_i)^2 [t_i, t_i, t_{i+1}]g + (x-t_i)^3 (x-t_{i+1}) [t_i, t_i, t_{i+1}, t_{i+1}]g \quad (2.2.1)$$

auf folgende Parameterform

$$PC_i(x) = co(i,1) + co(i,2)(x-t_i) + co(i,3)(x-t_i)^2 + co(i,4)(x-t_i)^3 \quad (2.2.2)$$

umrechnen, so ergeben sich für die Koeffizienten des Polynoms $co(i, j)$, $j = 1, \dots, 4$, unter Mitverwendung obiger dividierter Differenzen folgende Beziehungen:

$$co(i,1) = PC_i(t_i) = g(t_i) \\ co(i,2) = PC_i'(t_i) = s(i) \\ co(i,3) = PC_i''(t_i) / 2 = ([t_i, t_{i+1}]g - s(i)) / dt_i - co(i,4) dt_i \\ co(i,4) = PC_i'''(t_i) / 6 = (s(i) + s(i+1) - 2[t_i, t_{i+1}]g) / dt_i^2 \quad (2.2.3)$$

Die Steigungen an den Stützstellen sollen so gewählt werden, daß die in den Stützstellen aneinandergefügte Polynome zweimal stetig differenzierbar sind für $i = 2, \dots, (n-1)$. Dies kommt in folgender Bedingung zum Ausdruck:

$$PC_{i-1}'''(t_i) = PC_i'''(t_i) \quad (2.2.4)$$

Aus der letzten Parameterdarstellung für die Koeffizienten $co(i, j)$ läßt sich dann die Bedingung (2.2.4) umschreiben:

$$2co(i-1,3) + 6co(i-1,4)dt(i-1) = 2co(i,3)$$

Nach einiger Umrechnung (DEBOOR, 1978, S. 54 ff) ergibt sich dann:

$$s(i-1)dt[i] + s(i)(2dt[i-1] + 2dt[i]) + s(i+1)(dt[i-1]) = b(i) \\ \text{für } i = 2, 3, \dots, (n-1) \quad (2.2.5)$$

Für $b(i)$ muß dann folgender Ausdruck gesetzt werden:

$$b(i) = 3(dt(i)[t_i - t_{i-1}]g + dt(i-1)[t_i, t_{i+1}]g) \quad (2.2.6)$$

Unter der Annahme, daß $s(1)$ und $s(n)$ irgendwie vorgegeben sind, entsteht bei der Bestimmung der Steigungen und damit auch der Koeffizienten $co(i, j)$ ein lineares Gleichungssystem mit $n-2$ Unbekannten, dessen Diagonale dreifach besetzt ist (Übers. 2).

Übersicht 2

	X	X					X
	X	X	X				X
		X	X	X			X
			X	X	X		X
				X	X	X	X
					X	X	X

Dieses ist, wie aus der Skizze ersichtlich, mit dem GAUSS'schen Lösungsalgorithmus ohne Schwierigkeiten berechenbar.

b) Es bleibt noch übrig, die Randbedingungen $s(1)$ und $s(n)$ zu bestimmen. Mehrere Möglichkeiten stehen dafür offen.

(1) Ist g' an den Stellen t_1 und t_n bekannt, so ist $s(1) = g'(t_1)$ und $s(n) = g'(t_n)$ zu wählen. Entsprechendes gilt bei bekannter zweiter Ableitung an den Randstellen, wobei

$$2s_1 + s_2 = 3[t_1, t_2]g - dt[1]g''(t_1) / 2 \quad (2.2.7)$$

und

$$s(n-1) + 2s(n) = 3[t_{n-1}, t_n]g + dt[n-1]g''(t_n) / 2 \quad (2.2.8)$$

gesetzt werden muß.

(2) Bestehen keine Informationen über die Steigungen an den Randpunkten, so ist es möglich, die „freie-Enden“ Bedingung zu setzen. Dabei wird die zweite Ableitung des Polynoms an den Randstellen Null gesetzt, was nichts anderes bedeutet, als daß hier Wendepunkte anzutreffen sind. Ein derart konstruierter Spline heißt auch „natürlicher cubischer“ Spline.

(3) Wenn es nicht günstig erscheint, irgendwelche Annahmen über unbekannte Ableitungen an den Endpunkten zu machen, so kann man sich der von DEBOOR (1978, S. 55) als „not-a-knot“ bezeichneten Randbedingung bedienen. Dabei sind s_1 und $s(n)$ so zu wählen, daß $PC_1 = PC_2$ und $PC_{(n-2)} = PC_{(n-1)}$ sind; d.h. die zweite und die vorletzte Stützstelle sind inaktiv in dem Sinn, daß sie kein eigenes Polynom erzeugen. Diese Bedingung ergibt dann Stetigkeit bis hin zur dritten Ableitung an den Stellen t_2 und $t_{(n-1)}$.

