

ONLINE-BESTELLUNG dokumentUM



TUM-000010621

Bestelldatum: 2008-04-14 10:49:17

Benutzernummer 04000708503
Name Klemmt

Straße TU-Weihenstephan Hauspost
Postleitzahl 85350
Ort/Stadt Freising
E-Mail-Adresse stefan.stelzmueller@lrz.tum.de

Unter Anerkennung des Urheberrechtsgesetzes wird bestellt:

ISSN 0015-8003
Zeitschrift Forstwissenschaftliches Centralblatt
Aufsatz-Autor Dursky, J.
Aufsatz-Titel Regionaltarife zur Schaetzung von ertragskundlichen Bestandesparametern

Band/Heft 119
Jahrgang 2000
Seiten ~~249-262~~ 310-320

Signatur 1006/FOR 001z 20018

Vermerk der Bibliothek

- Jahrgang nicht vorhanden
- verliehen
- nicht am Standort
- beim Buchbinder
- vermißt
- Sonstiges

Regionaltarife zur Schätzung von ertragskundlichen Bestandesparametern New regional tariffs for estimation of forest yield parameters

Von J. ĎURSĀY

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein System für die Schätzung von ausgewählten Bestandescharakteristika vorgestellt. Das System besteht aus Oberhöhen-, Mitteldurchmesser- und Grundflächentarifen. Es handelt sich dabei um ein bundesweites System auf der Basis der einzelnen Wuchsregionen von Deutschland. Die Tarife wurden für die Baumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Buche, Eiche, Douglasie und sonstiges Laubholz entwickelt. Das System eignet sich für die grobe Reproduktion von Bestandesstrukturen auf Betriebs- und Regionalebene, es ermöglicht den Vergleich von Wuchsregionen Deutschlands und bietet auch eine Möglichkeit zur Validierung von Wuchsmodellen. Für die Parametrisierung der Tariffunktionen wurden Daten aus zwei verschiedenen Quellen benutzt. Einerseits sind das die Baumdaten der südwestlichen Inventurpunkte der ersten Bundeswaldinventur (Westdeutschland) und andererseits die punktbezogenen Bestockungsdaten des Datenspeicher Waldfonds (Ostdeutschland). Die konstruierten Bestandstarife beschreiben im Gegensatz zu forstlichen Wuchsmodellen (Ertragstafeln, Waldwachstumssimulatoren) keine Waldentwicklung, sondern nur die statistischen Beziehungen zwischen den Bestandescharakteristika.

Schlüsselwörter: Regionaltarife, Oberhöhentarife, Mitteldurchmessertarife, Grundflächentarife

Summary

A system for estimating selected forest stand characteristics is described in this article. The system consists of three tariffs: the dominant height tariff, the mean diameter tariff and the stand basal area tariff. The system is established for all of Germany while individual tariffs are dependent on growth regions. We developed tariffs for Norway Spruce (*Picea abies*), White Fir (*Abies alba*), Scots Pine (*Pinus silvestris*), European Larch (*Larix decidua*), Common Beech (*Fagus sylvatica*), European Oak + Pendulate Oak (*Quercus petraea* + *Quercus robur*), Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) and for other commercial deciduous tree species. The system can be used for a rough reproduction of forest stand structures at forest district level and regional level. A comparison of growth regions becomes possible and applications for growth model validation are presented. Data from two sources are used for tariff construction: from West Germany derived from inventory points (BWI) and from East Germany derived from the forest management records (Datenspeicher Waldfonds). The stand tariffs describe the statistical relationships between forest stand characteristics.

Keywords: regional tariffs, dominant height tariff, mean diameter tariff, tariff of stand basal area

1 Einleitung

In der Forstwissenschaft sind schon seit relativ langer Zeit verschiedenste Tarife und Tarifverfahren bekannt, die für die Taxationspraxis entwickelt worden sind. Unter Tarifen verstand man immer ein System, das auf Funktionen mit einem Argument basiert. Die ersten Tarife wurden für die Schätzung von Baumparametern, später auch für die Schätzung von Bestandesparametern konstruiert. Einen Überblick über verschiedene Tarifverfahren findet man bei KRÄUTER (1958) und PRODAN (1965). Tarife waren dank ihrer einfachen Handhabung beliebt, wurden wegen ihrer Ungenauigkeit aber mehr und mehr durch andere Verfahren ersetzt. Im Zusammenhang mit dem aktuellen Interesse, Bestandesstrukturen auch bei mangelhaften Informationen zu generieren, entstand die Idee, ein bundesweites System von Regionaltarifen zur Schätzung von ertragskundlichen Bestandesparametern zu entwickeln.

Tabelle 1, Statistische Kennwerte des Datenmaterials für Fichte.

