

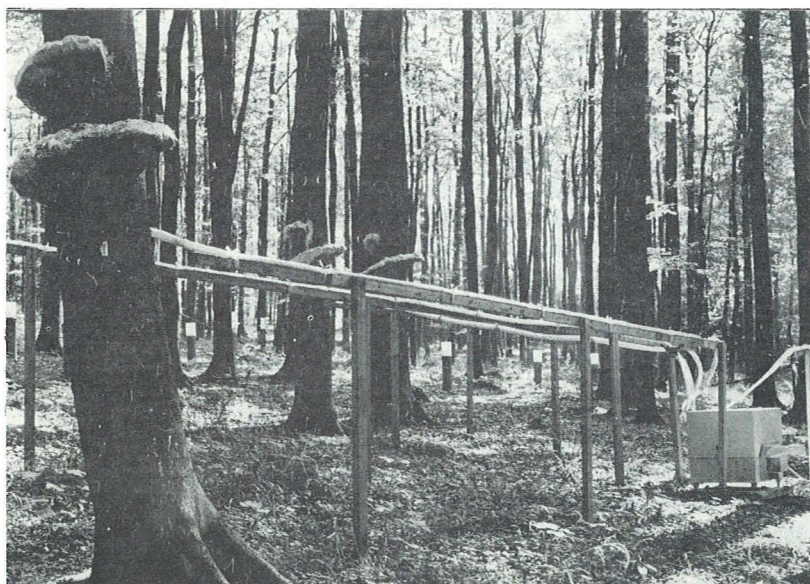
De betekenis van zure depositie en luchtverontreiniging voor bos en hout in Nederland

Voorwoord

Massale bossterfte, zure regen ... begrippen die gemeengoed zijn geworden, zowel in de publiciteit als, mede daardoor, in de politiek. Er is kennelijk iets aan de hand dat voor de bosbouw maar ook voor de houtmarkt ernstige gevolgen zou kunnen hebben. De voorzitter van de Duitse Forstwirtschaftsrat heeft onlangs meegedeeld dat hout-experts in zijn raad bezig zijn een noodprogramma „Holzverwertung beim Waldsterben“ te ontwerpen. Wat is er precies aan de hand? Wij vroegen een deskundige bij uitstek, ir. J. van den Burg van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Land-schapsbouw „De Dorschkamp“, in dit Bos en Hout Bericht daarover iets te vertellen.

v.d.M.

Manchetten met leidingen naar meetapparatuur om de zuurgraad van regenwater, opgevangen door de boom en afstromend langs de stam, te meten.



In de Duitse Bondsrepubliek is sinds 1980 de bezorgdheid over het plaatselijk afsterven van bossen en over de mogelijke oorzaken sterk toegenomen. Van de bosoppervlakte in de Duitse Bondsrepubliek zou minstens acht procent aangetast en afstervend zijn. Reportages en discussies in dag- en vakbladen en op radio en TV zijn thans aan de orde van de dag. Vrij kort na het begin van de beroering over het „Waldsterben“ in Duitsland en na de constatering dat het verschijnsel ook in de DDR, Polen en Tsjecho-Slowakije optrad, is ook in Westeuropese landen de vraag gesteld of daar vitaliteitsvermindering en sterfte optraden en of van dezelfde oorzaken sprake was. Na een periode van drie jaar, waarin zeer veel is gepubliceerd, geïnterpreteerd en gediscussieerd, kan men niet zeggen dat alle raadsels zijn opgelost. Er zijn nogal wat vragen gerezen en eenstemmigheid over oorzaken van bossterfte en over de toekomst van bossen heerst nog niet. Wel is men algemeen van mening dat door menselijke activiteiten in de atmosfeer gebrachte stoffen een belangrijke oorzaak vormen.

De betekenis van de factoren „zure depositie“ en „luchtverontreiniging“ voor het Nederlandse bos en voor de houtvoorziening wordt in dit artikel in het kort weergegeven. Daarbij is niet gestreefd naar een overzicht van literatuur- en onderzoeksgegevens. De bedoeling van dit artikel is informatie te verstrekken over wat thans bekend is en wat bos en hout staan te wachten.