Die so bestimmte Funktion PC hat unter allen zweimal stetig differenzierbaren Funktionen, die mit g an den Stellen $t_1 \dots t_n$ über-

einstimmen, die Eigenschaft, daß das Integral $\int_a^b (PC''(t))^2 dt$ minimiert wird. Die Funktion PC ist somit mit einem Stahlband vergleichbar, welches durch die Stützstellen gelegt wird und dessen Spannenergie in der Elastizitätstheorie durch das Integral beschrieben wird:

$$\int_a^b \{f'(t)^2\} / \{(1+f(t)^2)^{3/2}\} dt$$

Für kleine oder schwach veränderliche f (DEBOOR, 1978, S. 66/67; HRADETZKY, 1980) zeigt sich, daß ein nat. cub. Spline die Biegungsenergie minimiert.

III. BAUMSCHAFTKURVEN

3.1 Randbedingung für den Stammfuß

Werden mit t_i die Höhen und mit g_i die zugehörigen Radien bezeichnet, so läßt sich über die bisherigen Ausführungen bei leichten Modifikationen eine Schaftkurve durch einen natürlichen cubischen Spline gewinnen.

Die Idee ist es, die „freie-Enden“ Bedingung mit der „not-a-knot“ Bedingung derart zu verbinden, daß eine geeignete Randvorgabe für den Stammfuß entsteht. Die erste Stützstelle (t_1, g_1) liegt oberhalb des Stammfußes und der Wendepunkt dieses Polynoms wird direkt in den Stammfuß verlegt (Abb. 1). Somit ergibt sich der Radius des Stammfußes durch das freie Ausschwingen des ersten Polynoms $PC(1)$.

In der bisherigen Formelsprache heißt dies:

$$\begin{aligned} PC(1)''(0) &= 0 \\ 0 &= 2co(1,3) - 6co(1,4)t_1 \\ ([t_1, t_2]g-s_1)/dt_1 - co(1,4)dt_1 &= 3co(1,4)t_1 \\ [t_1, t_2]g-s_1 &= ((s_1+s_2 - 2[t_1, t_2]g)/dt_1)(3t_1+dt_1) \end{aligned}$$

Nach weiterer Umformung ergibt sich:

$$s_1 = \{[t_1, t_2]g(6t_1+3dt_1) - (3t_1+dt_1)\} * \{s_2/(3t_1+3dt_1)\}$$

s_1 läßt sich dabei in Abhängigkeit von s_2 darstellen.

Für die Triebspitze eines Baumes gilt die „freie-Enden“-Bedingung. Setzt man $PC(n-1)''(t_n) = 0$ so erhält man aus Gleichung (2.2.4):

$$s(n) = -0.5s(n-1) + 1.5[tn-1, tn]g.$$

3.2 Versuche

Die Stützstellenanzahl wurde bei den Versuchen auf 6 Einhängpunkte beschränkt.

Natürlich ist es möglich, durch beliebige viele Meßstellen einen cubischen Spline zu legen, wobei der Informationsgewinn ab etwa 10 Meßstellen pro zusätzliche Messung als gering veranschlagt werden muß.

Letztlich wird der Informationsgrad „1“ bei progressiv wachsenden Kosten nicht einmal erreicht. Abgesehen davon liegt der Witz des mathematischen Konstrukts cubischer Splines gerade darin, ähnliche Genauigkeit wie bei 10-fachem Meßaufwand zu erreichen.

Bei weniger als 6 Meßstellen ließe sich wohl eine ausreichend genaue Massenschätzung verwirklichen, wohingegen die Genauigkeit der Schaftkurve an sich leiden würde. Eine Verringerung dieses Fehlers ist nur durch zusätzlichen Meßaufwand bei der Formulierung der Randbedingungen (SABOROWSKI et al., 1981) am Stammfuß und in der Gipfelregion erreichbar. Andererseits stellen 6 Meßstellen für die eingangs angeführten Zielsetzungen ein relatives Minimum dar.

Als Fixpunkte gehen in die Berechnung der dbh und die Höhe ein.

Weiterhin ist es sinnvoll, daß auch der Durchmesser in $1/10$ Höhe ($d_{0.1}$) miterhoben wird. Dies insbesondere deshalb, weil dadurch ein Brückenschlag zu der weit entwickelten Formzahltheorie (PRODAN, 1965) herzustellen ist. Bei den übrigen drei Meßstellen wurde angenommen, daß bei der Feldarbeit z.B. mit dem Telerelaskop Durchmesser über $4/5$ der Gesamthöhe nur schwer erhoben werden können.

Um die günstigste Stützstellenkombination herauszufinden, wurden alle Möglichkeiten berechnet, drei Stützstellen aus dem Intervall $[h_{0.1}, h_{0.8}]$ zu wählen.