(h_g – Mittelhöhe nach LOREY; d_g – Mitteldurchmesser; G/ha – Grundfläche pro Hektar; Mean – Aritmetische Mittel; STD – Standardabweichung; n – Anzahl)

Table 1. Statistics of data material for Norway Spruce. (h_g – LOREY'S mean height; d_g – mean diameter; G/ha – basal area per hectare; STD – standard deviation; n – number of observations)

Nr	Wuchsregion (WOLFF et al. 1998)	h_g			d_g			G/ha		
		Mean	STD	n	Mean	STD	n	Mean	STD	n
1	Nordsee – Küstenraum	15,5	5,8	27	21,3	8,2	27	25,1	10,6	22
2	Ostsee – Küstenraum	21,6	5,8	26	28,0	8,1	26	33,8	8,8	26
3	Heide und Altmark	17,1	4,8	18	23,4	12,3	18	28,5	15,8	13
4	Ostdeutsches Tiefland	19,1	7,5	7	20,9	8,5	7	36,9	6,7	4
5	Ostdeutsches Lößtief- und Hügelland	23,2	2,5	123	25,2	4,4	123	33,8	7,6	107
6	Mitteldeutsches Berg- und Hügelland	21,5	7,8	136	27,3	10,9	136	32,3	17,2	124
7	Harz	21,2	5,6	77	26,4	8,3	77	34,3	12,0	69
8	Rheinisch – Westfälische Bucht	19,8	8,3	16	26,7	12,2	16	33,0	15,7	15
9	Rheinisches Schiefergebirge und angrenzende Hügelländer	21,5	7,0	311	28,5	11,4	311	36,3	15,8	281
10	Rheintal und angrenzende Hügelländer	21,7	6,4	15	23,6	7,4	15	38,2	15,9	12
11	Vogelsberg, Odenwald, Spessart	25,2	8,0	81	31,1	12,6	81	36,7	15,9	71
12	Bayerischer -, Oberpfälzer -, Franken -, Thüringer Wald und Erzgebirge	22,1	4,9	550	26,3	8,1	550	32,8	11,8	473
13	Württembergisches – Fränkisches Hügelland	23,5	7,2	174	28,5	10,6	174	36,7	17,4	141
14	Schwarzwald	24,4	7,9	126	33,3	12,5	126	36,6	18,2	108
15	Schwäbisch – Fränkische Alb	22,6	7,4	138	28,0	11,0	138	37,2	17,6	111
16	Alpenvorland	25,1	6,8	309	30,8	10,5	309	46,4	17,8	291
17	Schwäbisch – Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge und Bayerische Alpen	24,8	6,6	101	37,0	12,6	101	41,7	19,6	87

Eine große waldwachstumskundliche Datenbasis entstand in Deutschland mit der Bundeswaldinventur (BWI I) der Jahre 1986–1990. Durch diese nationale Inventur erhoffte man sich einen großen Gewinn an Informationen über Zustandsveränderungen im Wald, die für die Forstplanung eine entscheidende Rolle spielen. Auf der anderen Seite kann man aus den erhobenen Daten auch Zusammenhänge zwischen einzelnen Waldwachstumscharakteristika herleiten und regionalisieren. Für diese Zwecke sind auch die Daten des Datenspeicher Waldfonds geeignet, die in den neuen Bundesländern lange Zeit die Funktion eines Indikators für die Waldentwicklung erfüllt haben.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein System zur Schätzung ausgewählter Bestandescharakteristika vorgestellt. Das System besteht aus Oberhöhen-, Mitteldurchmesser- und Grundflächentariifen. Es handelt sich dabei um ein bundesweites System mit Bezug zu einzelnen Wuchsregionen Deutschlands (WOLFF et al. 1998). Das System ist für die grobe simulative Erzeugung von Bestandesstrukturen auf Betriebs- und Regionalebene geeignet, ermöglicht den Vergleich der Regionen untereinander und bietet die Möglichkeit der Validierung von Wuchsmodellen.

2 Daten

Für die Parametrisierung der Tariffunktionen stehen Daten aus zwei verschiedenen Quellen zur Verfügung. Einerseits sind das die Baumdaten der südwestlichen Inventurpunkte der

ersten Bundeswaldinventur (BWI)* und zum anderen die punktbezogenen Bestockungsdaten des Datenspeicher Waldfonds (DSW – Stand 1993).

Aus den Einzelbaumdaten der BWI wurden nach der vorgeschlagenen Methodik (BML 1990) die Bestandessummen- und Mittelwerte berechnet. Die Daten des Datenspeicher Waldfonds wurden auf Plausibilität getestet und übernommen. Insgesamt standen 10 660 Bestandesdaten zur Verfügung. Die flächenbezogenen Daten wurden nach Baumartenmischungen stratifiziert, die Inventurpunkte mit einem Mischungsanteil größer als 50 % ausgefiltert und die flächenbezogenen Bestandescharakteristika für einen 100 % Anteil hochgerechnet. So sind 6620 Datensätze mit ideellen Reinbeständen für die Tarifentwicklung verfügbar. Die Datenmenge erlaubte die Konstruktion von Tarifen für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche auf Regionalebene. Für die Baumarten Tanne, Lärche, Douglasie und sonstige Laubhölzer wurden Wuchsregion-übergreifende Tarife konstruiert. Einen Überblick über statistische Charakteristika des Datenmaterials gibt Tabelle 1.

3 Konstruktion von Tarifen

Als Steuergröße für die einzelnen Tarife wurde die Oberhöhe gewählt. Es handelt sich um eine stabile Größe, die sehr gut mit der Standortbonität korreliert und im Vergleich zum Alter leichter messbar ist. Um dieses Charakteristikum, das nicht direkt im Datenmaterial vorhanden ist (DSW) und für Winkelzählproben mit einem Zählfaktor von 4 nicht unproblematisch auszurechnen ist, zu ermitteln, wurde der Ansatz von KAHN (1994) benutzt. KAHN (1994) hat auf der Basis von langfristigen Versuchsflächen den Zusammenhang zwischen Oberhöhe (h_{100}) und Mittelhöhe (h_g) untersucht und die Funktion der Differenz von Ober- und Mittelhöhe abhängig von Mittelhöhe und Stammzahl pro Hektar abgeleitet:

$$h_{100} = h_g + e^{a_0 + a_1 \cdot \ln(h_g) + a_2 \cdot \ln(N) + a_3 \cdot \ln(h_g \cdot \ln(N))} \quad (1)$$

Darin sind:

- h_{100} : Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume je Hektar
- h_g : Mittelhöhe
- N : Stammzahl pro Hektar
- a_0 – a_3 : baumartenspezifische Koeffizienten
- e : EULER'sche Zahl

Tabelle 2 beinhaltet die von KAHN (1994) abgeleiteten Parameter für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche, Eiche und Douglasie. Sind diese bekannt, so kann für jeden Inventurpunkt h_{100} im Abhängigkeit von Mittelhöhe und Stammzahl pro Hektar geschätzt werden.

