

Diktegroei en houtstructuur van vitale en niet-vitale douglas in de Peel

Diameter growth and wood structure in healthy and declining Douglas fir in de Peel

Ingrid de Kort & Pieter Baas

Rijksherbarium, Leiden

Inleiding

Uit recent onderzoek blijkt, dat de vitaliteit van de Nederlandse bossen de laatste jaren sterk achteruit gegaan is (Staatsbosbeheer, 1984; 1985). De oorzaak van die verminderde vitaliteit wordt veelal gezocht in luchtverontreiniging en daaruit voortkomende "zure depositie", waarbij een complex van schadelijke effecten tot de mogelijkheden behoort. Zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) verzuren direct of indirect de bodem, waardoor voor de vegetatie noodzakelijke voedingsstoffen versneld worden uitgespoeld. In eerste instantie kunnen deze verbindingen echter ook bemestend en dus groeibevorderend werken. De verbindingen afzonderlijk of in combinatie met ozon (O₃) kunnen contactschade veroorzaken aan het bladoppervlak en het fotosyntheseproces in het bladmoes van naalden of bladeren ongunstig beïnvloeden (Bosch 1983). Daarnaast kan door de luchtverontreiniging en bodemverarming het optreden van ziektes worden bevorderd.

Verminderde vitaliteit van naaldbomen uit zich o.a. in een toenemende lichtdoorlatendheid van de kroon als gevolg van vervroegde naalduitval. Dit hangt op zijn beurt weer samen met de hoeveelheid in de kroon gevormde bouwstoffen, o.a. noodzakelijk voor de diktegroei van de stam. Met andere woorden een verband tussen jaarringbreedte en uiterlijk van de kroon mag mede worden verwacht.

Jaarringbreedte is afhankelijk van een complex van factoren, waaronder weersomstandigheden en bodem een belangrijke rol spelen, naast leeftijd, erfelijke aanleg, gezondheidstoestand en sociale positie van de boom en tenslotte ook luchtverontreiniging en anderzootige milieuvervuiling. Milieufactoren kunnen ook van invloed zijn op de microscopische bouw van het houtweefsel (celafmetingen, celwanddikte en samenstelling), waardoor de gebruikseigenschappen van het hout kunnen veranderen.

In een aantal publikaties uit het buitenland, hoofdzakelijk Duitsland, is melding gemaakt van groeireductie ten gevolge van luchtverontreiniging, die aantoonbaar is in alle bomen dicht bij de vervuillingsbron (Arndt & Wehrle, 1983; Halbwachs & Kisser, 1967; Kenk et al.,

Summary

A comparison was made of diameter growth and wood structure in 26 trees of Douglas fir, Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, of varying vitality in a declining, c. 50-years old, stand in de Peel (S. E. Netherlands). Ring width patterns agree closely but not perfectly with vitality classes as estimated by external appearance of the crown. The "diseased" vitality classes all show growth reductions over the last 20 to 30 years. In the most severe class no wood had been formed at all at the stem base over the last 4 to 10 years. The onset of growth reduction may be connected with the effects of increasing air pollution since the Second World War. The most striking result was the consistent inverse relationship between growth rate in the first ten to fifteen years of growth and growth rate in the last decades: all trees which are healthy at present showed slow increment growth when young, and all diseased to dead trees exhibited fast growth in their youth (fig. 1).

The wood of diseased trees showed only very minor alterations in microscopic wood structure, if compared with more healthy trees, and the differences were similar to those normally associated with slow versus fast growth (fig. 3 & 4).

The results are discussed with reference to data for other species and forest regions in Europe.

1984). Op grotere afstand van de vervuillingsbron is het beeld complexer en vindt men veelal bomen van verschillende vitaliteit (Athari & Kramer, 1983; Franz, 1983; Strand, 1980) en met verschillende mate van groeireductie naast elkaar (Frühwald et al., 1984; Eckstein et al., 1983). In het algemeen blijkt de groeireductie in aangetaste percelen al twintig tot dertig jaar gaande te zijn bij diverse naaldhoutsoorten (Moosmayer, 1984).