Damit eine errechnete Stützstellenkombination auch als „gut“ bezeichnet wurde, mußte sie folgendes Prüfsieb passieren:

- (1) die Summe der Beträge der Abweichungen von den Meßstellen (n) muß kleiner als $0.5n$ sein
- (2) der Massenfehler gegenüber den durchschnittlich 50 Meßstellen, wenn man die einzelnen Kegelstümpfe berechnet, soll kleiner als 0.5 % sein
- (3) der Fehler bei der Interpolation des 8 cm Zopfes soll kleiner als 5 % oder ± 4 mm sein.

In einer ersten Versuchsreihe wurden die tatsächlichen Meßwerte in der eben genannten Art durchgerechnet. Bei der Analyse der Daten stellte sich heraus, daß es sinnlos ist die Fehlerschranken bezüglich der einzelnen Fehlerarten kleiner zu wählen, als hier angegeben. Bäume besitzen individuell betrachtet keine regelmäßige Stammform, wie nach irgendwelchem Ausgleich anzunehmen wäre.

Sie werden im Gegenteil nicht selten nach oben hin dicker, haben Beulen oder bleiben gleich dick. Eine individuelle Fehleranalyse muß solche Unregelmäßigkeiten mit einkalkulieren. Ein Fehler, der in der Nähe von 0 liegt, hat somit eher Zufallscharakter.

Als zweite Versuchsreihe wurden durch die Meßstellen nach der Methode der kleinsten Quadrate (MAYER, 1983), Polynome vom Grade 5 als Ausgleichspolynome gelegt. Bezüglich des dbh ergab sich

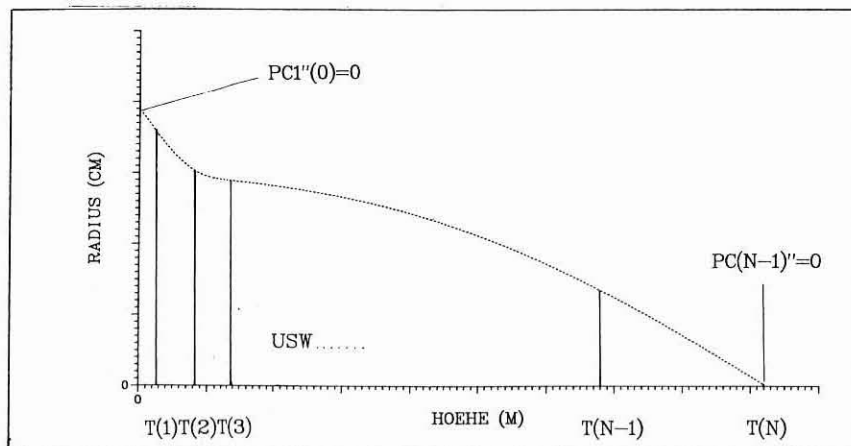


Abb. 1
Randbedingungen
und cub. Spline Interpolation
Boundary conditions
and cubic spline interpolation

eine Unterschätzung von ca. 1.5 cm. Aber es war so möglich, an einer „meßfehlerfreien“ und glatten Kurve die günstigste Meßstellenkombination auszusuchen. Dazu wurden 100 äquidistante Stützstellen errechnet.

In zwei parallel verlaufenden Reihen wurden nun alle Möglichkeiten, zwischen h0.1 und h0.8 drei Meßstellen auszuwählen, berechnet.

Für die Kluppmessungen ergab sich eine etwas breitere Streuung entsprechend der unregelmäßigeren Baumoberfläche. Die Mittel und Streurahmen für die einzelnen Meßstellen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1

Günstigste Stützstellenkombination im Intervall [h0.1, h0.8] für eine Spline „Interpolation“ der Meßwerte
Best combination of knots for a spline "interpolation" of datas in the intervall [h0.1, h0.8]

Meßstelle	Mittelwert Rel. Höhe	Streuung
5	.703	.109
4	.536	.145
3	.232	.097

Tab. 2

Günstigste Stützstellenkombination im Intervall [h0.1, h0.8] für eine Spline „Interpolation“ des Ausgleichspolynoms vom Grade 5
Best combination of knots for a spline "interpolation" of a polynomial (degree 5) in the intervall [h0.1, h0.8]

Meßstelle	Mittelwert Rel. Höhe	Streuung
5	.774	.008
4	.543	.060
3	.277	.043

Für die Polynome fünften Grades verringerte sich das Streuband etwas. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

In der Zusammensicht der beiden Tabellen wurde dann für praktische Versuche folgende „günstigste“ Stützstellenkombination ausgewählt (Tab. 3).