Tabelle 2. Parameter zur Schätzung der Oberhöhe aus der LOREY-Mittelhöhe nach KAHN (1994). (a_0 – a_3 : Parameter der Funktion)

Table 2. Parameters of the dominant height model after KAHN (1994). (a_0 – a_3 : parameters)

	a_0	a_1	a_2	a_3
Buche	-28,142	-20,923	-2,550	22,077
Eiche	-46,530	-41,665	-5,893	43,209
Fichte	-8,253	0	0,625	0,933
Kiefer	-16,875	-8,273	-0,633	9,436
Douglasie	-17,902	-13,383	-1,459	13,998

* Im Rahmen des Projektes „Wälder und Forstwirtschafts Deutschlands unter globalen Wandel“ wurden vom BMBF die südwestlichen Inventurpunkte der ersten Bundeswaldinventur (BWI) zur Verfügung gestellt

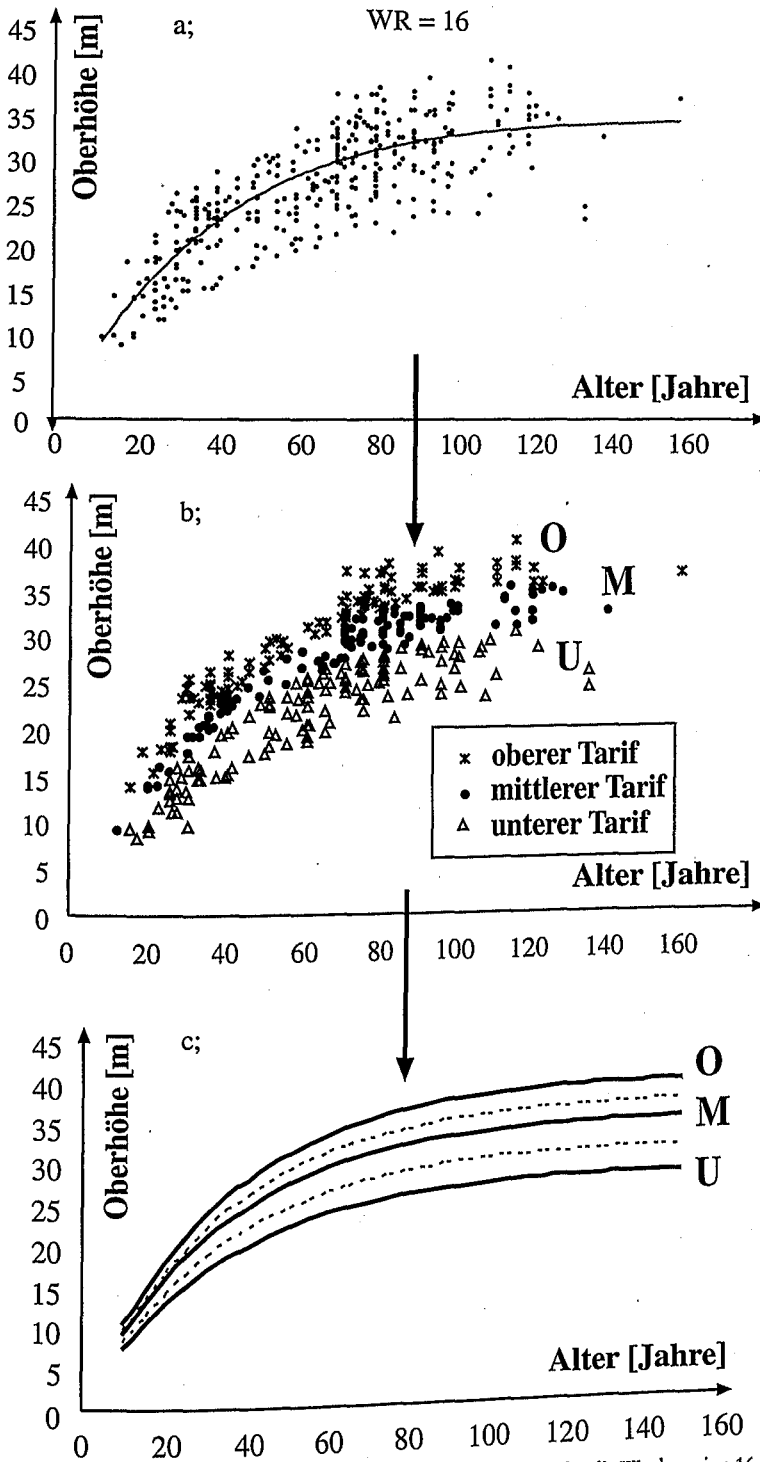


Abb. 1a,b,c. Darstellung der Konstruktion von Oberhöhentarifen für die Wuchsregion 16.
 Fig. 1a,b,c. Representation of construction of upper height tariffs in growth region 16.