Voor Nederland ontbreken vergelijkbare gegevens vrijwel volledig. Wel vond de projectgroep "Het Zuurtje" van de vakgroep Bosteelt van de Landbouwhogeschool in Wageningen een significante groeireductie in een aantal exemplaren van de groveden dicht bij een bio-industriële ammoniakbron (Van Belois et al., 1984;

Smitt & Bosch, 1985). Het hier gerapporteerde onderzoek aan douglas uit de Peel vormde een aanzet tot een project van STW (Stichting Technische Wetenschappen), betreffende meerdere boomsoorten in Nederland, dat onlangs is gestart op het Rijksherbarium te Leiden. De vraag hierbij is of de verminderde vitaliteit en groei van onze bossen een duidelijke samenhang vertoont met de toename van luchtverontreiniging sinds de Tweede Wereldoorlog, en of in sterk aangetaste bomen de structuur van het in de laatste decennia gevormde hout dermate verschilt van de "normale" toestand, dat verschillen in gebruikseigenschappen moeten worden verwacht.

De beperkingen van een correlatief onderzoek zoals hier gerapporteerd zijn aanzienlijk. Uit een verband in de tijd tussen groeiingbreedte en globale toename van diverse vormen van milieuverontreiniging mogen nog geen conclusies getrokken worden over een causale samenhang, hoewel die wel waarschijnlijker wordt bij een duidelijke positieve correlatie. Een verdere beperking bij de interpretatie van onze resultaten deed zich voor door het ontbreken van gegevens over herkomst van het plant- of zaaigoed en over de diverse beheersingrepen (dunningen, bodembewerking, etc.), die in het onderzochte perceel zijn toegepast (het betreffende archief bleek door brand verloren gegaan te zijn). Deze publikatie wil derhalve niets meer zijn dan een bescheiden bijdrage tot de discussie over houtproductie en vitaliteit van douglas in Nederland, gebaseerd op een beperkt aantal gegevens over bomen uit slechts één enkele opstand. Bij het vervolgonderzoek zullen meer factoren betrokken worden dan hier het geval kon zijn.

Onderzoek in de Peel (Noord-Brabant)

In 1984/85 is een onderzoek verricht naar de anatomische kenmerken en de jaarringdiktes van mogelijk door milieuverontreiniging aangetaste douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Noord-Brabant. De onderzochte bomen komen allen van hetzelfde perceel, dat ligt bij Rips op het landgoed "De Stippenberg". Het perceel is rond 1935 beplant met douglas. De opstand was anno 1985 erg open en er was sprake van een dichte natuurlijke verjonging. Het perceel is omringd door anderssoortige opstanden van diverse leeftijden. De bodem van het perceel is getypeerd als een middelhoge veldpodzol in matig fijn zand.

De vitaliteit van de individuele bomen in het onderzochte perceel varieert enorm: zeer vitale bomen met een goede naaldbezetting en een minimale lichtdoorlatendheid van de kroon staan naast zeer zieke tot stervende bomen met nog maar enkele takken met levende naalden.

De beoordeling van de vitaliteit van de bomen is gedaan op het kroonaanzicht. Bomen met minder naaldjaargangen zijn minder vitaal; de kroon van minder vitale bomen is dus niet zo dicht als normaal. De lichtdoorlatendheid van de kroon werd beoordeeld door langs de stam omhoog te kijken. De hoeveelheid doorgelaten licht is een maat voor de vitaliteit van de boom. Op hun uiterlijk aanzien werden de bomen ingedeeld in zes vitaliteitsklassen, gerangschikt van gezond tot dood: 1. gezond, 2. kwijnend, 3. ziek, 4. zeer ziek, 5. stervend, 6. dood. Deze klassen zijn niet geheel vergelijkbaar met de vitaliteitsklassen van het Staatsbosbeheer (1984), hoewel dezelfde kenmerken gehanteerd zijn, maar het Staatsbosbeheer beoordeelt het bos als geheel, terwijl het hier om individuele bomen gaat.

