

Die Standflächenschätzung über den Distanzfaktor

Een methode voor de schatting van de groeiruilte

P. J. Faber

Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw
"De Dorschkamp", Wageningen

Einleitung

Die Wirkung der Pflanzverbände und Durchforstungsstärken pflegt man anhand der Bestandesmerkmale zu beschreiben, wie mittleren Durchmesser, mittlere Höhe und Bestandesdichte. Die letztere beschreibt man durch die Baumzahl, die Grundfläche und das Schaftvolumen je ha, bisweilen auch den Dichte-Index, einer Beziehung zwischen Baumzahl und dem mittleren Durchmesser oder der Oberhöhe. Auch der Zuwachs wird mitherangezogen. Diese Merkmale orientieren aber nur über die Reaktion des Bestandes, nicht die seiner Bäume auf dem ihnen gebotenen Standräumen. Das forstliche Betriebsziel betrifft aber nicht nur den Bestand, sondern legt auch die Zieldurchmesser für die Bäume fest. Für eine auf den Bestand ausgerichtete Durchforstungstechnik benötigt man Kenntnisse über den Raumbedarf der Bäume für ihr Wachstum, über die Beziehung zwischen Bestandesstandraum und Zuwachs. Dieser Standraum ist schwierig zu erfassen und nur aus den Merkmalen der Bäume und ihrer Stellung zu ihren Nachbarn (Fusspunktenkarte) zu erschliessen.

In dem bisher vorgeschlagenen Schätzverfahren wird die Standfläche als ein Polygon um den Baum mit Begrenzung durch die Nachbarn angenommen (Stöhr 1963, Brown 1965, Jack 1967, Schulz 1968, Adlard 1974, Jensen 1976, Weihe 1976, 1978). Bei allen diesen Verfahren werden die Standflächen aus den bei den Aufmessungen erhobenen Werten geschätzt. Spezielle Angaben über die Kronenradien oder die Überschildung werden nicht benötigt. Nachteilig an dem Verfahren ist es, dass die Flächen benachbarter Bäume sich überschneiden, weil die Polygonpunkte von den verschiedenen Bäumen aus nicht eindeutig bestimmt werden.

Hier wird ein neuer Vorschlag für die Standflächenschätzung ohne Polygonbildung gemacht. Für diese Schätzung wird die Bestandesfläche in kleine Quadra-

Samenvatting

De gemeten kenmerken van bosopstanden, zoals de gemiddelde diameter of de gemiddelde hoogte, het stamtal of het grondvlak per ha, zijn niet bruikbaar bij het bestuderen van de groei van individuele bomen in relatie met hun standruimte. De onderlinge concurrentie tussen de bomen, die hierbij een rol speelt, wordt in groeimodellen van individuele bomen vaak vertaald in een potentieel beschikbare groeiruilte. Deze laatste kan worden verkregen door in een opstand standruimte-polygonen te berekenen op grond van de afmetingen en de ruimtelijke verdeling van de bomen. Omdat de berekening van dergelijke polygonen enkele grote bezwaren kent, wordt hierbij een methode voorgesteld, waarbij groeiruilten worden berekend zonder standruimte-polygonen gebruik te maken. Deze methode is gebaseerd op een afstandsfactor U gelijk aan het kwadraat van de afstand. Met behulp van deze factor kan elk punt in een opstand aan een bepaalde boom worden toegewezen op grond van het domineren van zijn afstandsfactor. Het concurrentiegewicht van een boom wordt in dit artikel gelijkgesteld aan het spilhoutvolume tot een bepaalde exponent X . Deze laatste wordt bepaald uit de waargenomen diktegroei in een proefveld van douglas bij Kootwijk. Het blijkt, dat X gemiddeld op 1.68 gesteld kan worden. Behalve de grootte (GR) van de groeiruilte levert de methode een maat voor de concurrentiedruk (UG) en voor de excentriciteit (EX) op. Voor de toepassing van de methode is een computerprogramma geschreven, dat op aanvraag beschikbaar is. Naar verwachting zal de methode gebruikt kunnen worden bij de bestudering en begeleiding van de groei van toekomstbomen voor de teelt van kwaliteitshout.