3.1 Oberhöhentarife

Die Oberhöhentarife spielen im System eine entscheidende Rolle, weil sie zur Bonitierung von Beständen notwendig sind. Unter Bonitierung versteht man hier die Zuordnung eines Bestandes zu seinem entsprechenden relativen Tarif. Bei der Parametrisierung der Oberhöhentarife wurden nur die Inventurpunkte mit einem Baumartenanteil größer als 30 % verwendet und so unechte Verläufe der altersabhängigen Oberhöhe gebildet. Der Konstruktionsprinzip liegt folgendes Prinzip zu Grunde:

- Parametrisierung des Zusammenhanges zwischen Oberhöhe (h_{100}) und Alter (t) in einzelnen Wuchsregionen (Abb. 1a)

$$h_{100} = A \cdot (1 - e^{-(k \cdot t)})^p \quad (2)$$

wobei A , k und p die Regressionskoeffizienten sind.

- Statistische Unterteilung des Datenmaterials in drei Tarifgruppen: obere (O), mittlere (M) und untere (U) (Abb. 1b). In die Tarifgruppe O gehören alle Inventurpunkte, welche eine Oberhöhe (h_{100}) größer als $h_{(pred)} \cdot (1 + t_{\alpha/f} \cdot s_{y,x(rel)})$ aufweisen, wobei $t_{\alpha/f}$ der kritische Wert der t-Verteilung ($P = 68\%$) und $s_{y,x(rel)}$ der relative Standardfehler der Gleichung (2) ist. Wenn die Oberhöhe kleiner als $h_{(pred)} \cdot (1 - t_{\alpha/f} \cdot s_{y,x(rel)})$ ist, liegen die Inventurpunkte in der Gruppe U, ansonsten in der Gruppe M. Mit diesem Verfahren entstehen etwa gleichmäßige Tarifbänder (Abb. 1c). Die Unterteilung des Datenmaterials ist mit einer Mindestanzahl von 50 Inventurpunkten verbunden.
- Konstruktion eines anamorphen Tariffächers. Dabei werden die Koeffizienten k und p der Funktion (2) übernommen und der Koeffizient A für jeden Tarifstreifen getrennt geschätzt. Die Ergebnisse der Schätzung sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

3.2 Grundflächentarife

Die Grundflächentarife beschreiben die Abhängigkeit der Bestandesgrundfläche (G/ha) von der Oberhöhe (h_{100}). Die regionaltypische Dichte hängt nicht nur vom Ertragsniveau, sondern auch von der waldbaulichen Behandlung der Bestände ab. Die Bonitätsunterschiede sind hier sehr wenig ausgeprägt, weil die altersabhängige Varianz innerhalb der Tarifbänder nur gering ist. Bei der Konstruktion wurden folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt:

- Bei einer Oberhöhe von $h_{100} = 1,3$ m ist die Grundfläche gleich Null.
- Mit steigender Oberhöhe kann die Grundfläche auch sinken.
- In der ersten Phase besteht ein S-förmiger Zusammenhang.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, wurde für die Konstruktion die flexible Weibull-Dichtefunktion in der von WENK et al. (1990) vorgeschlagenen Form, gewählt:

$$G = \frac{c}{b} \cdot \left(\frac{h_{100} - 1,3}{b} \right)^{(c-1)} \cdot e^{-\left(\frac{h_{100} - 1,3}{b} \right)^c} \cdot d \quad (3)$$

wobei

- G : Grundfläche pro Hektar
- h_{100} : Oberhöhe
- b, c, d : Koeffizienten der Funktion

Tabelle 3. Koeffizienten und statistische Charakteristika der Oberhöhentarife für Fichte. (WR – Wuchsregion; O – oberer Tarif; M – mittlerer Tarif; U – unterer Tarif; A, k, p – Parameter der Funktion; n – Anzahl; r^2 – Bestimmtheitsmass; mqr – mittlerer quadratischer Fehler; “–“ fehlende Daten)

Table 3. Coefficients and statistical characteristics of dominant height tariffs for Norway Spruce. (WR – growth region; O – upper tariff; M – mean tariff; U – lower tariff; A, k, p – parameters; n – number; r^2 – coefficient of determination; mqr – mean square error; “–“ missing data)

WR	O				M				U				O-M-U		O-M-U
	A	n	r^2	mqr	A	n	r^2	mqr	A	n	r^2	mqr	k	p	
1	–	–	–	–	28,29	27	0,67	3,53	–	–	–	–	0,02972	1,1000	
2	–	–	–	–	30,71	26	0,76	2,98	–	–	–	–	0,03581	1,5288	
3	–	–	–	–	21,8	18	0,69	2,75	–	–	–	–	0,09019	4,0064	
4	–	–	–	–	29,31	7	0,89	3,12	–	–	–	–	0,05108	5,0000	
5	29,93	44	0,64	1,20	26,8	63	0,67	0,71	22,75	87	0,67	2,30	0,03739	1,1000	
6	40,04	50	0,95	1,82	34,65	61	0,97	1,17	29,38	63	0,92	1,79	0,02379	1,1000	
7	31,93	24	0,92	1,59	27,79	45	0,96	1,02	23,37	31	0,84	1,91	0,04782	3,0706	
8	34,16	0	0,76	4,28	34,16	15	0,76	4,28	34,16	0	0,76	4,28	0,02897	1,1000	
9	37,41	95	0,92	1,91	32,51	139	0,97	1,04	26,66	113	0,85	2,31	0,03137	1,3268	
10	32,7	0	0,75	3,45	32,7	15	0,75	3,45	32,7	0	0,75	3,45	0,03305	1,1000	
11	38,9	29	0,97	1,48	35,03	38	0,97	1,05	29,04	44	0,8	2,98	0,03404	1,4595	
12	37,43	169	0,85	2,27	31,69	331	0,93	1,02	26,43	286	0,8	2,12	0,02169	1,1000	
13	39,38	61	0,92	1,94	33,95	80	0,96	1,10	27,34	87	0,82	2,64	0,02676	1,1000	
14	37,08	49	0,94	1,91	32,42	55	0,96	1,13	25,87	49	0,79	2,95	0,04011	1,9039	
15	38,52	51	0,96	1,60	33,78	66	0,97	1,00	26,57	72	0,71	3,24	0,02454	1,1000	
16	39,6	110	0,94	1,54	34,88	122	0,96	1,10	28,18	123	0,75	2,87	0,02767	1,1000	
17	35,59	37	0,87	2,24	28,95	41	0,75	1,68	22,09	39	0,71	2,42	0,03443	1,5886	