Van 26 bomen, in vitaliteit variërend van enige jaren dood tot zeer vitaal, werden met een aanwasboor houtmonsters genomen op ca. 50 cm boven grondniveau. De reden, dat is afgeweken van de gebruikelijke borsthoogte (1,3 m) is dat zo zoveel mogelijk jaarringen ter beschikking kwamen en daarmee zo ver mogelijk "terug in de tijd gekeken" kon worden. Wel werden een jaar later van acht bomen van verschillende vitaliteit een boormonster op borsthoogte genomen en werd één stervende boom geveld om de effecten op grotere stamhoogte te verifiëren. Per boom werden op het zuiden twee boormonsters genomen, een paar cm boven elkaar. De reden, dat voor het zuiden gekozen is, is om buiten de drukhout- en tegenoverliggende zone te blijven, die gezien de heersende westenwind resp. in de oost- en westkant van de stam zullen zitten.

Van elke boom werden de jaarringen in beide boorspanen gemeten met de groeiingmeetuitrusting van het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos en landschapsbouw "De Dorschkamp" te Wageningen, en met elkaar gemiddeld. De zo verkregen jaarringpatronen van de verschillende bomen werden met elkaar en met het uiterlijk aanzien van de boom vergeleken. Van elke jaarring werd ook de hoeveelheid vroeghout gemeten.

Om te kijken in hoeverre de weersomstandigheden de gevonden jaarringpatronen konden verklaren, werd een vergelijking gemaakt met gegevens over neerslag en temperatuur in de diverse seizoenen van de afgelopen 45 jaar. Deze weersgegevens zijn wat betreft de temperatuur afkomstig van het meteorologisch instituut in De Bilt en wat betreft de neerslag van het KNMI-weerstation in het nabij gelegen Gemert.

Voor het houtanatomische gedeelte van het onderzoek werden lichtmicroscopische waarnemingen gedaan aan dwarscoupes. Vergelijkingen werden gemaakt tussen recent gevormd hout en eerder gevormd hout in individuele bomen en tussen hout van bomen uit verschillende gezondheidsklassen.

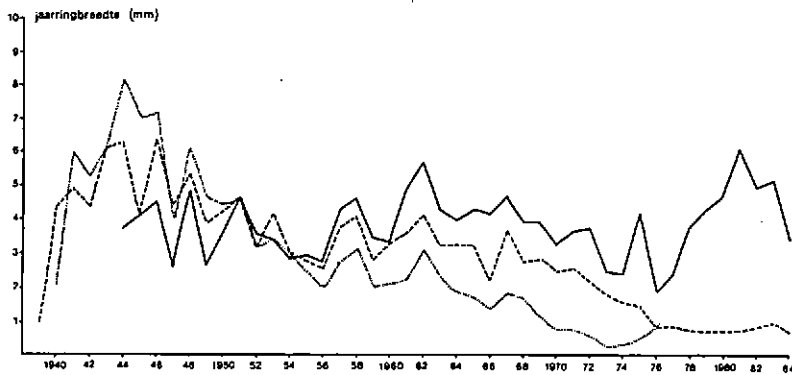


Fig. 1 Gemiddelde jaarringbreedte (in mm) van de klassen: 1. gezond (—, 3 bomen), 3. ziek (---, 4 bomen) en 5. stervend (....., 4 bomen).
 Fig. 1 Average ringwidths (in mm) of the classes 1. healthy (—, 3 trees), 3. diseased (---, 4 trees) and 5. dying (....., 4 trees).

Resultaten

Er is een grote verscheidenheid in ringbreedtepatronen in verschillende bomen. Bij vergelijking van jaarringpatronen van diverse bomen, blijkt het echter mogelijk om bomen te groeperen, die hetzelfde jaarringpatroon vertonen. Het bleek, dat de te vormen groepen min of meer overeen kwamen met de klassen, die gebaseerd zijn op het uiterlijk van de bomen. De gezonde bomen bleken in de veertiger jaren te beginnen met relatief smalle jaarringen (ca. 4 mm) en vertonen geen groeireductie, behalve een tijdelijke in de zeventiger jaren, maar vooral in de laatste jaren zijn de groeiringen tamelijk breed. De bomen uit de zieke klassen beginnen in de veertiger jaren met relatief brede jaarringen, maar daarna worden de ringen geleidelijk smaller. In de klassen "zeer ziek" en "stervend" blijkt de reductie in jaarringbreedte zo sterk te zijn, dat in de laatste vier tot tien jaar helemaal geen hout meer is gevormd aan de stambasis. Bij de monsters op borsthoogte blijken er minder jaarringen te missen in de desbetreffende klassen; in één geval zelfs vier jaar minder, maar er ontbreken toch nog 3-9 jaarringen, afhankelijk van welke boom.