te zerlegt, die je nach den Verhältnissen (mittlere Standfläche der Bäume) und die Schätzgenauigkeit ein bis mehrere Quadratdezimeter gross sein können. Die Zuteilung des Quadrates an einem Baum erfolgt mit dem Distanzfaktor U :

$$U = \frac{V^x}{A^2}$$

In dieser Formel bedeutet V^x das Konkurrenzgewicht und A den Abstand des Baumes vom Zuteilungsquadrat. Der Exponent X ist zunächst noch unbekannt. Sobald genügend Erfahrungen über die Bestimmungsgrößen für das Konkurrenzgewicht bekannt sind, wird man dieses aus den Baummerkmalen schätzen können. In der hier beschriebenen Anfangsphase wird der Exponent durch heranziehen des Zuwachses in einem iterativen Optimierungsprozess geschätzt.

Darstellung des Schätzverfahrens

Als Bestimmungsgröße für das Konkurrenzgewicht wird hier der Zuwachs verwendet. Die Standflächenschätzung erfolgt hier im Erprobungsstadium in drei Schritten: Im ersten Schritt wird die volumengerechte, im zweiten die zuwachsgerichte Standfläche geschätzt und im dritten Schritt wird zwischen den beiden durch iterativen Optimierung des Exponenten X ausgeglichen.

Für die Schätzung wird die Bestandesfläche in kleine Quadrate zerlegt. Ein Quadrat kommt dem Baum mit dem grössten Distanzfaktor zu, (Abbildung 1), im Rechenprogramm fragt der Rechner die Quadrate zeilenweise ab. Die Summe aller einem Baum zugeordneten Quadrate ergibt dessen volumengerechte Standfläche (GR).

Der Rechner speichert die Koordinaten der Grenzquadrate, also der Quadrate die am Übergang vom Distanzfaktor eines Baumes zu dem seines Nachbarn liegen. Mit diesen zeichnet er die Standflächenkarte. Der Konkurrenzdruck (UG) für den Baum auf seiner Standfläche drückt sich in dem Mittelwert der Distanzfaktoren (mit Exponent gleich 1.0) seiner Grenzquadrate auf. Er wird als ein flächenbezogenes Volumen in dm^3/m^2 bezeichnet. Der Konkurrenzdruck verteilt sich in der Regel nicht gleichmässig auf der Umfanglinie der Standfläche, weil der Baum meistens exzentrisch in seiner Standfläche steht. Diese Exzentrizität wird in dem Verfahren des weiteren bestimmt, um

Aufschluss über ihren Einfluss auf den Zuwachs zu gewinnen. Sie wird mit der folgenden Formel geschätzt:
 $EX = UG \cdot GR / (\pi V) =$

$$GR \cdot \sum \frac{1}{A^2}$$

$\pi \cdot \eta$

Der Konkurrenzdruck und die Exzentrizität werden zur Zeit noch nicht in der Standflächenschätzung berücksichtigt. Ein Baum in der Mitte seiner Standfläche hat die Exzentrizität mit dem Wert 1,0. Mit der seitlichen Verlagerung der Standfläche steigt diesen Wert an.

Die so geschätzte volumengerechte Standfläche hat also drei Merkmale:

- GR = Grösse
- UG = Konkurrenzdruck
- EX = Exzentrizität

Die zuwachsgerichte Standfläche

Unter der Bedingung einer gleichmässigen Verteilung der Bäume erhält ein jeder Baum einen seinem Zuwachs entsprechenden Anteil an der Gesamtfläche. Aus Gründen der Einfachheit wird hier nur der Grundflächenzuwachs (gz) herangezogen. Die zuwachsgerichte Anteilsfläche lässt sich demnach mit folgendem Ansatz schätzen:

$$CALC = gz \cdot F / \Sigma$$

Hierin bedeutet F die Bestandesfläche und Σ (gz) den gesamten Grundflächenzuwachs der Bäume auf der Fläche.