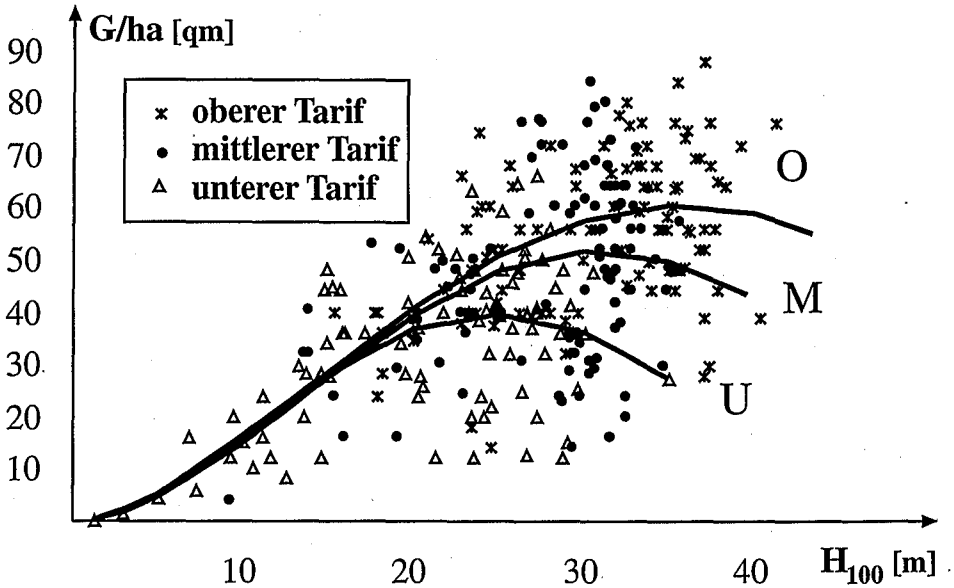


Abb. 2. Die Grundflächentarife in der Wuchsregion 16.

Fig. 2. The tariff of the stands' basal area in growth region 16.

Tabelle 4. Koeffizienten und statistische Charakteristika der Grundflächentarife für Fichte.

(WR – Wuchsregion; O – oberer Tarif; M – mittlerer Tarif; U – unterer Tarif; b, c, d – Parameter der Funktion; n – Anzahl; r^2 – Bestimmtheitsmass; mqr – mittlerer quadratischer Fehler; „–“ fehlende Daten)

Table 4. Coefficients and statistical characteristics of stand basal area tariff for Norway Spruce.

(WR – growth region; O – upper tariff; M – mean tariff; U – lower tariff; b, c, d – parameters; n – number; r^2 – coefficient of determination; mqr – mean square error; „–“ missing data)

WR	Tarif	n	r^2	mqr	b	c	d	Min. H_{100}	Max. H_{100}
1	O-M-U	22	0,41	8,55	27,55	2,1213	947,3	6,0	24,9
2	O-M-U	26	0,37	7,22	35,87	2,1341	1498,7	7,0	35,0
3	O-M-U	17	0,54	9,85	27,61	2,7043	989,5	11,6	23,6
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	O-M-U	104	0,05	6,68	45,53	2,0748	1984,7	9,0	30,6
6	O-M-U	124	0,36	13,90	40,68	2,3273	1821,1	5,9	38,0
7	O-M-U	69	0,15	11,18	32,90	2,0800	1396,2	8,9	36,9
8	O-M-U	15	0,76	8,41	49,03	2,3398	2767,4	11,5	40,0
9	O	86	0,29	13,81	31,04	2,6817	1459,8	9,6	37,7
9	M	114	0,25	12,18	34,43	2,3691	1558,8	8,9	33,7
9	U	81	0,37	9,45	46,78	1,9971	2000,0	5,7	29,4
10	O-M-U	12	0,21	15,60	40,50	2,3435	2003,3	14,2	33,8
11	O-M-U	71	0,29	13,55	36,20	2,4728	1555,6	9,7	38,8
12	O-M-U	473	0,19	10,60	119,08	1,7876	8665,8	7,5	40,7
13	O-M-U	141	0,42	13,37	39,82	2,6120	1814,9	7,0	39,8
14	O-M-U	108	0,30	15,35	35,22	2,5465	1511,3	7,0	38,1
15	O	42	0,52	11,79	37,09	2,4674	1965,8	8,9	37,9
15	M	43	0,37	13,93	46,68	2,3089	2467,3	11,3	32,6
15	U	26	0,45	11,24	31,41	2,6264	1043,9	9,4	27,1
16	O	105	0,23	13,17	43,75	2,3652	2721,0	15,4	41,2
16	M	104	0,18	15,95	36,30	2,4858	1853,1	9,2	35,5
16	U	82	0,25	13,29	28,44	2,5287	1103,6	8,3	30,5
17	O-M-U	87	0,17	18,09	319,04	1,7242	49771,1	10,6	39,8