Die Verdichtung der Meßstellenanzahl am Stammfuß ergibt sich indirekt auch aus den von ALTHERR (1960) gemachten Ausführun-

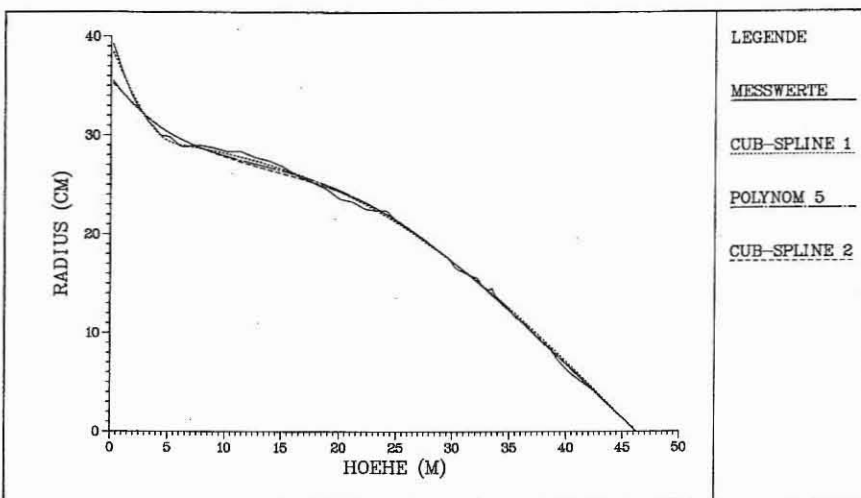


Abb. 2

Cubische Spline Interpolation mit 6 Stützstellen

Cubic spline interpolation with 6 knots

Tab. 3

„Günstigste“ Stützstellenkombination
"Best" combination of knots

Meßstelle:	1	2	3	4	5	6
Höhe:	1.3 (m)	h 0.1	h 0.2	h 0.5	h 0.75	h 1.0

gen zur Fehlerverringering bei der Volumenbestimmung in diesem Bereich. Nachteilig erscheint bei der gefundenen Stützstellenkombination nur die konventionelle Meßstelle 1.3 m. 13 m hohe Bäume müssen gesondert behandelt werden.

Für die Meßstellen in Tabelle 3 wurde dann das gesamte Material durchgerechnet, um den Fehler zu erhalten, der durch die fixe Wahl derselben entsteht.

In Abbildung 2 sind die Interpolationspolynome für die Meßwerte (Cub-Spline 1) als auch für das Ausgleichspolynom (Cub-Spline 2) eingezeichnet. Letzteres war fast identisch mit dem Ausgleichspolynom bei max. Abweichungen von 2 mm. Bei der Interpolation der Meßwerte sind die Abweichungen an den Meßstellen entsprechend der unregelmäßigen Schaftform zwar größer, dafür wird der Stammfuß um so realistischer erfaßt.

Die Verringerung des Massenfehlers in Tab. 4b ist durch den Wegfall des unkalkulierbaren Wurzelanlaufs bei den Kluppmessungen bedingt. Der Zopffehler ist mit knapp - 3 % etwas größer. Die rel. Höhe des 8 cm Zopfes lag bei dem Untersuchungsmaterial bei h0.86 oder absolut bei 28.40 m. Ein Fehler von - 3 % beim Durchmesser macht dann bei einer Abholzigkeit von 1 cm pro Meter einen Höheninterpolationsfehler von ca. 25 cm aus, was einem Volumenfehler von grob gerechnet 2-3 Liter entspricht.

Die leichte Tendenz zur Unterschätzung der Masse ist durch die Eigenschaft der Spline-Funktionen zu erklären, die Krümmung zwi-

Tab. 4

Fehler bei fixer Meßstellenwahl
Error by fixed choice of knots

a) bzgl. Meßwerten		
Massenfehler	- 1.02 %	(s = 2.42)
Fehler 8 cm Zopf	- 2.84 %	(s = 5.62)
b) bzgl. Polynom 5-ten Grades		
Massenfehler	- .63 %	(s = 1.03)
Fehler 8 cm Zopf	- 2.77 %	(s = 5.11)

schen den Stützstellen zu minimieren. Eine Analyse der einzelnen Polynomstücke ergab keine Schwingungen in den Intervallen, so daß ein glatter Verlauf gesichert erscheint.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Baumschaftform wird durch Cubische Spline Funktionen dargestellt. Dafür werden sechs Stützstellen verwendet. Als unverzichtbare Punkte ist es vernünftig, 1,3 m, h0.1 und die Gesamthöhe zu wählen. Am Stammfuß ist die sogenannte „freie-Enden-Bedingung“ (2.2) mit der „not-a-knot-Bedingung“ (3.1) verbunden. Dadurch wird das erste Polynom gezwungen, von Brusthöhe zum Erdboden hin frei auszuschwingen. An der Triebspitze wird die „freie-Enden-Bedingung“ benutzt. Um die restlichen Stützstellen zu bestimmen, wurden für das gesamte Untersuchungsmaterial alle Kombinationen mit 3 Stützstellen im Intervall $[h0.1, h0.8]$ durchgerechnet.