Ausgleich zwischen den beiden Schätzungen

In einem dritten Schritt wird der Ausgleich zwischen den beiden Schätzungen mit Hilfe des Exponenten X in der erwähnten Formel $U = V^x/A^2$ vorgenommen. Für diesen Zweck werden die partiellen Korrelationskoeffizienten 14.23 der volumengerechten und der zuwachsgerichte Standfläche bei verschiedenen Exponenten X und zwar ab 0.75 bis 2.75 mit einer Staffe-lung von z.B. 0.25 geschätzt.

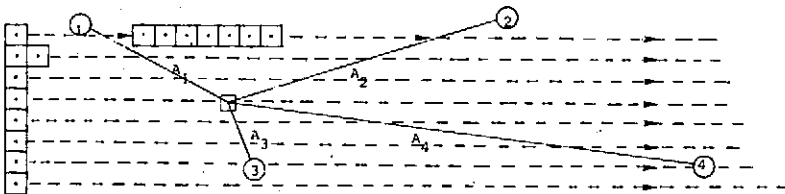


Abb. 1 Für die Schätzung wird die Bestandesfläche in kleine Quadrate zerlegt.
 Fig. 1 Een gridnet met een maaswijdte van 1 of meer dm wordt afgetast, elk vierkantje wordt aan die boom toegewezen, waar- van de afstandsfactor V^x/A^2 het grootste is, optelling per boom geeft de groeiruiten.

In diesen partiellen Korrelationskoeffizienten bedeuten:

- 1 Volumengerechte Standfläche (GR)
- 2 Konkurrenzdruck (UG)
- 3 Exzentrizität (EX)
- 4 Zuwachsgerechte Standfläche (CALC)

Der Exponent, mit dem der höchste partielle Korrelationskoeffizient gefunden worden ist, wird darauf in die Schätzformel $U = V^x/A^2$ eingesetzt und mit ihm wird die Standfläche endgültig geschätzt und gezeichnet.

Beispiel für die Anwendung

Das beschriebene Schätzverfahren für die Standflächen in einem Bestand sei hier am Beispiel einer Douglasienversuchsfläche erläutert. Diese Versuchsfläche ist in 1923 in einem damals 16-jährigen Bestande aus dem Pflanzverband 1.25×1.25 , angelegt worden. Dieser Bestand hatte zu Beginn der Durchforstungen seine maximale Dichte. Die Bestandesdaten lauten:

Jahr	Alter	Ho	G/ha
1923	16	10	39
1938	17	17	52

Bis die Versuchsfläche wegen starken Sturmwurfs im November 1973 aufgegeben werden musste, ist der Bestand 16 mal aufgemessen worden. Aus mancherlei technischen Gründen, die zu erörtern hier zu weit führen dürfte, sind die einzelnen Erhebungen nicht von gleicher Qualität. Tabelle 1 gibt ein Beispiel für die Optimierung des Exponenten X. In der Tabelle sind zu den Exponenten 1,00 bis 2,25 die einfachen und partiellen Korrelationskoeffizienten aufgeführt. Der partielle Korrelationskoeffizient R (14.23) ist mit dem Exponenten 1,75 am höchsten ausgefallen. Tabelle 2 nennt die in den Zuwachsabschnitten gefundenen höchsten partiellen Korrelationskoeffizienten und die ihnen zugehörigen Exponenten. Trotz der mannigfaltigen Messfehler waren die partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen den volumengerechten und den zuwachsgerechten Standflächen meistens signifikant: hier unterstrichen bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit. Der Zusammenhang lockert sich, wenn die Bäume unmittelbar nach einer Durchforstung den neu zugekommenen Standraum noch nicht einbezogen haben, also