Der Parametrisierung der Funktionen für einzelne Tarifstreifen (polymorphe Fächer) ist eine Kovarianzanalyse vorangegangen (Kovariate: h_{100}), mit der die Unterschiede in der Bestandesdichte abhängig vom Tarif (O, M, U) untersucht wurden. Die Analyse hat bestätigt, dass nur in einigen Wuchsregionen (Tab. 4) die Bestandesdichte zusätzlich vom Tarif (O, M, U) abhängig ist. In diesen Fällen wurden dann für jeden Tarif die getrennten Funktionen parametrisiert. Die Ergebnisse der Parametrisierung sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Beispielhaft sind in Abbildung 2 die Grundflächentarife für die Wuchsregion 16 aufgezeigt.

3.3 Durchmesserstarife

Die Durchmesserstarife beschreiben die Abhängigkeit des Mitteldurchmessers (d_g) von der Oberhöhe (h_{100}) und der Tarifzugehörigkeit (O, M, U). Die Tarife sind polymorph und lassen sich folgendermassen formulieren:

$$d_g = b_1 \cdot e^{(b_2 \cdot h_{100})} \tag{4}$$

wobei b_1 und b_2 tarifspezifische Koeffizienten sind.

Die Ergebnisse der Schätzung sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Beispielhaft sind in Abbildung 3 die Mitteldurchmesserstarife für die Wuchsregion 16 dargestellt. Die relativ große Ungenauigkeit geht hier genauso wie bei den Grundflächentarifen auf Ertragsniveau- und Durchforstungseffekte zurück.

Tabelle 5. Koeffizienten und statistische Charakteristika der Durchmesserstarife für Fichte. (WR - Wuchsregion; O - oberer Tarif; M - mittlerer Tarif; U - unterer Tarif; b_1, b_2 - Parameter der Funktion; n - Anzahl; r^2 - Bestimmtheitsmass; mqr - mittlerer quadratischer Fehler; „-“ fehlende Daten)

Table 5. Coefficients and statistical characteristics of mean diameter tariffs for Norway Spruce. (WR - growth region; O - upper tariff; M - mean tariff; U - lower tariff; b_1, b_2 - parameters; n - number; r^2 - coefficient of determination; mqr - mean square error; „-“ missing data)

WR	Tarif	n	r^2	mqr	b_1	b_2	WR	Tarif	n	r^2	mqr	b_1	b_2
1	O-M-U	27	0,8	3,78	7,112	0,0617	11	U	27	0,82	5,20	7,350	0,0555
2	O-M-U	26	0,62	5,11	10,088	0,0432	12	O	146	0,76	5,02	6,360	0,0559
3	O-M-U	18	0,72	6,73	3,274	0,1011	12	M	249	0,67	3,84	5,012	0,0685
4	O-M-U	7	0,94	2,32	5,403	0,0624	12	U	155	0,51	4,57	6,152	0,0652
5	O	36	0,32	4,03	6,610	0,0532	13	O	55	0,81	5,20	7,016	0,0504
5	M	49	0,17	2,60	7,371	0,0500	13	M	68	0,76	4,60	6,344	0,0571
5	U	38	0,26	3,18	12,068	0,0288	13	U	51	0,53	6,64	9,263	0,0467
6	O	46	0,83	5,19	8,603	0,0463	14	O	41	0,74	6,90	9,008	0,0456
6	M	52	0,75	4,93	8,155	0,0495	14	M	46	0,69	5,87	7,452	0,0542
6	U	38	0,79	4,35	8,620	0,0509	14	U	39	0,8	5,73	6,723	0,0685
7	O	23	0,77	4,51	6,182	0,0588	15	O	46	0,84	4,86	7,157	0,0503
7	M	33	0,73	4,25	6,140	0,0627	15	M	56	0,76	5,31	5,802	0,0616
7	U	21	0,55	3,68	9,589	0,0450	15	U	36	0,75	4,83	7,404	0,0584
8	O-M-U	16	0,8	5,59	11,034	0,0382	16	O	109	0,81	4,42	6,596	0,0505
9	O	90	0,82	4,82	7,067	0,0535	16	M	111	0,72	5,03	7,030	0,0530
9	M	128	0,71	6,17	6,800	0,0590	16	U	89	0,55	7,78	7,400	0,0588
9	U	93	0,7	5,61	7,837	0,0584	17	O	35	0,49	9,64	12,558	0,0393
10	O-M-U	15	0,75	3,84	8,348	0,0428	17	M	35	0,53	6,53	7,045	0,0606
11	O	24	0,88	5,04	5,803	0,0556	17	U	31	0,35	9,21	8,758	0,0619
11	M	30	0,66	6,89	5,525	0,0610							