De inhoud van de begrippen „zure depositie“ en „luchtverontreiniging“

Het zal de lezer verwonderen dat de uitdrukking „zure regen“ niet is gebruikt. De reden daarvoor is dat deze uitdrukking een te eenvoudige weergave van de werkelijkheid is. Het begrip „zure regen“ heeft nl. slechts betrekking op het verschijnsel dat de zuurgraad (pH) van het regenwater in de geïndustrialiseerde wereld gedurende de laatste tientallen jaren is gedaald van de natuurlijke waarde 5,0 à 5,6 naar de lagere waarden 4,0 à 4,5. Dit houdt een toename van de zuurconcentratie in het regenwater met een factor 10 à 40 in. Op deze verzuring van het regen-

water werd een theorie gebaseerd, die de bossterfte in de Duitse Bondsrepubliek trachtte te verklaren. Men verwachtte zelfs dat de bossen op den duur in grassteppen overgaan.

Bij nadere beschouwing blijkt dat het aantal factoren dat mogelijkwijs met de bossterfte in verband kan worden gebracht, veel groter is en tot verschillende processen aanleiding kan geven. Er blijken verschillende stoffen een rol te spelen, en hun enige overeenkomst is dat ze gedurende enige tijd in de atmosfeer verblijven. De belangrijkste processen waarbij schadelijk geachte stoffen worden gevormd zijn de volgende:

- Verbranding van fossiele brandstoffen voor energie-opwekking en verwarming levert als afvalproduct het gas SO_2 op. Dat gas wordt voor een deel door de planten in de omgeving (een begrip dat men nogal ruim moet zien) opgenomen en kan schade veroorzaken. Deze schade-oorzaak wordt gewoonlijk „luchtverontreiniging” genoemd, en omdat deze opname via de gasvormige fase gaat, zonder dat er water bij betrokken is, spreekt men ook wel van droge depositie (van het Engelse „deposition”). Van dat proces is ook sprake als SO_2 -gas direct door de bodem wordt opgenomen. Hoe langer het SO_2 in de lucht verblijft des te groter is de kans dat een gedeelte ervan in het in de atmosfeer aanwezige water oplost. Het wordt dan langzamerhand tot zwavelzuur (H_2SO_4) omgezet en dat is een van de oorzaken van de „zure regen”, ook wel „natte depositie” genoemd.
- Vooral het verkeer produceert de gassen NO en NO_2 (stikstofmonoxide en stikstofdioxide), die zich analoog aan SO_2 gedragen: ze kunnen direct door de plant worden opgenomen maar ook met water reageren tot salpeterzuur (HNO_3). Dit is eveneens een oorzaak van „zure regen”.
- Als gevolg van industriële activiteiten komen ook fluoriden, zoutzuur en metalen in de atmosfeer. De betekenis van de eerste twee is beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de plaats van uitwerp en valt buiten het kader van dit artikel. Ook (zware) metalen worden hier verder niet aangevoerd, hoewel daarover wel bezorgdheid bestaat.
- Uit de afvalprodukten van het verkeer (stikstofoxiden en onverbrande koolwaterstoffen) ontstaat onder inwerking van het zonlicht het gas ozon (O_3). Dit is te beschouwen als een zeer actieve vorm van zuurstof; het gaat als mogelijke oorzaak van bossterfte steeds meer de aandacht trekken. Ook andere organische verbindingen zoals de als PAN aangeduide stof ontstaan op deze wijze in de lucht. Hun betekenis is nog niet of nauwelijks bekend. Ozon is een gas dat direct met de planten in aanmerking komt en dus niet onder het begrip „zure regen” valt, maar onder luchtverontreiniging.
- In de literatuur en ook in de media wordt nog weinig aandacht besteed aan een vorm van luchtverontreiniging die specifiek is voor gebieden met intensieve veehouderij, nl. ammoniakemissie (NH_3). Ammoniakgas komt vrij bij het uitrijden van drijfmest en uit mestopslagplaatsen van bedrijven met grote aantallen kippen. Over ammoniak

heerst veel misverstand omdat het, als het in regenwater oplost, de pH van het regenwater verhoogt, of in de lucht SO_2 bindt en dan eveneens de verzuring van het regenwater tegengaat. Het betrekken van ammoniak bij de „zure regen”-problematiek lijkt dus nogal vreemd. De oplossing van dit raadsel is echter dat ammoniak, als het in de grond terecht komt, in veel gevallen wordt omgezet in salpeterzuur zodat het uiteindelijk een verzurende werking kan hebben.