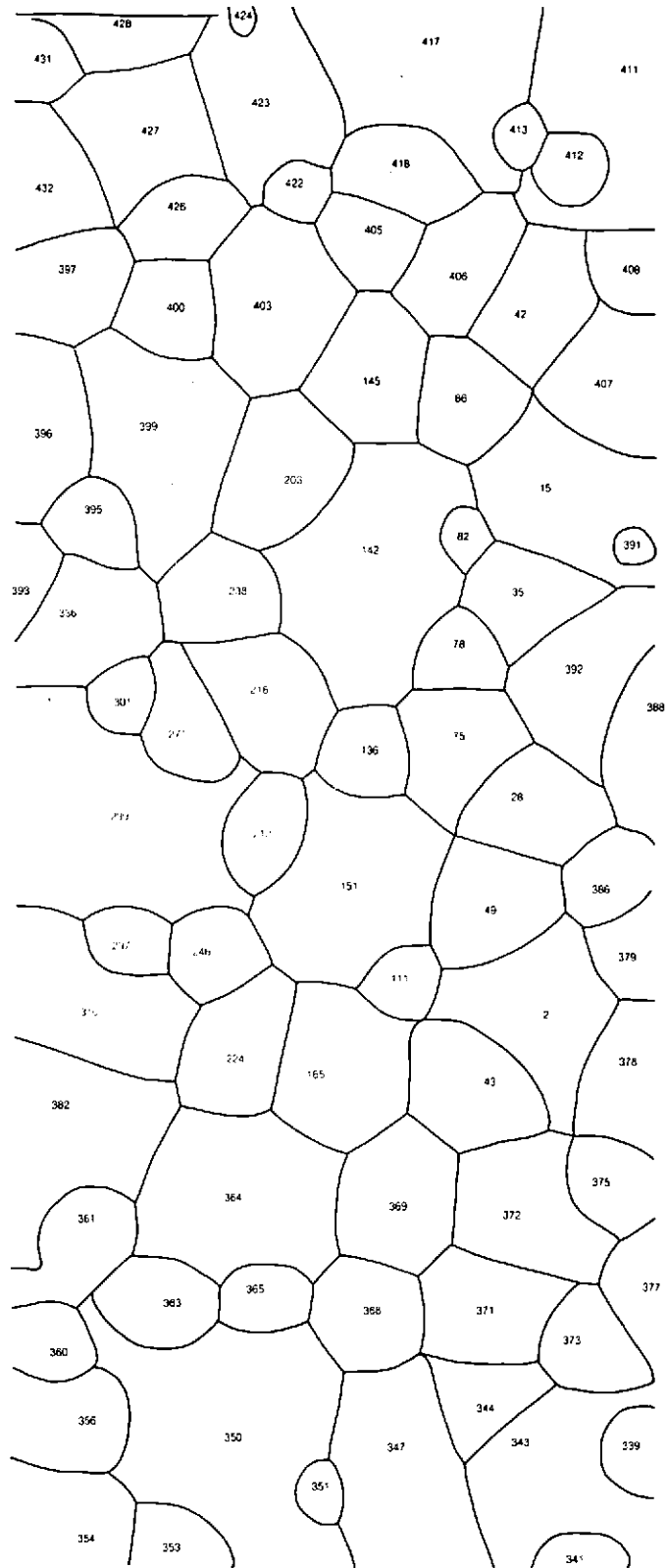


Abb. 2 Standflächenkarte der Douglasienversuchsfläche im Jahre 1958.