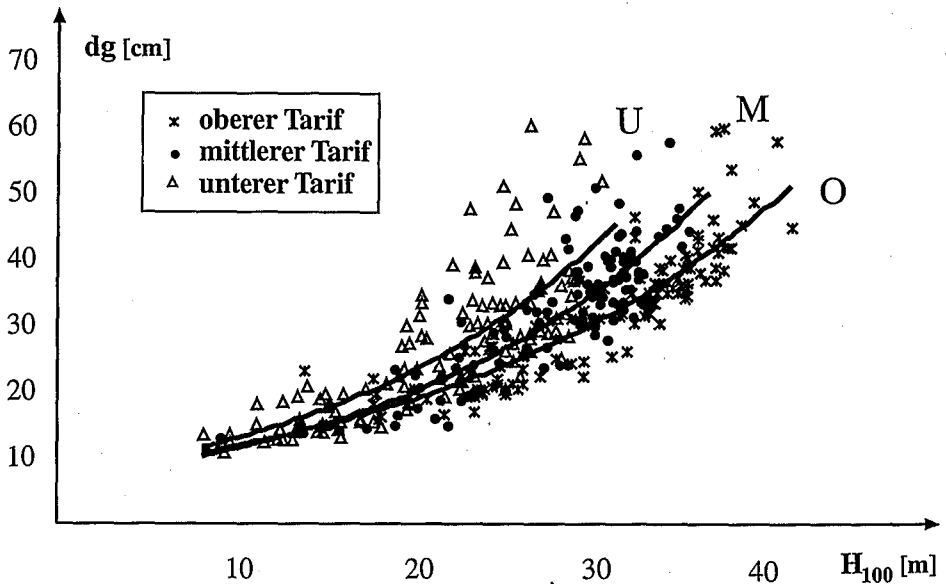


Abb. 3. Die Mitteldurchmessertarife in der Wuchsregion 16.

Fig. 3. The mean diameter tariffs in growth region 16.

4 Diskussion

Die hier vorgestellten Bestandstarife zeigen die aktuellen Beziehungen zwischen den Bestandesattributen. Deswegen sind sie nicht für die Prognose der Waldentwicklung geeignet. Demgegenüber bieten die Tarife aber eine gute Möglichkeit, regionale Bestandesparameter zu schätzen, die für die simulative Erzeugung von Bestandesstrukturen benötigt werden. Mit diesem Ansatz lassen sich die Waldtexturen eines Forstbetriebes erzeugen, wo genauere Informationen (z. B. aus der Betriebsinventur) fehlen. So können die Tarife in Verbindung mit einem Bestandesstrukturgenerator als Grundlage für einen Betriebsgenerator dienen.

Ein weiterer Aspekt der Nutzung der Tarife findet sich bei der Regionalisierung von Behandlungsmaßnahmen von Waldbeständen. Es muss bei der Waldbauplanung berücksichtigt werden, dass sich die Bestände der verschiedenen Regionen in der Bestandesstruktur und vor allem in der Dichte unterscheiden. Mit dem Tarifsystem ist es beispielsweise möglich, die Dichteunterschiede zwischen einzelnen Wuchsregionen zu quantifizieren. Abbildung 4 zeigt z. B. den bundesweiten Vergleich der durchschnittlichen Bestandesgrundfläche von Fichtenbeständen in einem Alter von 100 Jahren.

Die Höhentarife weisen sehr gute statistische Charakteristika auf. Zum einen, weil zwischen Bestandeshöhe und Alter ein strenger Zusammenhang besteht, und zum anderen, weil die Tarifstreifen direkt von der Bestandeshöhe abgeleitet wurden. Die Bestimmtheitsmaße bewegen sich zwischen 0,64 und 0,97 und der mittlere quadratische Fehler liegt durchschnittlich bei $\pm 2,34$ m. Dabei ist zu beobachten, dass die größte Streuung bei den unteren Tarifen liegt. Auch bei den Durchmesserstarifen wurden relativ hohe Bestimmtheitsmaße erreicht (0,46–0,85). Überraschenderweise konnte hier aber das Allometrieprinzip nicht bestätigt werden, welches auf der Baumebene zwischen Brusthöhendurchmesser und Höhe existiert. Relativ unbefriedigende statistische Ergebnisse wurden bei den Grundflächentarifen erzielt, weil die Bestandesdichte der Inventurpunkte nicht nur von Standort und Alter, sondern auch von der Bestandesbehandlung und zufälligen Ereignissen abhängt.

Bei der Verwendung von Tarifen sind mindestens zwei Angaben notwendig: Alter und Mittel- bzw. Oberhöhe. Mit dem Wertepaar Alter und Oberhöhe wird zuerst bonitiert, d. h. ein Bestand wurde dem entsprechenden Tarif (O, M, U) zugeordnet (Tabelle 3 beinhaltet die Parameter für einen mittleren Tarifverlauf, es handelt sich nicht um eine Diskriminanzkurve). Mit dieser Zuordnung (O, M, U) wurde dann in Grundflächen- bzw. Durch-