Bovenstaande uitwijding is misschien wat lang uitgevallen maar de begripsverwarring en het misverstaan zijn de laatste tijd zo groot geweest dat toelichting noodzakelijk was. Bovendien heeft het gebruik van het begrip „zure regen” ertoe geleid dat men nog al eenzijdig de nadruk heeft gelegd op processen in de bodem, en de luchtverontreiniging te veel op de achtergrond raakte.

Samengevat kan het volgende gesteld worden: Als gevolg van diverse menselijke activiteiten worden in de atmosfeer stoffen gebracht of gevormd die direct op planten kunnen inwerken of dit via de bodem kunnen doen. De veronderstelling is nu dat deze processen het nogal plotselinge optreden van bossterfte in Midden-Europa althans voor een deel kunnen verklaren. Even belangrijk is dat de toekomst van het Nederlandse bos in gevaar kan komen en dat maatregelen ter bestrijding van luchtverontreiniging worden voorgesteld, die sociaal-economisch nogal ingrijpend zijn.

De gevolgen van de inwerking van zure depositie en luchtverontreiniging voor het bos en de bosbouw

Literatuur en discussie over oorzaken en gevolgen van de bossterfte hebben hoofdzakelijk betrekking op Midden-Europa en het is het eenvoudigst te beginnen met een bespreking van de stand van zaken in dat gebied. Uit alles wat er over het bossterven in de laatste tijd wordt meegedeeld valt op te maken dat de opwinding van de afgelopen jaren enigszins afneemt en dat men zich wat meer gaat bezinnen. Allereerst blijkt bij nadere beschouwing dat de Bondsrepubliek ook nog veel gezond bos heeft en dat men niet alle aftakelings- en sterfteverschijnselen aan één oorzaak mag toeschrijven. Zo is duidelijk geworden dat het gevaar van bodemverzuring niet acuut is maar veel meer in de toekomst is te verwachten. De waarnemingen omtrent bodemverzuring zijn veel te incidenteel om daaruit te kunnen afleiden dat de Westduitse bosgronden merkbaar verzuren. Veel meer wordt thans de aandacht gevestigd op de luchtverontreiniging als belangrijkste oorzaak, maar daarmee houdt de overeenstemming tussen onderzoekers voor een deel op. Sommigen denken aan SO_2 als overheersende oorzaak, anderen leggen de nadruk op de werking van ozon. Daarbij komt nog dat luchtverontreinigingsschade gekoppeld is aan de landschapsvorm: in de Duitse Middelgebergten treedt het verschijnsel op dat hoge SO_2 -concentraties en met SO_2 verzadigde „zure mist” zich op be-



Fijnsparren, die de symptomen van „zure regen” vertonen.

paalde hoogten langdurig kunnen handhaven. Een vermoedelijk daarmee verband houdend verschijnsel is het in de laatste jaren vastgestelde optreden van ernstig magnesiumgebrek bij *Picea abies* en *Abies alba* in deze Middelgebergten.

De theorie van „zure regen” heeft voor wat betreft het verklaren van acute sterfteverschijnselen in naaldbossen veel van haar betekenis verloren. Het vermoeden dat factoren als bijzondere klimaatomstandigheden, gevolgd door ziekten en plagen, van primaire betekenis kunnen zijn neemt weer toe. Ook de zwaar gemechaniseerde dunningen en de vaak grote dunningsachterstanden eisen hun tol. In de literatuur worden ook veronderstellingen aangetroffen over de mogelijke betekenis van nematoden (aaltjes) en mycorrhiza (wortelschimmels die met de boom in symbiose leven) aangetroffen, maar sterke bewijzen heeft men nog niet gevonden. De theorie van de bodemverzuring heeft overigens niet afgedaan. Ze heeft echter door haar allesomvattend karakter van enige oorzaak en door gebrek aan toetsing tegenkrachten in het leven geroepen.