Fig. 2 Plattegrond van de groeiruiten in proefperk douglas 2a Kootwijk in 1958.

die Konkurrenz unter den Bäumen noch nicht hergestellt ist. In diesem Falle ist die wirkliche Standfläche kleiner als die potentielle, bei der Flächenaufteilung geschätzte. Diese Konkurrenz zwischen den Bäumen stellt sich in älteren Beständen mit ihrer nachlassender Wachstumsgeschwindigkeit langsamer als in jungen ein. Deshalb bleibt hier die Standflächenschätzung nach einer Durchforstung über längere Zeit unsicher. Tabelle 3 gibt einen Teil der Uebersicht mit den interessierenden Daten für die Bäume der Versuchsfläche im Jahre 1958. Die Abbildung 2 enthält einen Ausschnitt aus der Standflächenkarte des zur Zeit 50-jährigen Douglasienbestandes.

Das Rechenprogramm ist in Fortran IV+ hergestellt worden von A. M. Lubbers-Blom, es steht Interessenten zur Einsicht zur Verfügung.

Literatur

- Stöhr, F. E. 1963. Erweiterungsmöglichkeit der Winkelzählprobe. Diss. Freiburg.
- Brown, G. S. 1965. Point density in stems per acre. Nw. Z. For. Res. Note, nr. 38.
- Jack, W. H. 1967. Single tree sampling in even aged plantations for survey and experimentation. Proc. 14e IUFRO Congr. München VI (25): 379-403.
- Schultz, B. 1968. Programm zur Berechnung des Standraumes in einschichtigen Beständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 139 (10): 232-234.
- Prodan, M. 1968. Einzelbaum Stichprobe und Versuchsfläche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 139 (11): 239-248.
- Weihe, J. 1976. Zur Standflächenschätzung in Reinbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 147 (4): 75-78.
- Weihe, J. 1978. Die Schätzung von Grössen und Grenzen der Standflächen im einschichtigen Reinbestand. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 149 (2/3): 40-44.
- Adlard, P. G. 1974. Development of an empirical competition model for individual trees within a stand. Growth Models for Tree and Stand Simulation, IUFRO S4.01-4 Res. Note 30 Skogshögskolan, Stockholm.
- Jensen, A. M. 1976. Growing space measurements, a complement in thinning experiments. In: Aspects of thinning. For. Comm. Bull. 55 London: 72-80.

Tabelle 1 Optimierung des Exponenten X für die Periode 1931-1933

X	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₂₃	R ₂₄	R ₃₄	R _{12,34}	R _{13,24}	R _{14,23}	R _{23,14}	R _{24,13}	R _{34,12}
1.00	-0.5202	-0.4145	+0.7416	+0.5588	-0.3062	-0.3545	-0.4022	-0.0126	+0.7054	+0.4580	+0.1932	-0.1557
1.25	-0.6392	-0.4686	+0.7516	+0.7356	-0.4566	-0.3962	-0.4444	+0.0956	+0.6756	+0.6480	+0.1249	-0.1380
1.50	-0.5866	-0.5204	+0.7569	+0.7502	-0.4455	-0.4536	-0.3139	-0.0172	+0.6745	+0.6467	+0.0866	-0.1373
1.75	-0.3983	-0.4204	+0.7601	+0.9309	-0.3095	-0.3688	-0.1336	+0.0326	+0.7233	+0.9196	+0.1648	-0.1839
2.00	-0.3637	-0.4336	+0.7586	+0.9237	-0.3064	-0.4051	-0.0435	-0.0457	+0.7042	+0.9150	+0.1679	-0.2052
2.25	-0.4136	-0.4394	+0.7526	+0.9486	-0.3728	-0.4271	-0.0946	+0.0206	+0.6988	+0.9384	+0.1468	-0.1935

Tabel 1 Optimering van de exponent X over de periode 1931-1933

Tabelle 2 Einfachen und partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen GR (1), UG (2), EX (3) und CALC (4)

