

Schade aan bossen door luchtverontreiniging

Verslag van een excursie in Nordrhein-Westfalen, de Harz, de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug georganiseerd door de KNBV van 7 t/m 11 mei 1984

J. J. Westra, met medewerking van J. Lub, C. J. M. Sloet van Oldruitenborgh en J. J. Zuiderveen Borgesius

De vele verontrustende, maar vaak ook verwarrende, berichten over ernstige schade aan bossen in de Bondsrepubliek Duitsland die wordt toegeschreven aan verontreinigingen van allerlei aard van de atmosfeer (vaak globaal maar misleidend aangeduid als "zure regen") hebben het bestuur van de Koninklijke Nederlandse Bosbouw Vereniging aanleiding gegeven tot het organiseren van een studiereis gewijd aan dit thema. Contacten met de Deutsche Forstwirtschaftsrat leidden tot de keuze van een aantal objecten in Nordrhein-Westfalen en in de Niedersächsische Harz. Bovendien werd de mogelijkheid geschapen de in Duitsland waargenomen verschijnselen te vergelijken met de conditie van enige Nederlandse bossen. De uitwerking van het programma in samenwerking met de Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung des Landes Nordrhein-Westfalen (LÖLF), de Forstverein Westfalen-Lippe, de Höhere Forstbehörde Westfalen-Lippe, de Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen, de Niedersächsische Landesforstverwaltung alsmede de beheerders van de bezochte objecten, en voor wat betreft het Nederlandse gedeelte het Staatsbosbeheer, heeft geresulteerd in een gevarieerde en zeer belangwekkende excursie waarvoor een woord van dank aan alle betrokkenen op zijn plaats is.

In grote lijnen was het programma als volgt opgezet: Begonnen werd met een inleiding in de problematiek en een bezoek aan objecten in en nabij het Ruhrgebied, dat als een belangrijke bron van luchtverontreinigingen wordt beschouwd. Daarop volgde verplaatsing naar het gebied ten oosten van Paderborn, in het Eggegebirge, de oostelijke afsluiting van het Bekken van Münster. Tegen deze oostrand heeft men in recente jaren veel schade aangetroffen die wordt toegeschreven aan expositie aan luchtverontreinigingen afkomstig uit ver afgelegen gebieden (waarschijnlijk weer vooral uit het Ruhrgebied). De volgende groep objecten lag in de Harz, vooral in de hogere zones van dit gebergte. Ook hier geldt dat de luchtverontreiniging die daar schade zou veroorzaken van grote afstand wordt aangevoerd. Als herkomstgebieden ziet men zowel industriegebieden in het westen (Ruhrgebied, bekken van Luik, Noordoost Frankrijk) als in het oosten en zuidoosten

(DDR, Tsjechoslowakije). Tenslotte werd in Nederland aandacht besteed aan de situatie in Kootwijk, Garderen en de Lage Vuursche, speciaal aan het probleem van stikstofverontreiniging (ammoniak afkomstig uit de bio-industrie en stikstofoxiden, afkomstig van wegverkeer en andere hete verbrandingsinstallaties).

7 mei 1984

De excursie begon met een rit naar hotel Seehof te Haltern bij Recklinghausen aan de Noordrand van het Ruhrgebied. Hier werden de deelnemers verwelkomd door de gastheren uit Nordrhein-Westfalen en in het bijzonder uit het gebied Westfalen-Lippe waarin het eerste deel van de excursie zou worden gehouden. Dr. H. Gensler, directeur Forstplanung bij LÖLF, gaf enige achtergrondgegevens omtrent aard en omvang van de schade. De zwaarste schade aan bossen wordt in Midden-Europa aangetroffen binnen de vierhoek Regensburg-Dresden-Breslau (Wroclaw)-Brünn (Brno)-Regensburg, derhalve rondom de industriegebieden van Bohemen-Moravië, Saksen en Silezië. Het overgrote deel van de Bondsrepubliek valt dus min of meer in het randgebied, wat niet wegneemt dat de schade ook hier omvangrijk is. Van het totale bosareaal in de BRD van ca. 7.4 miljoen ha is 35% min of meer aangetast waarbij de verdeling van land tot land nog aanzienlijk uiteenloopt (tabel 1).

Volgens de inleider behoort tot het schadebeeld van de groeven:

- a scheve kronen, afbuigend onder invloed van de verontreinigde luchtstroom.
- b zeer ijle kroon door naaldenverlies, gepaard aan misvormingen (verkrummingen, secundaire beschadigingen).