In de stamschijven van de geveld stervende boom blijken tot op grote hoogte in de boom jaarringen te missen. Op borsthoogte ontbreken in de drukhoutzone vijf jaarringen en in de tegenoverliggende zone zelfs 10. Hoger in de stam (van 3,5 tot 10,5 m) wordt dat minder: vier jaarringen in de drukhoutzone en 6-7 in de tegenoverliggende zone. Tussen de 14 en 17,5 m hoogte is de toestand het gunstigst: daar ontbreken "maar" 1-4 jaarringen, afhankelijk van de drukhout- of tegenoverliggende zone. In het topgedeelte van de stam blijken er weer iets meer jaarringen te ontbreken: 3 tot 5. Tot 1972 zijn alle jaarringen op elke hoogte aanwezig, daarna werden in het ergste geval (op 1,3 m hoogte aan de zijde tegenover het drukhout) nog maar twee volledige jaarringen gevormd. Waar meerdere jaarringen gevormd werden na 1972, blijken de ringen soms slechts zeer onvolledig aanwezig te zijn.

Het begin van de reductie in jaarringbreedte ligt in de zestiger jaren, maar de exacte datering verschilt van boom tot boom. In sommige bomen begint de reductie pas in 1968, in andere begint deze al in 1958.

Er zijn diverse bomen met een jaarringpatroon, dat niet precies past bij het jaarringpatroon van de vitaliteitsklasse, waarin de boom was ingedeeld. Deze bomen moesten een klasse hoger of lager ingedeeld worden. Een boom (een gezonde) moest zelfs twee klassen lager geplaatst worden.

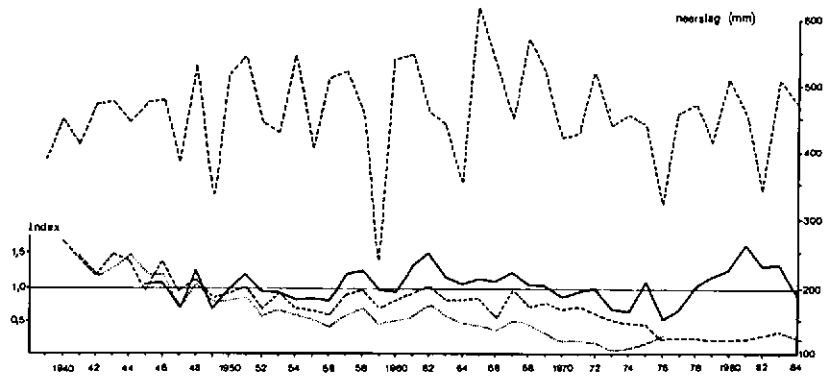
In figuur 1 zijn de gemiddelde jaarringcurves van de klassen "gezond", "ziek" en "stervend" te zien. De curves van de klassen "kwijnend", "zeer ziek" en "dood" vallen precies tussen, of in het geval van de klasse "dood" buiten de curves van de getoonde klassen. Bij elke curve is vermeld om hoeveel bomen het gaat. Uit de curves blijkt, dat de sterkst aangetaste bomen in de eerste 10-15 jaar de snelst groeiende waren.

De indeling in klassen op basis van de jaarringpatronen is enigszins arbitrair, daar iedere klasse een zekere overlap vertoont met de aangrenzende meer of minder vitale klassen. Van belang is echter, dat het geschetste patroon "hoe sneller de groei in de jeugdfase, hoe sterker de groeireductie in de afgelopen decennia" consistent is en geen uitzondering kent in het totale onderzoekmateriaal van 26 bomen.