Periode	R _{4,123}	Exp.	N	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₂₃	R ₂₄	R ₃₄	R _{12,34}	R _{13,24}	R _{14,23}	R _{23,14}	R _{24,13}	R _{34,12}
1923/28	0.802	1.70	219	-0.629	-0.315	+0.796	+0.615	-0.434	-0.239	-0.498	+0.132	+0.747	+0.568	+0.156	-0.073
1928/31	0.860	1.75	174	-0.531	-0.392	+0.860	+0.738	-0.460	-0.340	-0.219	+0.001	+0.818	+0.679	-0.006	-0.001
1931/33	0.762	1.50	131	-0.587	-0.520	+0.757	+0.750	-0.446	-0.454	-0.314	-0.017	+0.674	+0.647	+0.087	-0.137
1933/38	0.887	1.50	62	-0.704	-0.552	+0.881	+0.781	-0.555	-0.461	-0.454	+0.070	+0.831	+0.664	+0.202	-0.087
1938/43	0.865	2.00	44	-0.567	-0.248	+0.858	+0.555	-0.424	-0.111	-0.340	-0.072	+0.827	+0.505	+0.049	+0.153
1943/48	0.804	1.25	29	-0.508	-0.212	+0.758	+0.248	-0.334	-0.402	-0.444	+0.233	+0.739	+0.218	+0.168	-0.401
1948/51	0.838	1.75	23	-0.640	-0.340	+0.827	+0.271	-0.443	-0.202	-0.514	-0.247	+0.792	+0.044	+0.191	+0.139
1951/53	0.722	1.75	72	-0.698	-0.296	+0.716	+0.485	-0.440	-0.139	-0.565	+0.010	+0.633	+0.399	+0.083	+0.067
1953/55	0.539	1.25	63	-0.585	-0.326	+0.534	+0.622	-0.284	-0.111	-0.454	+0.021	+0.470	+0.562	-0.004	+0.068
1955/58	0.747	2.25	54	-0.703	-0.226	+0.399	+0.331	-0.222	+0.520	-0.555	-0.303	+0.451	+0.257	-0.113	+0.688
1958/60	0.533	2.50	48	-0.703	-0.464	+0.324	+0.508	-0.321	-0.526	-0.609	-0.124	+0.078	+0.256	-0.010	-0.430
1960/64	0.522	1.50	39	-0.745	-0.309	+0.501	+0.318	-0.466	-0.217	-0.647	-0.096	+0.254	+0.129	-0.152	-0.054
1964/72	0.491	1.00	34	-0.610	-0.069	+0.483	+0.010	-0.356	+0.016	-0.536	-0.092	+0.362	-0.035	-0.087	+0.053
1966/72	0.521	1.00	34	-0.614	-0.079	+0.516	+0.029	-0.353	-0.091	-0.540	-0.047	+0.402	-0.028	-0.054	-0.060
1966/73	0.658	2.25	34	-0.853	-0.370	+0.656	+0.403	-0.533	-0.222	-0.785	-0.056	+0.456	+0.179	+0.064	+0.018

Tabel 2 Correlaties tussen GR (1), UG (2), EX (3) en CALC (4) in het proefveld Douglas 2(A) bij Kootwijk

Tabelle 3 Baumnummer (NR), Koordinaten, Durchmesser und Höhe, volumengerechte Standflächengröße (GR), Konkurrenzdruck (UG) und Exzentrizität (EX) und zuwachsgerichte Standflächengröße (CALC). Versuchsfläche D2a, Kootwijk 1958