De situatie in het Nederlandse bos

Naar analogie van de verschijnselen in Midden-Europa is wel aangenomen dat ook in Nederland de gevolgen van de „zure regen” zichtbaar zouden moeten zijn. Er blijken echter tussen Midden-Europa en Nederland grote verschillen te bestaan. Voorbeelden van recente bossterfte op enige schaal zijn in Nederland bijvoorbeeld niet aangetroffen. Hiervoor zijn wel redenen aan te voeren. Voor zover het bos betreft op de betere gronden, hebben deze gronden zoveel weerstand tegen bodemverzuring (vaak „buffercapaciteit” genoemd) dat de pH-daling nog niet ver genoeg is voortgeschreden. Voor de meeste Nederlandse bossen geldt verder dat ze op vrij zure gronden groeien en hiermee is al bij de aanleg van het bos rekening gehouden: men heeft altijd een keus gemaakt uit boomsoorten die tegen lage pH-waarden goed bestand zijn. Het effect van zure depositie op de pH van deze gronden doet zich vermoedelijk pas na decennia gelden, zodat voorlopig geen gevaar te duchten lijkt.

Onzeker is de situatie met betrekking tot de luchtverontreiniging. Zonder in details te treden mag aangenomen worden dat de luchtverontreinigende werking van schadelijke stoffen als SO_2 en stikstofoxiden thans vooral van plaatselijk belang zijn, en dat hun verzurende werking niet acuut is maar in de toe-

komst ligt. Er bestaan recente vermoedens dat ozon merkbare nadelige invloed op de conditie van het Nederlandse bos heeft maar dat vermoeden is afgeleid uit nog niet afgesloten onderzoek op het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek. Over de betekenis van ammoniak, afkomstig van de intensieve veehouderij, kan worden opgemerkt dat dit gas over korte afstand van intensieve-veehouderijbedrijven een negatieve invloed heeft (bij o.a. Corsicaanse den is naalddschade bij een zeer hoog stikstof- en een laag kaliumgehalte in de naalden waargenomen, op afstanden binnen ca. 50 m van de bron). Maar voor grotere afstanden is aannemelijk dat ammoniak – en ook het uit stikstofoxiden ontstane nitraat – op bossen op arme zandgronden een positieve invloed op de groei kan hebben, ook als is dat door het ontbreken van controle-opstanden moeilijk te bewijzen. Over de werking van NH_3 in gronden met lage $\text{pH-H}_2\text{O}$ (< 5) bestaat nog discussie, hoewel er aanwijzingen zijn dat in deze gronden omzetting van ammoniak in salpeterzuur mogelijk is.

Men heeft op grond van waarnemingen in de laatste jaren omtrent ziekten en sterfte wel aangenomen dat het Nederlandse bos acuut door luchtverontreiniging en zure depositie werd aangetast. Deze gevallen betroffen o.a. het optreden van de Brunchorstiaziekte bij Corsicaanse den in Noord-Brabant en sterfte bij o.a. beuk en berk, in 1976 en 1982. Hier is aannemelijk dat deze verschijnselen niet van doen hadden met zure depositie of luchtverontreiniging maar met primaire oorzaken als gevoeligheid voor Brunchorstia en droogte. Men bedenke dat het weer de laatste jaren nogal extreem is geweest: de droge zomers van 1976, 1982 en 1983, de zeer koude winter van 1978/79, de warme winter van 1982/83 en het koude natte voorjaar van 1983. Dergelijke weersomstandigheden kunnen op soorten als groveden en fijnspar, die uit geheel andere klimaatgebieden afkomstig zijn een negatieve invloed uitoefenen. Beuk, berk en lijsterbes – om de meest opvallende te noemen – hebben wel heel duidelijk negatief op de hete, droge zomers gereageerd.

Gevolgen voor de houtvoorziening en maatregelen tot instandhouding daarvan

Zoals het zich thans laat aanzien zijn de gevolgen van zure depositie en luchtverontreiniging voor het bos in Nederland nog niet duidelijk. Anders ligt de situatie in West-Duitsland, waar men zich sinds kort met de volgende vragen is gaan bezighouden:

- Welke bosbouwkundige maatregelen moeten op korte en op lange termijn worden waargenomen? Voorlopig denkt men aan maatregelen als bekaliking van de bosgronden en – waar daarvan sprake is – bestrijding van magnesiumgebrek door bemesting. Verder tracht men door een aangepaste opstandsbehandeling de bossen zoveel mogelijk weerstand te geven en bij omvorming van de boomsoortenkeus aan te passen. Tot nu toe zijn de verwachtingen daarvan niet hooggespannen. Aan veredeling van boomsoorten denkt men niet omdat dit een veel te langdurige zaak is.