Eine Stützstellenkombination wurde dann akzeptiert, wenn der Massenfehler kleiner als 0,5 %, der Interpolationsfehler des 8 cm Zopfes kleiner als 1,5 % und die lineare Abweichung von den Meßstellen im Mittel kleiner als 0,5 cm war. Im Durchschnitt lag die günstigste Stützstellenkombination 3–5 bei h0.2, h0.5 und h0.75. Wenn 1,3 m, h0.1, h0.2, h0.5, h0.75 und die Gesamthöhe als fixe Stützstellenkombination verwendet wurden, lag der Volumenfehler bei weniger als 1,5 % und der Interpolationsfehler am Zopf bei weniger als 3 %.

Summary

Title of the paper: *Individual taper curve of trees and cubic spline interpolation.*

The taper curve of a tree is described by cubic spline functions. For that purpose six knots are needed. It is reasonable to choose the breast height at 1.3 m, h0.1 and total height of the tree for basic knots. At the stem foot the so called "free-end-condition" (2.2) is combined with the "not-a-knot-condition" (3.1). Then the first polynomial is forced to swing free between breast height and the ground. At the top of the tree the "free-end-condition" is used.

To define the remaining knots all combinations with three knots in the intervall $[h0.1, h0.8]$ are computed for all available trees. A combination of knots was accepted, when the following conditions are satisfied: error in volume less than 0.5 %, interpolation error of the 8 cm diameter less than 1.5 %, and linear deviation of the taper curve from the data less than 0.5 cm. In the average the best combination of knots 3 to 5 was h0.2, h0.5, and h0.75. Using 1.3 m, h0.1, h0.2, h0.5, h0.75 and the total height as fixed knots the volume error is less than 1.5 % and the interpolation error of the 8 cm diameter is less than 3 %.

Résumé

Titre de l'article: *Forme individuelle des fûts et interpolation par fonctions de SPLINE du troisième degré.*

La forme des fûts a été calculée par des fonctions de spline du troisième degré en s'appuyant sur six données de base. Parmi celles-ci il est logique que soient toujours retenues les mesures à 1,30 m, h 0,1 et la hauteur totale. Pour la base du fût, la condition «limites libres» (2.2) est liée à la condition «Knot a Knot» (3.3). C'est pour-quoi, on a imposé que les variations du premier polynôme soient limitées à l'intervalle entre le niveau du sol et la hauteur de poitrine. Pour l'extrémité de la pousse, on a utilisé la condition «limites libres». Pour tester les autres données on a fait les calculs pour l'ensemble du matériel expérimental avec toutes les combinaisons entre trois mesures prises dans l'intervalle $[h 0,1-h 0,8]$. Une de ces combinaisons est considérée comme acceptable si l'erreur totale est inférieure à 0,5 %, si l'erreur d'interpolation relative à la section 8 cm est inférieure à 3 % et si l'écart linéaire entre les valeurs mesurées et calculées est en moyenne inférieure à 0,5 cm. En moyenne, la combinaison 3–5 se révèle la mieux adaptée; elle prend en compte les mesures à h 0,2, h 0,5 et h 0,75. Si l'on retient comme données fixes, les valeurs à 1,30 m, h 0,1 – h 0,2 – h 0,5 – h 0,75 et la hauteur totale, l'erreur sur le volume est inférieure à 1,5 % et l'erreur d'interpolation relative à la découpe inférieure à 3 %.

J.M.

Literaturverzeichnis

- AHLBERG, J. H., NIELSON, E. N. and WALSCHE, J. L., 1967: The Theorie of Splines and their Application. Academic Press, New-York and London
- ALTHERR, E., 1960: Die Genauigkeit verschiedener Verfahren der Sektionierung in absoluter und relativer Höhe. AFJZ, S. 226–237
- BITTERLICH, W., 1965: Das Biegelinien-, Ausgleichs- und Interpolationsgerät. Allg. Forstzeitung 76 (8), 158–161
- BÖHMER, K., 1974: Spline Funktionen. Teubner, Stuttgart
- DEBOOR, C., 1978: A practical Guide to Splines. Springer, New-York, Heidelberg, Berlin
- HRADETSKY, J., 1981: Spline Funktionen und ihre Anwendung in der forstlichen Forschung. F. w. Cbl., Heft 1, 45–59
- LAHTINEN, A. and LAASASENAHO, J., 1979: On the Construction of Taper Curves by using Spline Functions. Commun. Inst. For. Fenn. 95 (8), 1–63
- LIU, C. J., 1980: Log Volume Estimation with Spline Approximation. Forest. Sci. 26 (3), 361–369
- MAYER, R., 1983: Darstellung der Schaftform für Einzelstämme. Dipl. Arbeit, Freiburg
- PRODAN, M., 1965: Holzmeßlehre. Sauerländer, Frankfurt a.M.
- SABOROWSKI, J., SLOBODA, B. und JUNGE, A., 1981: Darstellung von Schaftformen durch kub. Spline Interpolation und Reduktion der Stützstellenanzahl. Forstarchiv, Heft 4, 127–130
- SCHÖNBERG, I. J., 1964: Spline Functions and the Problem with Graduation. Proc. Nat. Acad. Sci. 52, 947–950
- SLOBODA, B., 1976: Spline und BITTERLICH'sche Interpolation bei der Wiedergabe der Baumschaftform. Beiträge zur Zuwachsforschung. 3. Mitt. der Bundesforschungsanstalt Wien, 61–66