Nr	X	Y	D	H	V	GR	UG	EX	CALC
28	230	354	28.8	26.3	754.	21.27	123.73	1.110	8.51
35	230	444	33.8	28.6	1095.	18.99	179.98	0.994	60.76
42	230	566	31.4	27.8	932.	22.88	144.63	1.131	27.99
48	218	300	32.5	28.1	1005.	24.02	150.27	1.143	47.99
49	218	304	30.4	27.8	881.	23.36	119.96	1.012	45.48
75	204	380	31.4	27.8	932.	22.07	136.87	1.032	27.99
78	204	420	29.9	27.2	834.	10.60	254.28	1.028	31.17
82	204	468	26.8	26.5	669.	4.18	573.17	1.140	15.90
86	204	530	32.2	27.6	969.	18.30	173.58	1.044	28.70
111	178	274	25.8	25.3	595.	8.80	224.72	1.058	7.62
136	166	374	27.6	25.8	685.	12.87	177.07	1.059	24.64
142	166	462	43.0	29.1	1715.	64.39	89.08	1.065	12.69
145	166	536	33.2	28.4	1053.	24.35	143.93	1.059	24.62
151	156	314	35.8	27.6	1170.	49.61	73.94	0.998	31.88
165	142	230	33.0	30.1	1109.	31.68	128.33	1.167	29.41
203	130	494	34.9	29.5	1200.	27.61	145.44	1.066	31.08
212	116	336	29.0	26.8	778.	13.82	186.40	1.054	0.00
216	116	400	31.8	27.9	958.	26.36	115.37	1.010	57.22
224	106	236	34.6	28.4	1135.	23.17	166.96	1.085	41.21
238	106	444	29.9	27.2	834.	19.91	148.83	1.130	8.83
246	90	282	29.4	26.9	803.	13.79	197.60	1.080	8.68
271	78	378	31.5	27.8	938.	14.92	219.57	1.112	61.52
297	54	286	31.6	27.8	945.	9.28	359.67	1.124	0.00
301	54	392	26.9	25.7	653.	7.52	320.32	1.174	0.00
344	218	84	35.9	29.9	1280.	13.90	351.00	1.213	5.29
351	142	50	26.8	27.9	706.	4.22	596.46	1.133	7.92
363	78	132	31.0	28.3	930.	16.02	197.37	1.083	23.00
364	106	178	40.7	29.1	1555.	49.10	99.30	0.998	30.14
365	116	136	30.8	27.5	892.	10.34	293.66	1.083	18.25
368	166	126	32.8	28.2	1026.	19.40	166.85	1.004	29.23
369	178	174	33.2	28.4	1053.	25.96	130.18	1.022	9.80
371	218	128	35.2	29.8	1231.	23.80	164.66	1.013	26.09
372	230	170	34.4	28.7	1136.	29.59	127.17	1.054	5.07
373	256	116	29.2	26.9	790.	14.89	185.94	1.115	8.62
386	268	314	25.1	24.7	554.	13.42	156.14	1.205	0.00
391	280	468	20.6	21.8	340.	2.46	518.49	1.193	9.16
395	40	480	28.9	26.7	772.	12.10	213.38	1.065	21.45
399	66	516	37.4	29.3	1347.	46.79	94.13	1.041	44.51
400	78	568	31.0	27.6	905.	15.44	198.62	1.078	9.15
403	116	568	34.0	29.0	1125.	34.94	108.45	1.073	30.29
405	166	602	28.8	26.7	766.	13.64	195.58	1.109	17.07
406	204	582	31.0	27.6	905.	21.01	155.54	1.149	18.37
412	256	638	27.0	25.8	659.	8.51	285.18	1.172	24.11
413	230	648	24.5	24.4	522.	4.84	369.42	1.090	33.05
418	178	632	31.2	27.7	918.	19.03	161.07	1.062	9.21
422	130	624	24.6	23.7	510.	5.76	319.23	1.147	0.00
426	78	612	31.1	25.3	830.	13.42	224.99	1.158	9.18
427	66	644	35.4	29.0	1207.	31.61	124.14	1.035	58.20

Tabel 3 Boomnummer X- en Y-coördinaten, diameter, hoogte, potentiële groeirimte (GR), concurrentiedruk (UG), exzentriceit (EX) en de voor de groei gebruikte ruimte (CALC). Proefveld D2a, Kootwijk 1958