In figuur 2 zijn voor dezelfde boomklassen als uit figuur 1 de jaarringindex gegeven, samen met de zomerneerslag van 1939 tot 1984. De jaarringindexen voor een bepaald jaar is het quotiënt van jaarringbreedte en het voortschrijdend gemiddelde van de jaarringbreedtes. Door deze indexering worden leeftijdsinvloeden op de jaarringbreedte geëlimineerd en worden continu langzaam en snelgroeiende bomen direct met elkaar vergelijkbaar: in beide gevallen schommelt de index rond de waarde 1,0; de schommelingen zelf zijn vaak typerend voor wisselende weersomstandigheden van jaar tot jaar. Uit figuur 2 blijkt dat in de eerste 10 tot 15 jaar de gemiddelde jaarringindexen voor de nu gezonde, zieke en stervende boomklassen

Fig. 2 Jaarringindexen van de klassen 1. gezond (—) 3. ziek (-----) en 5. stervend (.....) met de totale hoeveelheid neerslag (in mm) in de maanden april t/m september voor elk jaar (-----).

Fig. 2 Ring-width indices of the classes 1. healthy (—), 3. diseased (-----) and 5. dying (.....) together with the total amount of precipitation (in mm) in the months April until October for each year (-----)



inderdaad rond de 1,0 schommelen en dat alle klassen dus een normale groei vertoonden. Later blijft dit alleen gelden voor de nu gezonde klasse, en zakt de index van de aangetaste klassen onder de 1,0.

Vergelijking van de curves met de meteorologische

gegevens liet een positief verband zien tussen neerslag en jaarringindex (zie fig. 2). Bij de gezonde bomen kunnen hierdoor de droge zomers van 1959, 1964 en vooral 1976 in het jaarringpatroon worden teruggevonden. Bij de minder vitale, of liever gezegd zieke tot

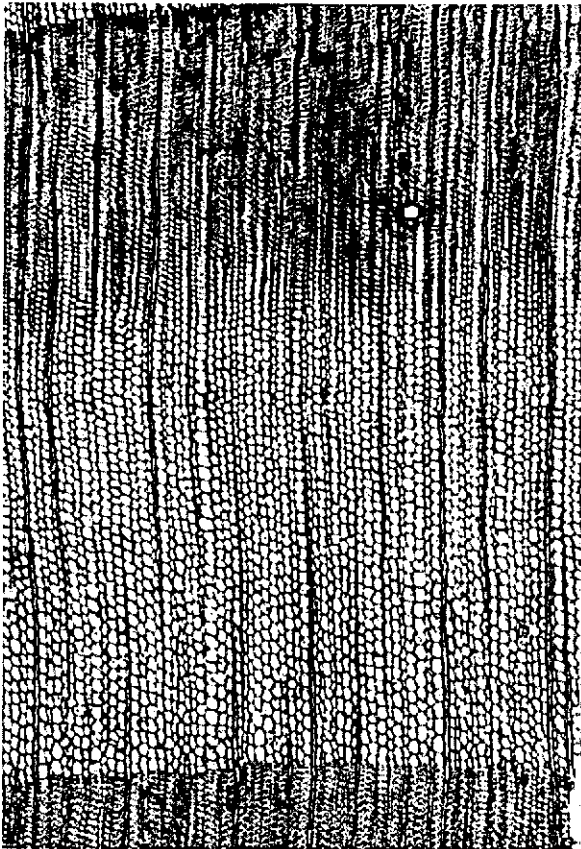


Fig. 3 Jaarring met geleidelijke overgang van voorjaars- naar zomerhout, karakteristiek voor normale tot snelle groei. 35x.

Fig. 3 Annual ring with a gradual transition from early- to latewood, characteristic of normal or rapid growth. $\times 35$.