Berichtigung zur Arbeit:

„Über die mögliche lokale Wechselwirkung anthropogener Schadstoffe mit den Terpen-Emissionen von Waldökosystemen“

von G. H. Kohlmaier, H. Bröhl und E. O. Siré

in der Allg. Forst- u. Jagd-Ztg., 154. Jg., 9/10, 170–174 (1983)

Herr Dr. W. FRICKE vom Gesamtverband des Deutschen Steinkohlebergbaus hat uns darauf aufmerksam gemacht, daß bei der persönlichen Mitteilung von G. H. M. KRAUSE ein Übertragungsfehler bei den zitierten Spitzenbelastungen mit Ozon in einigen Waldgebieten Nordrhein-Westfalens unterlaufen sein muß. Hier und ganz allgemein in der BRD werden Spitzenbelastungen von etwa 200 ppb oder entsprechend $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und nicht, wie zitiert, 400 ppb oder

$800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Dieser falsch zitierte Wert geht jedoch in die erzielten Schlußresultate der Arbeit nicht ein.

Dr. FRICKE hat sich mit der großräumigen Verteilung und dem Transport von O_3 und seinen Vorläufern in der BRD eingehend beschäftigt (VDI-Bericht 500, pp. 55–62, 1983). Er hat die durchschnittlichen O_3 -Jahresmittelwerte und absoluten O_3 -Maxima in der

BRD für den Zeitraum von 1976 bis 1982 zusammengestellt und in einer Grafik als Funktion der Stationshöhe dargestellt. Dabei kommt er zu dem Ergebnis, daß die durchschnittlichen O₃-Jahresmittelwerte in 0 bis 300 m Höhe (im wesentlichen städtische und stadtnahe Gebiete) zwischen 10 und 28 ppb liegen (z.B. Frankfurt-Zentrum 14 ppb), während in den Höhenlagen zwischen 300 und 1500 m (im wesentlichen ländliche Gebiete) Werte zwischen 15 und 50 ppb und schließlich über 1500 m (Wank, Zugspitze) etwa 40 ppb auftreten. Im gleichen Zeitraum wurde zwischen 0 und 300 m Seehöhe eine Spitzenkonzentration von 273 ppb (1/2 h – Mittelwert),

zwischen 300 und 1500 m von 179 ppb (1 h – Mittelwert) und oberhalb 1500 m von 99 ppb (Zugspitze, ebenfalls 1 h – Mittelwert) beobachtet. Während also für die durchschnittlichen O₃-Jahresmittelwerte eine positive Korrelation zur Höhe besteht, gilt dies nicht für die O₃-Maxima, bei denen die Höchstwerte in den Niederungen, sehr wahrscheinlich anthropogen bedingt, auftreten.

G. H. KOHLMAIER

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Frankfurt/Main

Buchbesprechungen

Pareys Buch der Bäume. Nadel- und Laubbäume in Europa nördlich des Mittelmeers. Von A. MITCHELL und J. WILKINSON. Übersetzt und bearbeitet von P. SCHÜTT. 1982. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 272 Seiten mit 2440 Darstellungen. DM 32,-.