- Hoe moet men het aanbod van hout reguleren opdat de houtmarkt niet ineens stort? Enige ervaring is in dit opzicht al opgedaan na de stormrampen van 1972 en 1973. De gevolgen van het vergrote aanbod van hout voor de houtprijzen als gevolg van bossterfte wil men deels opvangen door de dunningen in andere bossen tot het hoogst nodige te beperken. Verder is geopperd, de import van hout uit de Oostbloklanden te beperken en de export van Duits hout te stimuleren. Men verwacht verder dat veel particuliere bosteigenaren in de Bondsrepubliek door gedwongen kap en geforceerde herinplant in grote financiële moeilijkheden zullen komen. Verschuiving van de houtkap van de in het bezit van de overheid zijnde bossen naar de particuliere bossen, om zodoende de overheid als concurrent uit te schakelen, wordt overwogen.
- Hoe moet de opgetreden schade economisch worden gewaardeerd? Daarover begint de gedachtenvorming pas. Over schadevergoeding wordt wel gesproken, maar juridisch schijnt alles nog onzeker te zijn.
- Hoe moet het bos worden beheerd opdat de bosgronden zich kunnen herstellen? Over dit onderwerp begint de discussie op gang te komen, maar er is nog geen eensluidende mening. Wel wordt erop gewezen dat de Duitse bosbouw in de negentiende en twintigste eeuw heeft gestaan voor het probleem, hoe de door eeuwenlange strooiselroof zeer sterk verarmde gronden verbeterd konden worden. Men heeft kunnen constateren dat het toen gevoerde beheer heeft geleid tot een langzame verbetering van veel verarmde gronden. Als voorbeeld worden heidegronden genoemd en in dat opzicht bestaan tussen West-Duitsland en Nederland parallellen.

Wat het houtaanbod op korte termijn betreft is dus zeker niet met een afname te rekenen, eerder (en sommige Westduitsers denken al aan 1984) met een toename. Over het houtaanbod op langere termijn is men minder optimistisch. Omdat de gedachte van het behoud van het producerend vermogen van de grond toch wel de doorslag zal geven kan men erop rekenen dat West-Duitsland het onderzoek naar de voor lange termijn te treffen maatregelen op gang zal komen. Voor Nederland is van belang dat aandacht wordt besteed aan de mogelijke negatieve veranderingen in de productiecapaciteit van onze zandgronden, die weliswaar nog niet direct in gevaar is, maar die op langere termijn in gevaar kan komen.

J. van den Burg

Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw „De Dorschkamp”, Wageningen.