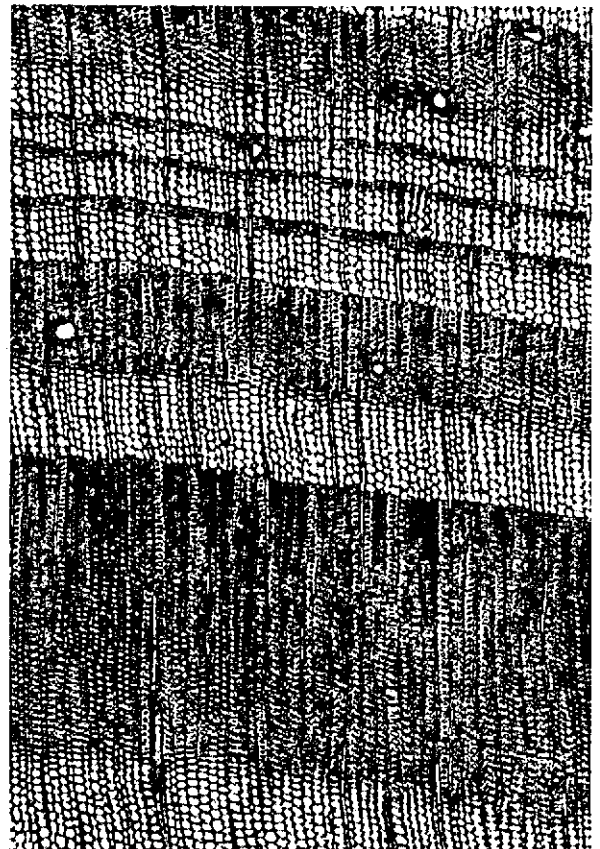


Fig. 4 Smalle jaarringen in aangetaste boom (1962-1968) met abrupte overgang van voorjaars- naar zomerhout, karakteristiek voor langzame groei. Let op relatief grote hoeveelheid voorjaarshout in zeer dunne ringen.

Fig. 4 Narrow annual rings in declining tree (rings 1962-1968) with abrupt transition from early- to latewood, typical for slow growth. Note relatively high proportion of earlywood in very narrow rings. $\times 35$.

stervende bomen blijkt echter, dat in de laatste twintig tot dertig jaar het verband tussen neerslag en jaarringindex en dus ook jaarringbreedte steeds minder duidelijk wordt of zelfs geheel ontbreekt. De relatie tussen temperatuur en jaarringbreedte is minder duidelijk in alle onderzochte bomen.

De microscopische bouw van het hout in de verschillende klassen is niet wezenlijk verschillend. In bredere jaarringen is er over het algemeen een meer geleidelijke overgang van voorjaars- naar zomerhout dan in smallere ringen, terwijl de relatieve hoeveelheid voorjaarshout in zeer smalle ringen toch iets groter is (fig. 3 en 4). Toch heeft dit verschil geen grotere invloed op het percentage celwandmateriaal (en dus de dichtheid) in de buitenste ringen van de gezonde of zieke bomen.

Discussie

De grote variatie in vitaliteit, die te zien is aan het kroonuiteindelijk van de douglas bij Rips is ook terug te vinden in de jaarringpatronen. De overeenkomst tussen de indeling in vitaliteitsklassen op basis van het kroon-uiteindelijk en op basis van jaarringpatronen is redelijk, maar niet perfect. Dat hoeft niet te verbazen als men bedenkt hoe arbitrair een schatting van de licht-doorlatendheid van de kroon kan zijn op verschillende waarnemingsdagen met verschillende bewolking.

Het meest opvallende resultaat van dit onderzoek is wel het feit, dat het beeld uit de eerste 10 tot 15 jaar van de groei volkomen gespiegeld wordt in de laatste decennia, m.a.w. de zeer snelle groeiers van toen zijn de dode of stervende bomen van nu en de langzame groeiers van toen zijn de meest gezonde bomen van nu. Tussen deze twee uitersten kunnen een viertal klassen ingevoegd worden, die dit patroon bevestigen.

Reductie in de groeiringsbreedte komt in alle vitaliteitsklassen voor, behalve bij de gezonde bomen. Bij de klasse "stervend" werd zelfs aan de stambasis totaal geen hout meer gevormd in de laatste 8 tot 10 jaar. Bij andere, zeer zieke bomen was dat alleen in de laatste twee of drie jaar, terwijl in sommige bomen alleen ringen misten in jaren met extreem droge zomers. De gezondere bomen vertoonden in die jaren wel een teruggang in de groei, maar deze was slechts tijdelijk. Athari & Kramer (1983) vonden bij een onderzoek aan fijnsparren in Midden-Duitsland iets dergelijks. Zij vonden geen jaarringuitval vóór 1973, en de uitval correspondeerde vaak met de jaren 1976, 1977 en 1978. Als oorzaak werd de droge zomer van 1976 genoemd, waarbij alleen de nu minder vitale bomen het verschijnsel van jaarringuitval vertoonden en wel voornamelijk aan de stambasis: hoger in de boom waren de ringseries meestal wel compleet. In de door ons onderzochte stamschijven van een stervende boom blijkt dat niet het geval te zijn: pas boven de 10 m worden de

jaarringseries enigszins compleet, alhoewel er nog altijd ringen ontbreken. Ook in de boommonsters van zeer zieke en stervende bomen ontbreken op borsthoogte nog 3-9 jaarringen.