MITCHELL, wohl einer der profiliertesten Dendrologen Europas und bekannt durch das im selben Verlag erschienene Bestimmungsbuch: Wald und Parkbäume Europas, hat – zusammen mit WILKINSON, der für die Farbzeichnungen verantwortlich ist – ein bebildertes Taschenbuch herausgebracht, in dem 300 Arten und Varietäten von Bäumen in Wäldern, offenen Landschaften, Hecken, Parks, an Straßen und in Gärten abgebildet und beschrieben sind. Die Bäume, Sträucher wurden bewußt nicht mit einbezogen, sind in systematischer Reihenfolge aufgeführt, wobei der Beginn einer neuen Familie augenfällig durch einen blauen Punkt angezeigt wird. Wie im Vorwort vermerkt, ist die englische Fassung ganz auf die dendrologischen Verhältnisse (z. B. ausgeglichenes feucht-warmes Klima) der britischen Inseln abgestimmt, was bedeutet, daß verschiedene artspezifische Übersichtsbilder, vor allem Habituszeichnungen – z. B. Tannen, Lärchen, Ulmen und Weiden – nicht unbedingt für die Verhältnisse in unseren kontinentalen Breiten zutreffen. Das Taschenbuch zeichnet sich durch eine vor allem für Laien gelungene Verbindung von straff gefaßtem Text und geschickt ausgewählter, übersichtlich angeordneter zeichnerischer Darstellung aus. Schon das Inhaltsverzeichnis weicht vom üblichen Schema ähnlicher Taschenbücher ab, indem den nach Familien gegliederten Gattungen jeweils eine kleine, farbige Blattzeichnung beigelegt ist, an Hand derer der Beobachter bereits eine mögliche Einordnung seines zu bestimmenden Blattes oder Zweiges vornehmen kann. In der Einführung wird allgemein über Bäume, Holz, Rinde, Blätter und Blüten berichtet und in einem weiteren Abschnitt die Anzucht von Bäumen, Pfropfung, Alter und Forstwirtschaft behandelt. Es folgt je ein Bestimmungsschlüssel für Nadel- und Laubbäume im Sommer, die beide auf dem Nadel- bzw. Laubblatthabitus basieren. Ein weiterer Bestimmungsschlüssel für Laubbäume im Winter, d. h. ohne Blätter und ausgerichtet nach dem Knospen- bzw. Triebzustand findet sich am Ende des Buches, gefolgt von 40 charakteristischen Silhouetten von bekannten laubabwerfenden Bäumen im Winterzustand. Die 2440 Einzeldarstellungen, 2400 davon in Farbe, sind entweder in den Text eingearbeitet (Habitusbilder, Kronenform und Rinde z. B.) oder in einer Randspalte gesondert aufgeführt (Blätter bzw. Nadeln, Blüten, Koniferenzapfen und Früchte). Die Beschreibung ergänzt die Abbildungen, sie erklärt sie nicht. Sie beginnt mit einer Darstellung der wichtigsten Familien- bzw. Gattungsmerkmale um dann die einzelnen Arten zu behandeln. Der für die deutsche Ausgabe von SCHÜTT bearbeitete Text beschränkt sich daher auf die Herkunft und Verbreitung des abgebildeten Baums, seinen speziellen Nutzen (z. B. Holzverwendung), Wachstum, Wuchshöhe und speziellen Gartenwert, wobei letzterer in einer 4-teiligen Skala angegeben ist. Dabei bedeutet I einen erstklassigen Baum hinsichtlich Gesundheit, harmonischer Krone, schöner Belaubung usw. d. h. ohne nennenswerte Fehler, und X einen Baum, der nicht empfehlenswert ist. Trotz der Begrenzung der Bäume auf Mittel- und Nordeuropa mit Schwerpunkt auf Großbritannien sind viele Arten und Varietäten abgebildet, die bei uns nicht oder nur in Parks und Gärten vorkommen. So werden von der Gattung *Chamaecyparis* (Scheinzypresse) 7 Arten vorgestellt, von *Cham. lawsoniana* allein 8 Zierformen, die Tannen sind mit 29 Arten vertreten und von

Ahorn, der in Deutschland als Freilandform bzw. forstlich genutzt vorwiegend in 3 bzw. 4 Arten vorkommt, werden 25 verschiedene Arten vorgestellt sowie zusätzlich weitere 16, aus Ostasien stammende „Schlangenhautahorne“, deren Name auf die eigenartig geformte Rinde zurückgeht. Am Ende des Buches findet sich ein Verzeichnis deutscher und lateinischer Namen; die letzte Buchseite enthält einen cm-Maßstab sowie eine Anleitung zur Ermittlung der Baumhöhe unter Zuhilfenahme eines geraden Astes oder langen Grashalmes.
E. GLÄSS

Lebensraum Wald. Ein Weg zum Kennenlernen von Pflanzengesellschaften und ihrer Ökologie. 2., revidierte Auflage. Von H. HOFMEISTER. 1983. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Hamburg und Berlin. 252 Seiten mit 8 Farbtafeln, 375 Abbildungen (davon 15 farbig) im Text und auf Tafeln. ISBN 3-490-16818-6. Kartoniert DM 32,-.

Das Buch wendet sich an den interessierten Laien, der auf Wanderungen durch den Wald ökologische Zusammenhänge bewußter sehen und die Gründe für die Ausbildung bestimmter Pflanzengesellschaften kennenlernen möchte. Gleichzeitig will es Anregungen für den Biologie-Unterricht geben. Lehrer, die nicht oder nur wenig mit ökologischen und vegetationskundlichen Fragestellungen vertraut sind, sollen sich mit Hilfe des Buches in die Problematik einarbeiten und auf Untersuchungsobjekte und Methoden vorbereiten können.

Nach einem einleitenden Abschnitt „Wald und Mensch“ folgt die Vorstellung der wichtigsten Waldbodenpflanzen, zusammengestellt nach ökologischen Gruppen, in Kurzbeschreibung und sehr schönen Zeichnungen. Die wichtigsten unserer Bäume und Sträucher werden in ähnlicher Weise vorgestellt.