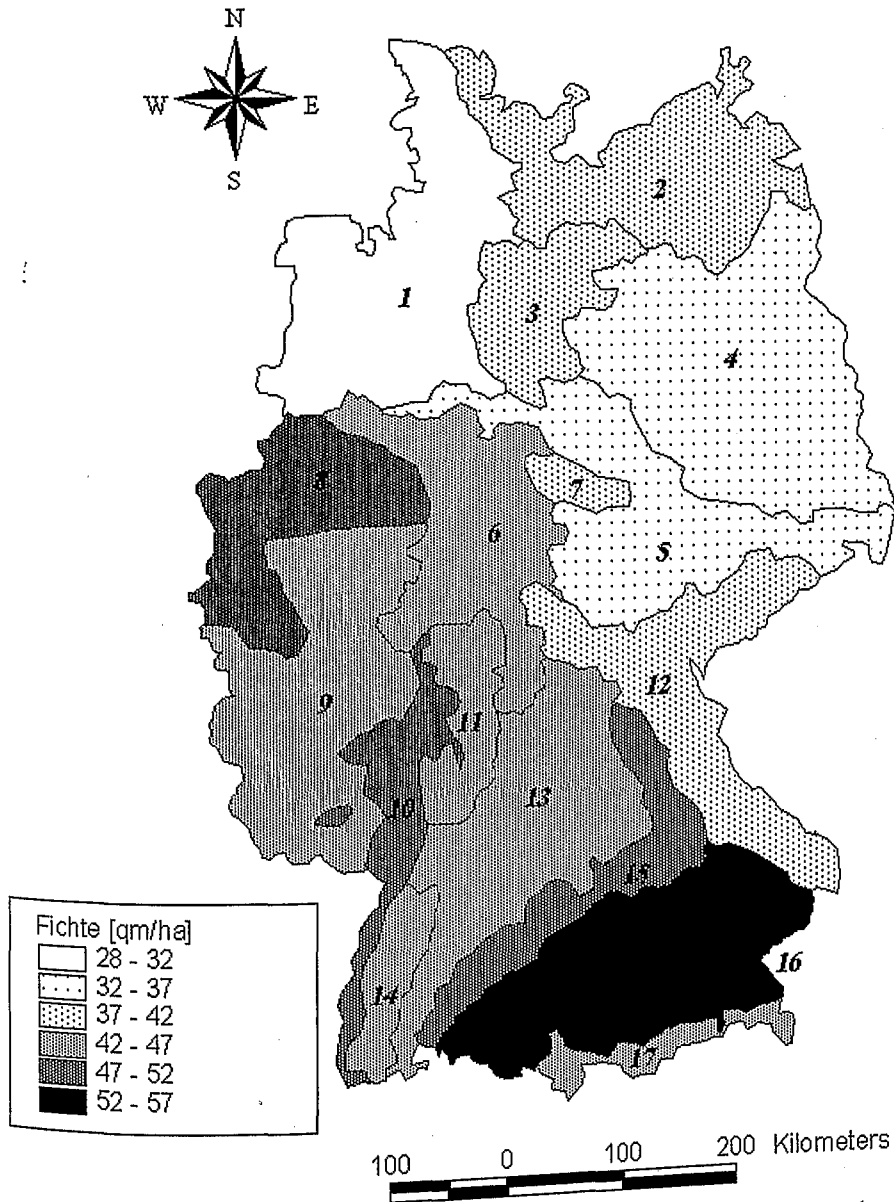


Abb. 4. Durchschnittliche Bestandesdichten (G/ha) der Baumart Fichte im Alter 100 in den einzelnen Wuchsregionen von Deutschland.

Fig. 4. Mean forest stand density (G/ha) for 100-year-old spruce in particular growth regions of Germany.

messertarifen für die gewünschte Oberhöhe ein entsprechender Wert gesucht (deterministische Bestimmung), bzw. auch die Streuung von Residuen (stochastische Bestimmung) hinzu addiert. Mit den Tarifen lassen sich indirekt auch die Stammzahlen (N/ha) und bei vorhandenen regionaltypischen Formzahlen auch die Bestandesvorräte (V/ha) ableiten.

Die Tarife sollen existierende Wachstumsmodelle nicht ersetzen, da die AuflösungsEbene zu klein ist, sondern ergänzen.

In diesem Beitrag stehen die methodischen Aspekte der Konstruktion von Tarifen im Vordergrund und werden für die Baumart Fichte dargelegt. Die Parameter der Tariffunktionen für die Baumarten Tanne, Kiefer, Lärche, Buche, Eiche, Douglasie und sonstige Laubbölder werden auf der Internetseite

<http://www.wwk.forst.uni-muenchen.de/wwk/People/JanDursky/Tarife/Texte/Einleitung.html> zur Verfügung gestellt.

5 Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1990: Bundeswaldinventur (BWI). Band 1: Inventurbericht, Bonn, 117 S.
- KAHN, M., 1994: Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 141, 221 S.
- KAHN, M., PRETZSCH, H., 1998: Parametrisierung und Validierung des Wachstumsmodells SILVA 2.2 für Rein- und Mischbestände aus Fichte, Tanne, Kiefer, Buche, Eiche und Erle. Tagungsbericht der Sektion Ertragskunde des DVFFA, Kevelaer 25.–28. 5. 1998, S. 18–34.
- KRÄUTER, G., 1958: Das Waldhöhentarifsystem. Archiv für Forstwesen, 2/3, Akademie-Verlag Berlin.
- PRODAN, M., 1965: Holzmesslehre. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 644 S.
- WENK, G., ANTANAITIS, V., SMELKO, S., 1990: Waldertragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, 448 S.
- WOLFF, B., HÖLZER, W., FRÖMDLING, D., BONK, S., 1998: Datenaufbereitung für Modellrechnungen aus der Bundeswaldinventur (BWI) und dem Datenspeicher Waldfonds (DSW). Abschlußbericht zum Verbundprojekt „Wälder und Forstwirtschaft Deutschlands im globalen Wandel“, 59 S.

Anschrift des Verfassers: Dr. JAN ĎURSKÝ, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, E-Mail: Jan.Dursky@lrz.tum.de
<http://www.wwk.forst.tu-muenchen.de/wwk/index.html>