Literatuur

- Acidification - a boundless threat to our environment. 1983. Swedish Ministry of Agriculture. 40 p.
- Acidification today and tomorrow. 1982. Swedish Ministry of Agriculture. Environment '82 Committee. 231 p.
- Acid rain. 1982. Swedish Forestry Association. 32 p.
- Appelo, C. J. 1982. Verzuuring van het grondwater op de Veluwe. *H₂O* 15(18): 464-468.
- Auswirkungen saurer Niederschläge auf Waldökosysteme - Sonder-Bibliographie. 1983. Dokumentationsstelle der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn. 16 S.
- Binns, W. O., and D. B. Redfern. 1983. Forest decline in Germany: observations on soils, nutrition and pathology made during a study tour 24 September to 6 October 1982. Note Forestry Commission, 10 p.
- Breemen, N. van, P. A. Burrough, E. J. Veldhorst, H. F. van Dobben, T. de Wit, T. B. Ridder and H. F. R. Reinders. 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. *Nature* 299: 548-550.
- Cowling, E. B., and R. A. Linthurst. 1981. The acid precipitation phenomenon and its ecological consequences. *Bioscience* 31 (9): 649-654.
- Dam, D. van. 1983. Invloed van luchtverontreiniging op de Nederlandse flora en op verzuring van de bodem. Rapport - Rijksinstituut voor Natuurbeheer Nr. 83-11. 263 blz.
- Effects of SO₂ and its derivatives on natural ecosystems, agriculture, forestry and fisheries. 1981. Report of an IERE Working Group. Central Electricity Generating Board, Central Electricity Research Laboratories, Leatherhead, England. 4 + 31 + 92 + 67 + 77 + 13 p.
- Fuhrer, J., and C. Fuhrer-Fries. Interactions between acidic deposition and forest ecosystem processes. *European Journal of Forest Pathology* 12: 377-390.
- Hatzfeld, H. 1982. Stirbt der Wald? - Energiepolitische Voraussetzungen und Konsequenzen. *Alternative Konzepte, Schriftenreihe der Georg Michael Pfaff Gedächtnisstiftung* Nr. 41. 230 S.
- Hatzfeld, H. 1983. Was kann der Forstmann waldbaulich gegen das Waldsterben tun? *Allgemeine Forstzeitschrift* 38 (32): 810-811.
- Immissionsbelastungen von Waldökosystemen, erweiterte Neuauflage. 1983. Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen. 57 S.
- Johnson, D. W. 1981. Acid rain and forest productivity. In: *Proceedings of the XVIth IUFRO World Congress, Japan 1981, Division 1*, p. 73-89.
- Malhotra, S. S., and R. A. Blauel. 1980. Diagnosis of air pollutant and natural stress symptoms on forest vegetation in Western Canada. Information Report, Northern Forest Research Centre NOR-X-228. 84 p. Environment Canada, Edmonton, Alberta.
- Poortinga, G. 1982. Breekt de zure regen ons nu al op? - De toekomst van de houtvoorziening in gevaar. *De Houtwereld* 35 (21): 23-27.
- Posthumus, A. C. 1981. De invloed van luchtverontreiniging op planten. *Natuur en Techniek*. 49 (7): 488-507.
- Rehfuess, K. E. 1983. Walderkrankungen und Immission - eine Zwischenbilanz. *Allgemeine Forstzeitschrift* 38 (24): 601-610 und 38 (26 und 27): 640.
- Roelofs, J. 1983. Toenemende gevolgen van zure neerslag in Nederland. *Natuur en Milieu* 7 (5): 13-15.
- Schrader, S., U. Greve und H. R. Schönwald. 1983. Saure Niederschläge und Waldschäden - Bibliographie. *Mitteilungen der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* Hamburg Nr. 138. 108 S.
- Smith, W. H. 1981. Air pollution and forests. 379 p. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin.
- Ulrich, B. Die Wälder in Mitteleuropa: Messergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. Vortrag vor dem Deutschen Forstverein am 24.9.1980.
- Ulrich, B. 1983a. Belastung und Belastbarkeit von Waldökosystemen mit Luftverunreinigungen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 154 (4 und 5): 76-82.
- Ulrich, B. 1983b. Stabilität von Waldökosystemen unter dem Einfluss des sauren Regens. *Allgemeine Forstzeitschrift* 38 (26 und 27): 670-677.
- Ulrich, B., R. Mayer und P. K. Khanna. 1979. Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, Band 58. 291 S.
- Ulrich, B., und J. Pankrath (editors) 1983. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. 390 p. D. Reidel Publishing Company Dordrecht Boston (USA) London.
- Verstraten, J. M. 1982. De bodem als bufferend systeem tegen verzuring. Inaugurele rede Universiteit van Amsterdam, 18 oktober 1982. 15 p.
- Waldschäden durch Luftverunreinigung. 1982. Bericht des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, des Bundesministers des Innern und des Länderausschusses für Immissionsschutz. *Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A (Angewandte Wissenschaft)* Heft 273. 65 S. + 3 Anlagen.
- Wenzel, K. F. 1982. Ursachen des Waldsterbens in Mitteleuropa. *Allgemeine Forstzeitschrift* 37 (45): 1365-1368.
- Winkler, P. 1982. Zur Trendentwicklung des pH-Wertes des Niederschlags in Mitteleuropa. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 145: 576-585.
- Zum Erkennen von Immissionsschäden an Waldbäumen. 1983. Sonderdruck *Allgemeine Forstzeitschrift* (Redaktion und Gestaltung F. Bauer). 16 S. BLV-Verlagsgesellschaft mbH München.

Stichting Bos en Hout
Bosrandweg 5
Postbus 253
6700 AG Wageningen
telefoon: 08370-10121