Het begin van de groeiringsreductie tussen 1985 en 1986 ligt 10 tot 20 jaar nadat de uitstoot van luchtverontreinigende verbindingen ook in ons land sterk begon toe te nemen na de Tweede Wereldoorlog (Van den Burg, 1983). In het gebied speelt de uitstoot van ammoniak een belangrijke rol: de bio-industrie in de Peel is in de laatste decennia enorm toegenomen, naast de toename van SO_2 en NO_x afkomstig uit de industriegebieden in Limburg en het Ruhrgebied. Als luchtverontreiniging en daarmee samenhangende zure depositie in het bijzonder de oorzaak is van de verminderde vitaliteit van de douglasopstand bij Rips, is het wel verbazingwekkend, dat gezonde en aangetaste bomen naast elkaar voorkomen. Klimaat en bodemkundige omstandigheden zijn immers vrijwel identiek voor iedere boom. Een mogelijke verklaring van de verschillen in vitaliteit zou gelegen kunnen zijn in een verschuiving van de concurrentiepositie van de individuele bomen. De bomen met aanvankelijk de breedste jaarringen zullen in de jaren veertig en vijftig tevens dominant geweest zijn, gezien de duidelijke correlatie tussen diktegroei en lengtegroei (Mohren et al., 1984). Deze bomen waren blootgesteld aan de grootste flux van luchtverontreiniging. Indien directe inwerking via de kroon de belangrijkste schade veroorzaakt zullen deze bomen het eerst in hun vitaliteit en groei zijn aangetast. Hierdoor kregen de langzame groeiers wellicht een kans om hun concurrentiepositie in het bos te verbeteren en een versnelde groei te vertonen dankzij meer beschikbaar licht, misschien in combinatie met een groeistimulans van de bodembemestende werking van de zwavel- en stikstofrijke zure depositie. Deze verklaring laat echter wel de vraag onbeantwoord waarom de nu dominante en vitale bomen geen enkel teken van aantasting (i.e. radiale groeireductie) vertonen, terwijl hun kroon nu toch ook al enige jaren aan een sterke flux van luchtverontreiniging en zure depositie is blootgesteld. Het is niet onmogelijk, dat de leeftijd waarop een boom wordt blootgesteld aan een schadelijke dosis verontreiniging van invloed is op de reactie van die boom.

Onze resultaten vertonen een frappante overeenkomst met die van Athari & Kramer (1983) over de lengtegroei bij fijnsparren in Midden-Duitsland. In een aangetaste opstand vonden zij, dat de gezondste boom op het tijdstip van onderzoek altijd de langzaamste jeugdgroeiër geweest was. Ook de verminderde correlatie tussen groei en weersomstandigheden bij aangetaste bomen is door andere onderzoekers bij diverse naaldhoutsoorten gemeld (Athari & Kramer, 1983; Schweingruber et al., 1983). Hoewel onze resul-

taten, evenals hierboven geciteerde, kunnen worden geïnterpreteerd als gevolgen van toenemende luchtverontreiniging en zure depositie in de laatste veertig jaar, mag de mogelijkheid niet uitgesloten worden, dat we in het onderzochte perceel te maken hebben met voor de van oorsprong Noord-Amerikaanse douglas ongeschikte omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een te arme bodem. In een dergelijk geval zijn ook situaties denkbaar van wisselend concurrentiesucces, waarbij uiteindelijk de langzame jeugdgroeiërs het langer uithouden dan de hardlopers van het eerste stadium. Verder onderzoek aan meer opstanden is dan ook nodig om de speculatieve hypothese van een leeftijdsafhankelijke gevoeligheid voor verontreiniging, die primair via de kroon op de boom inwerkt, te testen.

De gevonden geringe verschillen in microscopische bouw van het hout zijn in zoverre bemoedigend, dat niet gevreesd hoeft te worden, dat hout van in vitaliteit teruglopende opstanden van inferieure kwaliteit zou zijn. Dit komt overeen met resultaten aan diverse andere houtsoorten in West-Duitsland (Frühwald et al., 1984).

Dankbetuiging

Wij zijn de eigenaar Dhr. A. Ledeboer en boswachter Dhr. P. L. van der Aa van het landgoed "De Stippenberg" zeer erkentelijk voor het verlenen van toestemming om in het betreffende perceel te mogen bemonsteren

Het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" te Wageningen verleende zijn medewerking aan dit onderzoek. Onze dank geldt in het bijzonder ir. H. J. Oterdoom en P. P. Th. M. Maessen van dit instituut.

Literatuur

Arndt, U. & M. Wehrle. 1982. Ergebnisse dendrochronologischer Untersuchungen an Eichen zur Indikation von Immissionsbelastungen. *Staub-Reinhalt. Luft* 42 (2): 64-68.

Athari, S. & H. Kramer. 1983. Erfassen des Holzzuwachses als Bioindikator beim Fichtensterben. *Allgemeine Forstzeitschrift* 38: 767-769.

Belois, H. van, M. de Bode, R. Brinksma, et. al. De verspreiding van stikstofverbindingen, in het bijzonder van ammoniak, uit drijfmest en de effecten hiervan op het ecosysteem. Landbouwhogeschool Wageningen.

Bosch, C. 1983. Die sterbende Wälder. Fakten, Ursachen, Gegenmassnahmen. München, C. H. Beck.

Burg, J. van den. 1983. Zure depositie en luchtverontreiniging - hun betekenis voor het bos. *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 55: 371-379; Mededeling Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en de landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 209.

Eckstein, D., R. W. Aniol & J. Bauch. 1983. Dendroklimatologische Untersuchungen zum Tannensterben. *European Journal Forest Pathology* 13 (5-6): 279-288.

Franz, F. 1983. Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 102: 186-200.

Frühwald, A., J. Bauch & H. Götsche-Kühn. 1984. Holzeigenschaften von Fichten aus Waldschadensgebieten. Untersuchungen an frisch gefälltem Holz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 42: 441-449.

Halbwachs, G. & J. Kissler. 1967. Durch Rauchimmissionen bedingter Zwergswuchs bei Fichte und Birke. *Centralblatt gesamte Forstwesen* 84: 156-173.

Kenk, G. W. Kremer, H. Brandl & H. Burgbacher. 1983. Die Auswirkungen der Walderkrankung auf Zuwachs und Reinertrag in einem Plenterwaldbetrieb des Mittleren Schwarzwaldes. *Allgemeine Forstzeitschrift* 38: 692-695.

Mohren, G. M. J., C. P. van Gerwen & C. J. T. Spitters. 1984. Simulation of primary production in even-aged stands of Douglas Fir. *Forest Ecology and Management* 9: 27-49

Moosmayer, H.-U. 1984. Erkenntnisse über die Walderkrankung. Dargestellt an Projekten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 103: 1-16.

Schweingruber, F. H., R. Kontic & Winkler-Seifert. 1983. Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. *Berichte Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf*, 253: 1-29.

Smitt, A. I. & A. L. Bosch. 1985. De groei van enkele opstanden groveden in een gebied met intensieve veehouderij. Intern Rapport Vakgroep Bosteelt, Landbouwhogeschool Wageningen.

Staatsbosbeheer. 1984. De vitaliteit van het Nederlandse bos in 1984. Verslag van het landelijk onderzoek naar de vitaliteit van het Nederlandse bos. Rapportnr. 1984-26. Staatsbosbeheer, afd. Bosontwikkeling, Utrecht.

Staatsbosbeheer. 1985. Verslag van het landelijk vitaliteitsonderzoek in 1985. Rapportnr. 1985-16. Staatsbosbeheer, afd. Bosontwikkeling, Utrecht.

Strand, L. 1980. The effect of acid precipitation on tree growth. In: *Proc., Int. conf. ecol. impact acid precip., Norway*, p. 64-67.