Dem Abschnitt „Waldgesellschaften und ihre Untersuchung“ folgt die Darstellung der wesentlichen Zusammenhänge zwischen Waldgesellschaften und den Standortverhältnissen. Anschließend werden Hinweise für die Beurteilung und Charakterisierung von Waldbeständen und ihren Standorten gegeben.

Ein Bestimmungsschlüssel für Waldgesellschaften sowie eine Beschreibung der häufigsten Waldgesellschaften runden das Buch ab. Der Anhang enthält neben dem Literaturverzeichnis noch Verzeichnisse der deutschen und wissenschaftlichen Pflanzennamen, der wissenschaftlichen Gesellschaftsnamen und der verwendeten Fachausdrücke.

So begrüßenswert das Buch an sich ist und so gut die Darstellungen in einzelnen Abschnitten gelungen sind, es enthält leider einige Unachtsamkeiten und Fehler. Sie wären leicht zu vermeiden gewesen, hätte der Autor neben der zahlreich aufgeführten Literatur ein waldbauliches Lehrbuch zur Hand genommen. Auch hätte die Unterhaltung mit einem Forstmann oder Forstwissenschaftler manche Unrichtigkeit vermeiden helfen.

So sind z. B. bei der Vorstellung der Baumarten die Feuchtigkeitsansprüche der Tanne, das Höhenwachstum von Douglasie (für die die ökologische Kennkarte ganz fehlt), Elsbeere, Roteiche und Vogelkirsche, die Lichtansprüche der Eibe und die Feuchtigkeitsansprüche des Feldahorns nicht richtig angegeben.

Neuerscheinung:

Der Wasserumsatz eines Buchen- und eines Fichtenwaldökosystems im Hochsolling

VON P. BENECKE

Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der
Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 77

158 Seiten mit 46 Abbildungen und 35 Tabellen

Kartonierte DM 25,80

Der Untersuchung des Wasserumsatzes bewaldeter Standorte kommt neben der Erfassung des Wachstumsfaktors „Wasser“ und der Versickerung bzw. Grundwasserneubildung gegenwärtig eine wachsende Bedeutung für den Stoffaustausch mit der Umwelt und innerhalb des Ökosystems zu.

Eine entsprechende Untersuchungsmethode muß dem Anspruch genügen, Wassergehalte und -flüsse als raum-zeitliche Funktionen an den Grenzen und innerhalb des Ökosystems zu erfassen und zu quantifizieren.

Um dies zu erreichen, wurde ein gemischt theoretisch-experimenteller Ansatz gewählt, d. h. die Bodenwassergleichung für die standortspezifischen Randbedingungen mit Hilfe numerischer Verfahren gelöst. Die erforderlichen Meßdaten spielen hierbei vor allem die Rolle von Eingangs-, Kontroll- und Validierungswerten. Sie werden damit weitaus effektiver genutzt als bei (quasi-) direkten Messungen der Wasserhaushaltskomponenten. Die Ergebnisse zeigen detailliert das hydrologische Verhalten der beiden forstlichen Ökosysteme, das sich zudem signifikant unterscheidet. Dies gilt – zunehmend – für momentane, monatliche und jährliche Umsätze, die eingehend diskutiert werden. Als summarisches Ergebnis sei herausgestellt, daß die Buchen zwar während der Sommermonate einen höheren Transpirationswasserverbrauch als die Fichten aufwiesen, daß aber gleichwohl der jährliche Verbrauch der Fichten mit 335 mm/a den der Buchen um 48 mm/a übertraf und daß der mittlere Gesamtverbrauch der Fichten (einschl. Interzeptionsverdunstung) mit 640 mm/a sogar um 166 mm/a höher lag.

Diese standortbezogenen Ergebnisse sind als Summeneffekt quasi-momentaner Umsätze zu sehen, deren Betrachtung detaillierte Einblicke in das zugrundeliegende Prozeßgeschehen gewährt. Aus ihnen werden die standortspezifischen Parameter deutlich, die die Prognosefähigkeit des Ökosystemmodells begründen und den Gültigkeitsbereich der Ergebnisse ausweisen.

Aus dem Inhalt:

1. Einführung und Zielsetzung
2. Grundlagen, Modellkonzept
3. Meßmethoden, Meßeinrichtung
Fortlaufende Messungen im Gelände; Wasserbindung, Wasserleitfähigkeit (Parameterfunktionen)
4. Standortsbeschreibung
5. Ergebnisse
Meßergebnisse, Beziehungen, Variabilität; Modellvalidierung; Wasserhaushaltskomponenten und -bilanzen
6. Ergebnisvergleich
„Wasserscheiden-Methode“;
Tritium-Methode;
Sverdrup-Methode (Bowen-ratio);
Penman-Methode
7. Zusammenfassende Schlußbetrachtung
8. Literatur und Danksagung
9. Anhang

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN