

Vitaliteitsbeoordeling van douglas aan de hand van luchtfotografie, kroonaanzicht en jaarringanalyse

Vitality assessment of Douglas fir with aerial photography, crown appearance and ring width analysis

J. A. M. van den Ancker*, I. de Kort**, J. van Oudenaarden**

Inleiding

Met de "zure regen" problematiek is het meten van de vitaliteit van bomen een belangrijk thema geworden. In het algemeen gebeurt dit aan de hand van het uiterlijk van de kroon (FAO-EFC, 1985; Staatsbosbeheer, 1984; 1985; 1986a). Een vitale naaldboom heeft een optimale naaldbezetting; de naalden zullen optimaal fotosynthesiseren en zijn dus donkergroen; de kroon is goed ontwikkeld en heeft een soortspecifiek vertakkingspatroon. Het kroon uiterlijk kan vanaf de grond beschreven worden en met behulp van kleuren infrarood luchtfoto's ook vanuit de lucht.

Men mag verwachten, dat er een zekere relatie zal bestaan tussen de beoordeling van de kroon vanaf de grond en vanaf de luchtfoto's. Verder mag verondersteld worden, dat verschillen in vitaliteit zich ook zullen uiten in verschillen in groei. Een verminderde hoeveelheid naalden kan een verminderde fotosynthese-capaciteit tot gevolg hebben. Dat zal dan weer resulteren in een verandering in de hoeveelheid gevormde bouwstoffen, die nodig zijn voor de groei. Men mag dus een relatie tussen hoeveelheid naalden en jaarringbreedte verwachten.

Bovenstaande beoordelingsmethoden hebben ieder zo hun specifieke voor- en nadelen, maar worden wel algemeen gebruikt (Baas & Bauch, 1986; Bauch et al., 1983; Kenk et al. 1984; Kenneweg, 1980; Röhle & Schmidt, 1987; Schweingruber, 1986; Staatsbosbeheer, 1984; 1985; 1986a; Tépassé, 1984).

In dit artikel zal een vergelijking gemaakt worden tussen vitaliteitsbeoordelingen van kronen van douglas vanaf de grond, met behulp van kleuren infrarood luchtfoto's en op basis van jaarringanalyse.

Beschrijvingen van de onderzochte percelen

Om de drie bovengenoemde methoden te kunnen vergelijken werd in een viertal percelen ten westen van Apeldoorn een aantal douglasbomen (*Pseudotsuga*

Summary

*In this article three methods to assess the vitality of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) are compared. The vitality of 44 trees of four stands of varying age was assessed with color infrared aerial photographs (scale 1:2500), terrestrial crown appearance and ring width analysis.*

A slight correlation was found between vitality classes based on terrestrial and aerial photographic appearance of the crown. An even weaker correlation was found between crown appearance and growth ring patterns. Within stands differences in growth ring patterns correspond with social position of the trees. Variations in growth ring patterns of trees of different stands are mainly based on management and soil conditions. In these patterns of the investigated stands only minor signs were found for a declining vitality. Only in the two older stands (65-70 years old) ring widths of some trees decreased to ca 1 mm.

menziesii (Mirb.) Franco) met variërend kroon uiterlijk geselecteerd.

De opstanden zijn zo gekozen, dat er een variatie bestaat wat betreft bodem (Konsten, 1985; Kuper), leeftijd en opstandssamenstelling. De opstanden zijn alle omringd door uitgestrekte bossen, in een voor Nederland relatief schoon gebied wat betreft gemeten concentraties luchtverontreiniging.

Vak 36a in Boswachterij Ugchelen-Hoenderloo is in 1951/52 aangelegd op een grindrijke, sterk tot zeer sterk lemige holtpodzol. De douglas is aangeplant onder een scherm van eikenspaartelgen. In 1958/59 vond de eindkap van de eiken plaats. In 1976/77 is er gedund volgens een systeem, waarbij toekomstbomen geselecteerd werden. In 1983 was de opperhoogte ca. 19 m, de gemiddelde diameter op borsthoogte ca. 23 cm en het grondvlak/ha 22 m². Bij de bemonstering in april 1986 was de opstand volledig gesloten. Er werden 13 bomen bemonsterd.

Vak 55b in Boswachterij Ugchelen-Hoenderloo is in 1933/34 aangelegd op grindhoudend, leemarm fijn zand, of leemarme, matig fijn tot grof zandige duinvaag-

* De Dorschkamp, Wageningen.
** Rijksherbarium, Leiden.

grond. Voor de aanleg heeft de bodem een gift van 2000 kg kalkmergel, 1000 kg kalizout en 2700 kg slakkenmeel per ha gekregen. Tevens werd groenbemesting met lupine toegepast. Dunningen vonden plaats in 1958/59, 1959/60, 1967/68 en 1977/78. Bij opname in 1983 was de opperhoogte en de gemiddelde diameter op borsthoogte hetzelfde als in vak 36a (h=18 m, d=23 cm), ondanks het leeftijdsverschil van 19 jaar. Het grondvlak/ha was 21 m². Bij de bemonstering in april 1986 was de opstand vrijwel geheel gesloten en bestond uit ca. 70% uit douglas en ca. 30% uit Japanse lariks. Uit deze opstand zijn 15 douglasbomen bemonsterd.

Vak 128g in Boswachterij Uddel-West is in 1915 aangelegd op een haarpodzol. Aanleggegevens zijn niet beschikbaar, dunningsgegevens pas vanaf 1965. Er hebben in 1973 en 1979 dunningen plaatsgevonden. Bij de bemonstering in april 1986 was de opstand vrijwel gesloten en bestond uit een menging van douglas, lariks, fijnspar, beuk en eik. Hier werden 8 douglasbomen bemonsterd.

Vak 127h in Boswachterij Uddel-West is in 1919 aangelegd op een hofpodzol. Aanleggegevens zijn niet beschikbaar, dunningsgegevens pas vanaf 1965. De omvangrijkste dunning vond plaats in 1969. De opstand was ten tijde van de bemonstering (eind april 1986) erg open en bestond uitsluitend uit douglas met een vrijwel bodembedekkende ondergroei van ca. 10-15-jarige opslag van douglas. Hier werden 8 bomen bemonsterd.

Vitaliteitsbepalingen

a Beoordeling van de kroon vanaf de grond

De kroonbeoordelingen vanaf de grond zijn in april 1986 gedaan. Er is gebruik gemaakt van de vitaliteitsklassificering van het Staatsbosbeheer (1986b). Aan de hand van het geschatte percentage naaldverlies en het percentage naaldverkleuring werden de bomen in klassen ingedeeld (tabel 1). Een vitale boom is gedefinieerd als een boom met een volle kroon met een lichtafscherming van meer dan 95% en een naaldbezetting van vijf naaldjaargangen.

b Beoordeling van de kroon vanaf de luchtfoto

De kleuren-infrarood luchtfoto's zijn gemaakt op 27 september 1985 op een schaal van 1:2500. De foto's zijn in verband met het vereffenen van belichtingsverschillen in noord-zuid richting gevlogen. De foto-interpretatie werd gedaan bij een vergroting van 4,5 x.

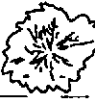

De vitaliteit van de douglas op de kleuren-infrarood luchtfoto's is beschreven aan de hand van de kleur van de boom en van de boomvorm (Van den Ancker, 1986; Murtha, 1972). In principe geldt: hoe meer de boomkleur

Tabel 1 Vitaliteitsklassen op basis van kroonbeoordeling vanaf de grond.

% Naaldverlies	% vergeling		
	0-25	26-60	61-100
0- 10	1	2	3
11- 25	2	3	3
26- 60	3	4	4
61-100	4	4	4

van magentarood naar roze en rozewit verschoven is, des te geringer is de vitaliteit. Er is een onderscheid gemaakt in de verkleuring van de top en de rest van de kroon. Wanneer het aantal zijtakken en twijgen van een boom beneden een bepaald minimum komt, wordt dit ook als vitaliteitsverlies aangemerkt. Tabel 2 geeft schematisch het vitaliteitsverlies van douglas weer, zoals dit op een luchtfoto kan worden waargenomen.

Tabel 2 Vitaliteitsklassen op basis van kroonbeoordeling vanaf kleuren infrarood luchtfoto's.

		kroonvorm			
		vol of matig vol	niet vol	ster vormig	
kroonkleur					
					
kroonmidden	kroon-top				
rood	rood	0	1	1	
	rozerood	1	1	2	
roze	rozerood	2	2	3	
rood	roze	2	3	3	
	rozewit	3	4	4	
roze	roze	3	4	5	
	rozewit	3	4	5	
rozewit	rozewit	—	5	5	

c Beoordeling op basis van jaarringbreedtes

Jaarringanalyse biedt de mogelijkheid om als het ware terug te kijken in de tijd. Van elke geselecteerde boom werden in april 1986 met behulp van een aanwasboor op borsthoogte (1,30 m) houtmonsters genomen aan de noord-, zuid-, west- en oostzijde van de stam. Er werden heersende en mede-heersende bomen bemonsterd.

Van de boommonsters werden de breedtes van de jaarringen gemeten. Van iedere boom werden de jaarringbreedtes van de vier boorspanen per jaar gemiddeld. Per boom werd zo een gemiddelde jaarringcurve verkregen. Deze boomcurves werden met elkaar vergeleken. Er werd vanuit gegaan dat een vitalere boom in de laatste vijf tot tien jaar gemiddeld bredere jaarringen heeft dan een minder vitale. Nagegaan werd of nu zicht-

bare vitaliteitsverschillen in het verleden ook al tot uiting kwamen.

Binnen elk perceel werden groepjes gevormd van bomen met eenzelfde jaarringpatroon. Er werd niet alleen gekeken naar de jaarringbreedte in de laatste vijf tot tien jaar, maar ook naar de jaarringbreedtes, en de veranderingen daarin, van alle voorgaande jaren. Van deze groepjes werd, door de jaarringcurves van de bomen per jaar te middelen, een gemiddelde groepsjaarringcurve berekend. In elk perceel werden de groepscurven, met elkaar vergeleken. Tenslotte werden de vier percelen met elkaar vergeleken.

Resultaten

a Kroonbeoordelingen

In tabel 3 zijn de verdelingen van de aantallen bomen over de vitaliteitsklassen volgens de twee beoordelingsmethoden tegen elkaar uitgezet. Luchtfotoklasse 0, geheel vitaal, blijkt niet voor te komen, terwijl er vanaf de grond elf bomen als vitaal zijn beoordeeld. Luchtfotoklasse 5, zeer sterk aangetast, komt ook niet voor. De klassen, die op de waarnemingen vanaf de grond gebaseerd zijn, blijken wel alle vier vertegenwoordigd te zijn.

Er lijkt een ruwe overeenkomst te bestaan tussen de indelingen op basis van luchtfoto's en terrestrische kroonbeoordeling. Als van beide indelingen de klasse 1 en 2 en de klasse 3 en 4 bij elkaar genomen worden, dan blijkt dat 38,6% van de bomen (17 stuks) zowel tot de luchtklasse 1 of 2 als tot grondklasse 1 of 2 behoort, terwijl 43,2% van de bomen (19 stuks) zowel tot de luchtklasse 3 of 4 behoort als tot grondklasse 3 of 4. De chikwadraat-toets wees met een hoge mate van significantie (eenzijdige overschrijdingskans van 0,5%) uit, dat dit niet op toeval berust. Met de chikwadraatwaarde werd een correlatie van 0,64 tussen de beide indelingen berekend. Bij het vergelijken van de afzonderlijke klassen is de correlatie iets minder (0,53). Maar ook hier

wees de chikwadraat-toets met hoge significantie (eenzijdige overschrijdingskans 0,5%) uit dat de verdeling van de bomen over de diverse klassen niet op toeval berust.

b Jaarringpatronen

De gemiddelde jaarringcurves van de in elk perceel gevormde groepen zijn per perceel in de figuren 1 tot en met 4 weergegeven. De meeste groepen bestaan uit drie of vier bomen, sommige groepen slechts uit één of twee bomen. De volgorde van de groepen in een perceel werd bepaald door de gemiddelde jaarringbreedte in de laatste vijf tot tien jaar. Binnen elk perceel geldt; hoe hoger de gemiddelde jaarringbreedte des te vitaler de groep en hoe eerder in het alfabet.

In vak 36a (Ugchelen) zijn vier groepen onderscheiden: A (4 bomen), B (2 bomen), C (4 bomen) en D (3 bomen). De "toekomstbomen"-dunning (1976/1977) heeft voor de groepen A, B en D invloed op de jaarringbreedte gehad. Vooral groep B heeft zeer geprofiteerd van de dunning, terwijl groep D, die tot dan toe ongeveer dezelfde jaarringbreedtes had, in veel mindere mate schijnt te hebben geprofiteerd. De dunning heeft nauwelijks invloed gehad op de jaarringbreedtes van groep C. In vak 55b (Ugchelen) zijn vijf groepen onderscheiden: E (4 bomen), F (2 bomen), G (4 bomen), H (2 bomen) en I (3 bomen). De dunning van 1959 heeft vooral voor groep F en in mindere mate ook voor groep E en G bredere jaarringen opgeleverd. De droge zomer van 1976 en de dunning in het daaropvolgende jaar heeft een verschuiving in jaarringbreedte tot gevolg gehad, waarbij groep E bredere jaarringen heeft dan groep F, die in de periode ervoor de breedste ringen had.

In vak 128g (Uddel) zijn vier groepen onderscheiden: J (3 bomen), K (2 bomen), L (1 boom) en M (2 bomen). Dunningsgegevens zijn pas vanaf 1965 bekend, maar in de jaarringpatronen lijken tot die tijd geen duidelijke veranderingen op te treden, die het gevolg zouden kunnen zijn van dunningen. Op de dunning van 1979 reage-

Tabel 3 Vergelijking van de verdeling van het aantal bomen over de diverse klassen van de twee vitaliteitsindelingen met tussen haakjes de percentages van het totaal aantal onderzochte bomen.

luchtklasse	grondklasse				totaal (%)
	1	2	3	4	
1	4 (9,1)	2 (4,5)	1 (2,3)	—	7 (15,9)
2	7 (15,9)	4 (9,1)	2 (4,5)	2 (4,5)	15 (34,0)
3	—	2 (4,5)	10 (22,7)	3 (6,8)	15 (34,0)
4	—	1 (2,3)	3 (6,8)	3 (6,8)	7 (15,9)
totaal	11	9	16	8	44
%	(25,0)	(20,4)	(36,3)	(18,1)	(100)

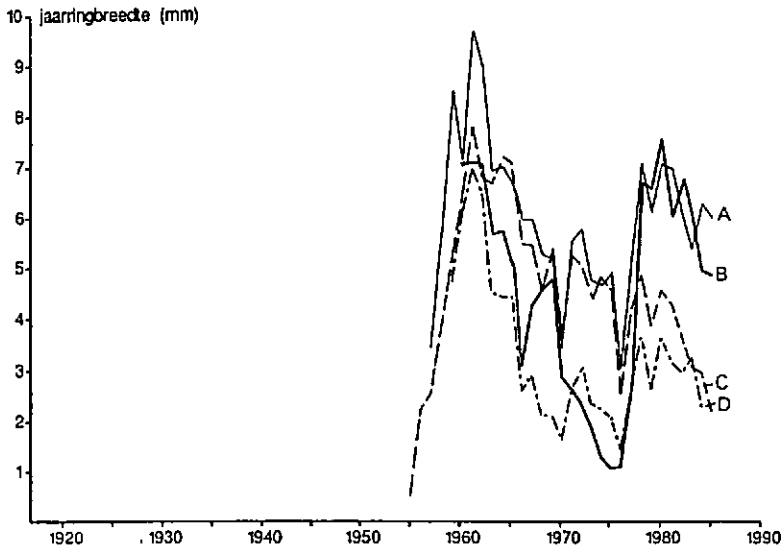


Fig. 1 Boswachterij Ugchelen-Hoenderloo: vak 36a. Gemiddelde jaarringcurves (in mm) van de groepen A (—, 4 bomen), B (—, 2 bomen), C (---, 4 bomen) en D (....., 3 bomen).

Fig. 1 Ugchelen-Hoenderloo: stand 36a. Average ring width (in mm) of group A (—, 4 trees), B (—, 2 trees), C (---, 4 trees) and D (....., 3 trees).

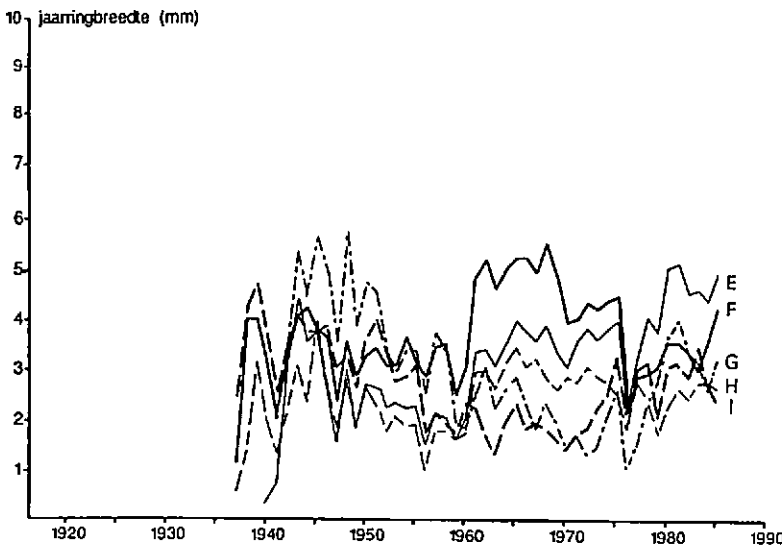


Fig. 2 Boswachterij Ugchelen-Hoenderloo: vak 55b. Gemiddelde jaarringcurves (in mm) van de groepen E (—, 4 bomen), F (—, 2 bomen), G (---, 4 bomen), H (---, 2 bomen) en I (....., 3 bomen).

Fig. 2 Ugchelen-Hoenderloo: stand 55b. Average ring width (in mm) of group E (—, 4 trees), F (—, 2 trees), G (---, 4 trees), H (---, 2 trees) and I (....., 3 trees).

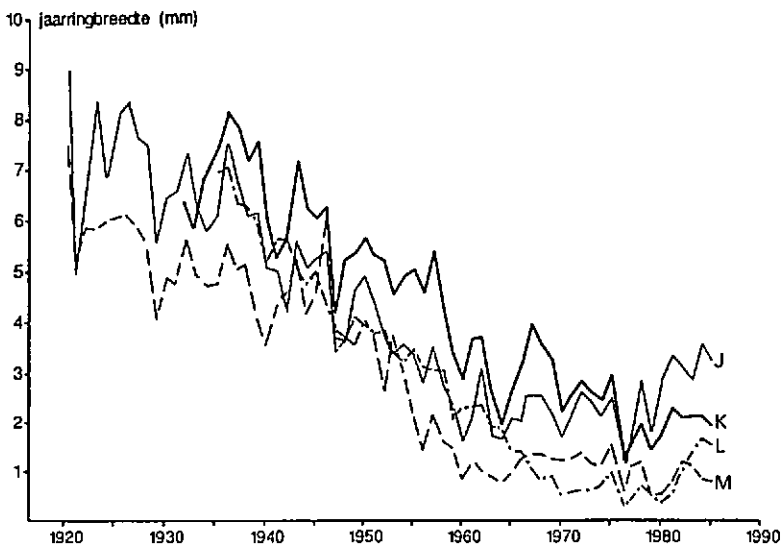
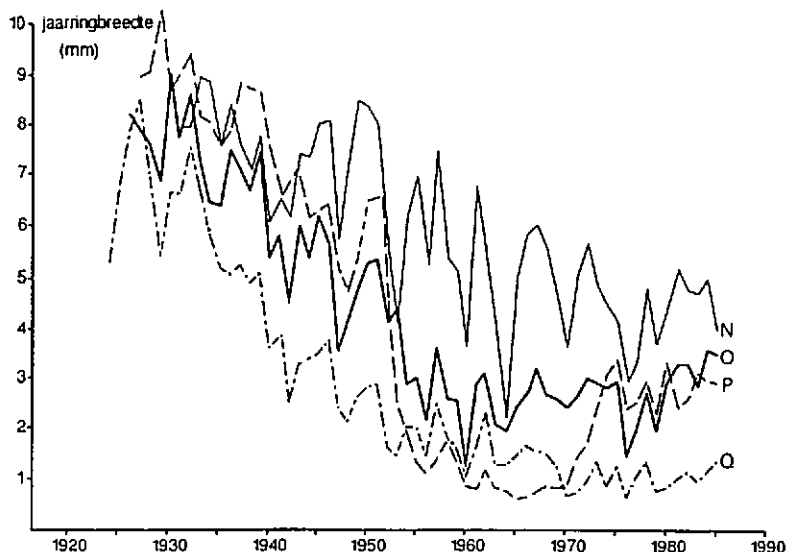


Fig. 3 Boswachterij Uddel-West: vak 128g. Gemiddelde jaarringcurves (in mm) van de groepen J (—, 3 bomen), K (—, 2 bomen), L (....., 1 boom) en M (---, 2 bomen).

Fig. 3 Uddel-West: stand 129f. Average ring width (in mm) of group J (—, 3 trees), K (—, 2 trees), L (....., 1 tree) and M (---, 2 trees).

Fig. 4 Boswachterij Uddel-West: vak 127h. Gemiddelde jaarringcurves (in mm) van de groepen N (—, 1 boom), O (—, 3 bomen), P (-----, 2 bomen) en Q (-.-.-.-, 2 bomen).

Fig. 4 Uddel-West: stand 134a. Average ring width (in mm) of group N (—, 1 tree), O (—, 3 trees), P (-----, 2 trees) and Q (-.-.-.-, 2 trees).



ren alle groepen met, min of meer, bredere jaarringen dan daarvoor.

In vak 127h (Uddel) zijn eveneens vier groepen onderscheiden: N (1 boom), O (3 bomen), P (2 bomen) en Q (2 bomen). Ook hier bestaan nauwelijks aanwijzingen voor invloed van dunningen op de jaarringbreedte. Alleen in groep P vindt na 1970 een abrupte groeitoename plaats, die het gevolg zal zijn van de dunning in 1969.

Als de groepen uit de verschillende percelen met elkaar vergeleken worden, blijken ze redelijk veel overeenkomsten te vertonen. Bepaalde pieken en dalen in jaarringbreedtes zijn voor alle percelen dezelfde. Een groot deel van de schommelingen werd kennelijk bepaald door factoren die voor alle vier de percelen hetzelfde waren. In dit geval spelen weersinvloeden waarschijnlijk een grote rol. De droge, warme zomer van 1976 bijvoorbeeld is in alle percelen terug te vinden als een smalle jaarring. Daarnaast zijn er natuurlijk ook opvallende verschillen. De bomen van de percelen op de betere gronden (haar- of holtpodzolen) hebben in hun jeugdfase bredere jaarringen (6-9 mm) gevormd dan de bomen op de, armere, duinvaaggrond (Ugchelen, vak 55b; 2-6 mm), ondanks de bijmesting bij de aanleg van dit laatste perceel. Verschillen tussen haar- en holtpodzolen zijn vrij gering: de jaarringen in de jeugdfase op de haarpodzol (Uddel, vak 128g) zijn iets smaller dan de jaarringen op de holtpodzolen. De verschillen in jaarringbreedte zijn nu niet meer zo duidelijk. In alle percelen zijn beter en slechter groeiende bomen te onderscheiden.

Als de even oude bomen uit de twee percelen in Uddel-West met elkaar vergeleken worden, valt het op, dat de jaarringbreedtes in vak 127h veel meer variatie vertonen, dan die in vak 128g. Daarnaast is het opvallend, dat de jaarringen in alle groepen van vak 127h na

1951 een enorme afname in breedte vertonen. Alleen "groep" N weet zich hier weer snel van te herstellen. In vak 128g is er ook wel een afname in jaarringbreedte, maar deze is veel geleidelijker; de abrupte veranderingen zijn niet voor iedere groep gelijk. Het jaarringpatroon van groep J van vak 128g blijkt vergelijkbaar te zijn met dat van groep O van vak 127h.

c Vergelijking van jaarringpatronen met kroonbeoordelingen

Bij de vergelijking van de jaarringgroepen in de verschillende percelen met de klassen van de kroonbeoordelingen vanaf de grond en vanaf de luchtfoto's (tabel 4) blijkt, dat er geen duidelijke verbanden te vinden zijn tussen de jaarringgroepen en de klassen, die op de twee vitaliteitsbeoordelingen van de kroon zijn gebaseerd.

In vak 36a (Ugchelen) hebben de groepen A en B in de laatste tien jaar de breedste jaarringen. De bomen uit deze groepen zijn vanaf de luchtfoto ingedeeld in klasse 1 of 2, maar vanaf de grond in klasse 1, 2 of 3. De groepen C en D, met veel smallere jaarringen in de laatste tien jaar dan de groepen A en B bestaan uit bomen, die vanaf de luchtfoto in klasse 2 of 4 zijn ingedeeld, en vanaf de grond in alle vier de klassen zijn geplaatst. In dit perceel is er dus nauwelijks een correlatie tussen de beide kroonbeoordelingsmethoden en de jaarringpatronen.

In vak 55b (Ugchelen) is er iets meer overeenkomst tussen de jaarringgroepen en de vitaliteitsindelingen gebaseerd op het kroon uiterlijk. De groepen E en F bevatten bomen, die in de grondklasse 1 of 2 zijn ingedeeld, maar vanaf de luchtfoto zijn de bomen in alle vier de klassen ingedeeld. Groep E heeft in de laatste tien jaar de breedste jaarringen gevormd (4,5-5,0 mm).

Groep F wijkt in die periode minder af van de overige groepen, maar heeft wel gemiddeld bredere jaarringen en dan vooral in de laatste twee jaar. De groepen G en H bestaan uit bomen die vanaf de grond in klasse 3 en vanaf de luchtfoto in klasse 3 of 4 zijn ingedeeld. Groep I bestaat uit 3 bomen, die vanaf de grond alle in klasse 3 en vanaf de luchtfoto in klasse 3 of 4 zijn ingedeeld. De gemiddelde jaarringbreedtes in de laatste tien jaar in de groepen G, H en I zijn lager dan die van E en in mindere mate ook van F. In dit perceel is er een correlatie tussen de jaarringpatronen en de grondbeoordeling. In mindere mate is er een correlatie tussen luchtfoto-beoordeling en jaarringpatroon.

In vak 128g (Uddel) bevatten groep J en K bomen, die zowel vanaf de grond als vanaf de luchtfoto in de klasse 1, 2 of 3 zijn ingedeeld. De groepen L en M bevatten bomen, die vanaf de grond in klasse 3 of 4 en vanaf de luchtfoto in klasse 3 zijn ingedeeld. De groepen L en M hebben de laatste jaren smallere jaarringen, dan de groepen J en K. In dit perceel is de correlatie van de jaarringpatronen met de terrestrische beoordeling en met de luchtfoto beoordeling matig.

In vak 127h (Uddel) heeft groep N, die uit 1 boom bestaat, altijd de breedste jaarringen gehad, maar is toch zowel vanaf de grond als vanaf de luchtfoto in klasse 3 ingedeeld. De groepen O en P hebben ongeveer even brede jaarringen het laatste decennium, lager dan van groep N, maar hoger dan van groep Q. Vanaf de grond

zijn de bomen uit de groepen O en P ingedeeld in klasse 2, 3 of 4 en vanaf de luchtfoto in klasse 1 of 2. Groep Q met gemiddeld de smalste jaarringen omvat bomen, die vanaf de grond in klasse 2 of 4 en vanaf de luchtfoto in klasse 3 zijn ingedeeld. In dit perceel is er nauwelijks een correlatie tussen de jaarringpatronen en de beide kroonbeoordelingsmethoden.

Als de jaarringpatronen van bomen, die nu op hun uiterlijk in de lagere vitaliteitsklassen zijn ingedeeld, bekeken worden, blijkt er noch in de laatste vijf tot tien jaar noch verder terug in het verleden aanwijzingen te vinden van een achteruitgaande vitaliteit.

Discussie en conclusies

Een vergelijking van de drie methoden om de vitaliteit van douglas te bepalen laat zien, dat er geen eenduidig verband is tussen de resultaten van de drie beoordelingsmethoden. Als de twee klasseindelingen op grond van het kroonuiterslijk van de onderzochte douglasbomen met elkaar vergeleken worden, is er een grove overeenkomst te zien. Klasse 1 en 2 van de indeling op basis van de luchtfoto's blijken gecorreleerd te zijn met de twee vitaalste klassen (1 en 2) van de indeling op basis van de vanaf de grond waarneembare kenmerken. De twee minder-vitale klassen (3 en 4) van de eerste indeling zijn gecorreleerd met de twee niet-vitale klassen van de tweede indeling. De afzonderlijke klassen vertonen in mindere mate een correlatie, maar er is

Tabel 4 Aantallen bomen in de verschillende jaarringgroepen en de verdeling daarvan over de diverse op terrestrische en luchtfoto beoordeling gebaseerde vitaliteitsklassen.

jaarring-groep	aantal bomen	grondklasse				luchtklasse			
		1	2	3	4	1	2	3	4
vak 36a	13								
A	4	—	2	2	—	2	2	—	—
B	2	2	—	—	—	—	2	—	—
C	4	3	1	—	—	—	4	—	—
D	3	1	—	1	1	—	1	—	2
vak 55b	15								
E	4	2	2	—	—	2	—	2	—
F	2	1	1	—	—	—	1	—	1
G	2	—	—	2	—	—	—	2	—
H	4	—	—	4	—	—	—	2	2
I	3	—	—	—	3	—	—	1	2
vak 128g	8								
J	3	1	1	1	—	1	1	1	—
K	2	1	—	1	—	1	1	—	—
L	1	—	—	1	—	—	—	1	—
M	2	—	—	1	1	—	—	2	—
vak 127h	8								
N	1	—	—	1	—	—	—	1	—
O	3	—	1	1	1	—	3	—	—
P	2	—	1	—	1	1	1	—	—
Q	2	—	—	1	1	—	—	2	—

toch een significant verband tussen de beide indelingen ondanks het feit dat er relatief weinig bomen onderzocht zijn.

De verschillen tussen de kroonbeoordeling vanaf de grond en vanuit de lucht worden waarschijnlijk voor een deel veroorzaakt, doordat er op andere criteria beoordeeld wordt en de klassegrenzen dus ook anders zijn. De beoordeling op de luchtfoto wordt bepaald door de vorm en de kleur van de boom. Het is niet precies bekend welke eigenschappen van de boom de luchtfoto bepalen. Er is verband aangetoond tussen het fotobeeld en het chlorofylgehalte (Gates, 1970; Knipling, 1969), het nutriëntengehalte (mineralen) van de bladeren (Lyons & Buckner, 1981; Murtha & Ballard, 1983) en de biomassa (Eikenaar & Loedeman, 1983; Gates, 1970; Knipling, 1969). De waargenomen verschillen zijn reflectieverschillen in het groene, rode en infrarode licht. Bij de terrestrische beoordeling kan de infrarode reflectie niet waargenomen worden, maar wel de blauwe reflectie. Hier wordt op naaldbezetting en geelverkleuring beoordeeld.

Hagman (1985) stelde met een luchtfotoschaal van 1:4000 voor groveden wel een hoge correlatie vast (ca. 80% van de afzonderlijke klassen) tussen de terrestrische en de luchtfoto-opnamen. Röhle en Schmidt (1987) vonden bij een onderzoek in Zuid-Duitsland aan fijnspar bij opname van de grond een verschuiving naar minder vitale klassen in vergelijking tot de luchtopname. In grensgevallen zou bij naaldverlies van binnenuit bij terrestrische opname de neiging bestaan om bomen in minder vitale klassen te plaatsen, terwijl bij luchtopname eerder de neiging zou bestaan om die grensgevallen juist in vitalere klassen in te delen. Murtha (1983; 1985) concludeerde bij een onderzoek aan sparren (met een schaal van 1:4000 en 1:1000) in Canada, dat er zowel bij de terrestrische als bij de luchtfotobeoordeling bomen als vitaal aangemerkt werden, die door de andere methode als minder vitaal beoordeeld werden. Bovendien werden bij gebruik van een luchtfotoschaal van 1:1000 en een combinatie van 1:1000 en 1:4000 veel meer bomen als aangetast aangemerkt dan bij gebruik van een schaal van 1:4000. Vooral lichte aantastingen vielen dan weg. Kenneweg (1980; 1984) heeft aangetoond dat luchtfoto's bij het vroegtijdig herkennen van schade een belangrijke rol zouden kunnen spelen. Juist de eerste symptomen zijn op luchtfoto's beter herkenbaar dan vanaf de grond. Dit kan misschien een verklaring zijn van het feit dat in het huidige onderzoek vanaf de luchtfoto geen enkele boom in de vitaalste klasse (klasse 0) is ingedeeld, terwijl er vanaf de grond elf bomen als vitaal zijn aangemerkt.

Verschillen in beoordeling in het huidige onderzoek kunnen wellicht mede verklaard worden door het feit, dat er een half jaar ligt tussen de opname van de luchtfoto's en de veldopname. De strenge winter van 1985/86 zou

de boomvitaliteit en de mate van verkleuring (vergeling) nadelig beïnvloed kunnen hebben. Daardoor zou de terrestrische opname een minder vitaal beeld van de bomen hebben kunnen geven, dan wanneer de opname gelijktijdig met de luchtfoto's in september 1985 zou zijn gedaan. Het omgekeerde geldt niet: er is theoretisch geen verschil tussen de reflectiecurve van naaldbomen aan het einde van september en in april (Hagman, 1985).

Alle percelen vertonen variatie in jaarringpatronen. De verschillen in jaarringpatronen binnen de percelen zijn echter meestal niet duidelijk gecorreleerd met verschillen in kroonruiterlijk. Wel is het zo, dat er in groepen met smallere jaarringen meer bomen met een minder vitaal kroonruiterlijk voorkomen. Dit geldt zowel voor de luchtfoto- als voor de terrestrische beoordeling. Er zijn echter ook enkele, qua kroonkenmerken als niet-vitaal beoordeelde bomen, die een jaarringpatroon hebben dat sterk lijkt op dat van als vitaal beoordeelde bomen en omgekeerd. Dit is in tegenstelling met wat eerder in een perceel uit de Peel gevonden werd. Daar hadden alle vanaf de grond als niet-vitaal beoordeelde bomen een jaarringpatroon met zeer smalle tot afwezige jaarringen in de laatste 10-15 jaar (De Kort, 1986; De Kort & Baas, 1986). Uit buitenlands onderzoek aan diverse naaldhoutsoorten zijn ook tegenstellingen in uiterlijk en jaarringpatronen gevonden (Bauch et al., 1986; Schweingruber, 1986). In andere gevallen wordt er echter wel een verband gevonden tussen een niet-vitaal kroonbeeld (vanaf de grond of luchtfoto beoordeeld) van naaldbomen en een afname in jaarringbreedte (Athari, 1983; Kenk, 1983; Kenk et al., 1984; Kramer & Athari, 1983; Röhle & Schmidt, 1987).

De verschillen in jaarringpatronen *in* de percelen lijken voornamelijk het gevolg te zijn van de verschillende, en na dunningen mogelijk veranderde, sociale positie van de betreffende bomen. Dominerende bomen zullen een betere concurrentiepositie hebben en vaak een betere groei vertonen dan onderdrukte exemplaren. De boom van "groep" N uit vak 134a is een dominante boom. Bomen uit groep D (vak 36a) met een jaarringpatroon, dat altijd iets smaller is dan in de andere groepen in dat perceel zijn iets onderdrukt geweest. Dunningen kunnen daar verandering in brengen; bomen kunnen dan plotseling vrijgesteld worden. Dit komt vaak direct tot uitdrukking in een toename in jaarringbreedte.

De verschillen in jaarringpatronen *tussen* de percelen lijken voornamelijk het gevolg te zijn van bodem-, beheers- en leeftijdsverschillen. De bomen van de percelen op de betere gronden (haar- en holtpodzolen) vertonen vooral in de jeugdfase een betere groei dan de bomen op de armere duinvaaggrond. Dit ondanks het feit dat er in het laatste geval bemesting bij de aanleg van het perceel heeft plaatsgevonden.

De op hun kroonruiterlijk in minder vitale klassen inge-

deelde bomen vertonen geen dramatische afname in jaarringbreedte. Alleen sommige groepen in de oudere percelen in Uddel vertonen een wat grotere afname in jaarringbreedte; of dit het gevolg is van een ouderdomstrend (vgl. Fritts, 1976) is moeilijk te zeggen. In een onderzoek in de Peel (De Kort, 1986; De Kort & Baas, 1986) waren echter in ca. 50 jarige vitale bomen geen ouderdomstrends te herkennen. Een verklaring voor het minder vitale uiterlijk van dergelijke bomen is moeilijk te geven: jaarringbreedtes van 1,0-3,5 mm zijn nauwelijks aanleiding om te veronderstellen, dat de bomen minder vitaal zouden zijn. Misschien is een licht naaldverlies niet ongunstig voor de houtaanwas.

In hoeverre luchtverontreiniging (inclusief zure depositie) een rol speelt bij het minder vitale uiterlijk van een gedeelte van de onderzochte douglasbomen is aan de hand van onze gegevens niet te zeggen. Uit experimenteel onderzoek is herhaaldelijk naar voren gekomen dat luchtverontreiniging naaldverlies en geelverkleuring kan veroorzaken (Braun & Sauter, 1983; Skeffinton et al., 1985). Daarnaast kan verhoogde stikstofdepositie als onderdeel van de luchtverontreiniging juist een tijdelijk groeistimulerend effect hebben (Van den Burg, 1983). Aangezien de onderzochte percelen niet in gebieden met extreme milieubelasting zijn gesitueerd, en de jaarringpatronen geen verontrustende tendenzen laten zien, is de conclusie wellicht gerechtvaardigd, dat de grote verschillen in kroonruiterlijk binnen de percelen misschien niet alleen het gevolg zijn van verschillen in aantasting, maar veeleer van natuurlijke of beheersmatig beïnvloede variatie in vitaliteit. Deze voorzichtige conclusie moet nadrukkelijk beperkt blijven tot het door ons onderzochte materiaal van slechts 44 bomen.

Dankbetuigingen

Wij danken de heren Van Dil en Kuper voor het verlenen van toestemming om te bemonsteren in respectievelijk de Boswachterijen Ugchelen-Hoenderloo en Uddel-West. Verder zijn wij dank verschuldigd aan de heer P. P. Th. M. Maessen van het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" voor zijn adviezen; dr. P. Baas en prof. dr. P. D. Jungerius voor het kritisch doorlezen van de tekst. Laatstgenoemde en A. Stolte, G. Thijsse en C. de Voogel danken wij voor de hulp bij het bemonsteren. Een deel van dit onderzoek werd gefinancierd door de Stichting voor de Technische Wetenschappen en Geosens bv.

Literatuur

- Ancker, J. A. M. van den. 1986. Het perceel Ugchelen vanaf de luchtfoto: boomvitaliteit, boomhoogte en representativiteit. Intern Rapport Geosens, Rotterdam. 44 p.
- Athari, S. 1983. Zuwachsvergleich von Fichten mit unterschiedlich starken Schadsymptomen. Allg. Forstztschr. 38: 653-655.
- Baas, P. & J. Bauch (eds.). 1986. The effects of environmental pollution on wood structure and quality. Intern. Ass. Wood Anatomist. Leiden, Utrecht. (Speciale uitgave van IAWA Bull. 7 (4)).
- Bauch, J., H. Göttische-Kühn & P. Rademacher. 1986. Anatomische Untersuchungen am Holz von gesunden und kranken Bäumen aus Waldschadensgebieten. Holzforschung 40: 281-288.
- Braun, H. J. & J. J. Sauter. 1983. Unterschiedliche Symptome des "Waldsterbens" im Schwarzwald; mögliche Kausalitäten und Basis-Ursachen. Allg. Forstztschr. 38: 656-660.
- Burg, J. van den. 1983. Zure depositie en luchtverontreiniging; hun betekenis voor het bos. Ned. Bosbouw tijdschrift 55: 371-379.
- Eikenaar, G. J. & J. H. Loedeman. 1983. Remote sensing en straatbomen I en II. Geodensia: 221-226 + 266-281.
- FAO-EFC. 1986. Draft manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. International cooperative programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on forests. 92 p.
- Fritts, H. C. 1976. Tree rings and climate. Acad. Press London, New York, San Francisco.
- Gates, F. A. 1970. Physical and physiological properties of plants. Remote sensing with special reference to agriculture and forestry. Nat. Acad., of Science, Washington D.C.
- Hagman, F. A. 1985. Vitaliteitsbeoordeling van groveden (*Pinus sylvestris*) met behulp van luchtfotografie. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen.
- Kenk, G. 1983. Zuwachsuntersuchungen in geschädigten Tannen-Beständen in Baden-Württemberg. Allg. Forstztschr. 38: 650-652.
- Kenk, G., W. Kremer, J. Brandl & H. Burgbacher. 1984. Die Auswirkungen der Walderkrankung auf Zuwachs und Reinertrag in einem Plenterwaldbetrieb des Mittleren Schwarzwaldes. Allg. Forstztschr. 39: 692-695.
- Kenneweg, H. von. 1980. Luftbildinterpretation und die Bestimmung von Belastung und Schäden in vitalitätsgeminderten Wald- und Baumbestände; Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen des operationellen Luftbildeinsatzes. Sauerländer, Frankfurt am Main, Band 62. 223 p.
- Kenneweg, H. von. 1984. Umweltforschung zu Waldschäden. 2. Bericht des Bundesminister für Forschung und Technologie. 71 p.
- Knipling, E. B. 1969. Leaf reflectance and image formation on color infrared film. In: P. L. Johnson (ed.). Remote sensing in ecology. pp. 17-30.
- Konsten, C. J. M. 1985. Bodemkaart 1:2000 perceel Ugchelen 36a en 55b. Interne bodemkaart LU-Wageningen, Vakgroep Bodemkunde en Geologie.
- Kort, I. de. 1986. Woodstructure and growth ring width of vital and non-vital Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) from a single stand in the Netherlands. IAWA Bull. n.s. 7: 309-318.
- Kort, I. de & P. Baas. 1986. Diktegroei en houtstructuur van vitale en niet-vitale douglas in de Peel. Ned. Bosbouw tijdschrift 58: 52-57.
- Kramer, H. & S. Athari. 1984. Über die Zuwachsentwicklung in immissionsgeschädigten Fichtenbeständen und ihrer Bedeutung für die Hiebssatzbestimmung. Allg. Forstztschr. 39: 685-686.
- Kuper, J. H. 198x. Bodemkaart 1:25.000 Koninklijke Houtvesterij 't Loo. Interne bodemkaart Koninklijke Houtvesterij 't Loo.
- Kuper, J. H. Beheersplan voor het Kroondomein voor de periode 1 januari 1985-1 januari 1995.
- Lyns, A. & E. Buckner. 1981. Color aerial photography detects nutrient status of Loblolly pine plantations. Color aerial pho-

- tography in the plant sciences and related fields. American Society of Photogrammetry: 53-58.
- Murtha, P. A. 1972. A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada. Publication Canadian Forest Service, Ottawa, 1232. 63 p.
- Murtha, P. A. 1983. Some air-photo scale effects on Douglas-fir damage interpretation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49.3: 327-335.
- Murtha, P. A. & T. M. Ballard. 1983. Foliar nutrients and Photo interpretation of Douglas-fir stress. Can. J. Remote Sensing, 9.2: 99-110.
- Murtha, P. A. & R. Cozens. 1985. Color infra-red photo interpretation and ground surveys evaluate spruce beetle attack. Can. J. Remote Sensing 11.2: 177-187.
- Röhle, H. & J. Schmidt. 1987. Vergleichende Beurteilung von Schadstrukturen und Zuwachsmerkmalen geschädigter Fichtenbestände anhand von terrestrischen Erhebungen und Luftbildaufnahmen. Allg. Forstztschr. 15: 382-386.
- Schweingruber, F. H. 1986. Abrupt growth changes in conifers. IAWA Bull. n.s. 7: 277-283.
- Skeffington, R. A., T. M. Roberts & L. W. Blank. 1985. Schadsymptomen an Fichte und Kiefer nach Belastung mit Ozon und saurem Nebel. Allg. Forstztschr. 50: 1359-1362.
- Staatsbosbeheer. 1984. De vitaliteit van het Nederlandse bos in 1984. Verslag van het landelijk onderzoek naar de vitaliteit van het Nederlandse bos. Rapport nr. 1984-26. Afd. Bosontwikkeling.
- Staatsbosbeheer. 1985. De vitaliteit van het Nederlandse bos 3. Verslag van het landelijk vitaliteitsonderzoek 1985. Rapport nr. 1985-16. Afd. Bosontwikkeling.
- Staatsbosbeheer. 1986a. De vitaliteit van het Nederlandse bos 4. Verslag van het landelijk vitaliteitsonderzoek 1986. Rapport nr. 1986-21. Sect. Bosbouw Afd. Bosontwikkeling.
- Staatsbosbeheer. 1986b. Het landelijk vitaliteitsonderzoek; opname-instructie. Rapport Afd. Bosontwikkeling.
- Tépassé, P. 1984. Vergleichende Dokumentation der Waldschädens-Erhebungen mit FIR-Luftbild in der Bundesrepublik Deutschland. Diplomarbeit Forstwissenschaftlichen Fakultät A. L. Universität Freiburg. 116 p.