Bij de fijnspar worden drie klassen van schade bij de inventarisatie gehanteerd:

- 1° klasse: vrij ijle kroon, ca. 10% naaldverlies.
- 2° klasse: optreden van dode twijgen, afhangende twijgen met naaldbundeltje aan het eind, vorming van nieuwe scheutjes op de hoofdtak (lametta-syndroom).
- 3° klasse: zeer ijle, stervende kroon.

Bij de beuk zijn de schadesymptomen:

- a ijle kroon door verdrogende, uitdunnende takken;

Tabel 1 Beschadigd bos in de deelstaten van BRD.

land	totale bos- oppervlakte mij. ha	% beschadigd	opp. beschadigd mij. ha
Beieren	2,44	46%	1,12
Baden-Württemberg	1,30	49%	0,64
Niedersachsen	0,98	17%	0,17
Nordrhein-Westfalen	0,85	35%	0,30
Hessen	0,83	14%	0,12
Rheinland-Pfalz	0,77	23%	0,18
Saarsw.-Holstein.	0,14	12%	0,02
Saarland	0,09	11%	0,01
totaal	7,40	34,6%	2,56

In Nordrhein-Westfalen is de aantasting van de diverse boomsoorten uiteenlopend maar wel aanzienlijk zoals blijkt uit tabel 2.

Tabel 2 Bosbeschadigingen in Nordrhein-Westfalen, naar boomsoort.

boomsoort	totale opp. × 1.000 ha	% beschadigd	opp. beschadigd × 1.000 ha
fijnspar	325,0	36%	117,0
groveden	79,2	73%	57,8
overig naaldhout	37,5	34%	12,7
beuk	216,2	31%	67,0
eik	104,7	18%	18,8
overig loofhout	92,3	26%	24,0
totaal	854,9		297,3

- b gelijke verkleuring van het blad;
- c kleine gerimpelde bladeren met gegolfde rand;
- d abnormale vruchtzetting;
- e kale grond rondom de stamvoet als gevolg van afvloeiing van sterk verzuurd water langs de stam.

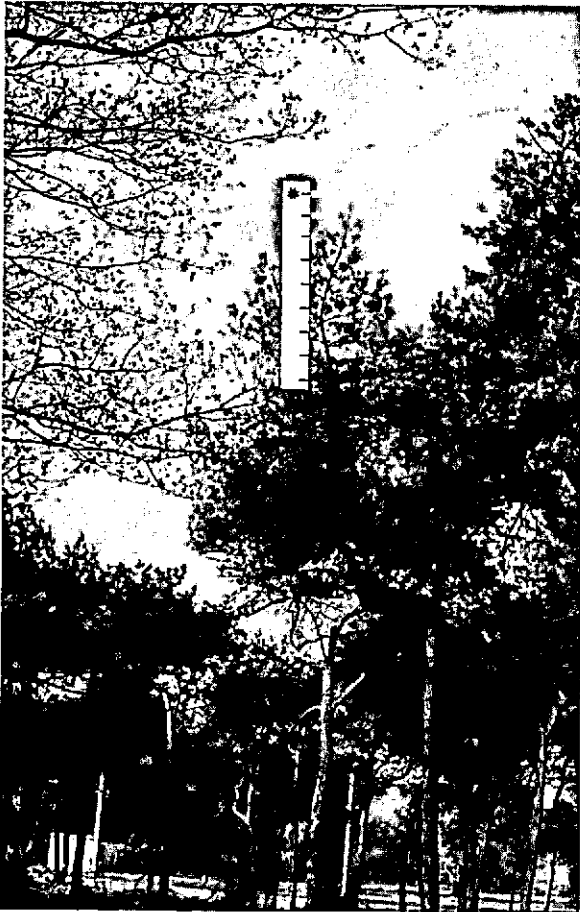
De schade aan de groveden wordt overwegend gevonden in gebieden waar vanouds rookschade optrad; bij de fijnspar en beuk is een belangrijk deel van de schade sinds 1981 geconstateerd in streken die bekend stonden om hun zuivere lucht en waar deze verschijnselen niet eerder waargenomen waren. Als bronnen van luchtverontreiniging ziet men vooral de industrie (en daarvan met name de electriciteitscentrales) en het verkeer. De industrie brengt vooral zwaveldioxide en stikstofoxiden in de atmosfeer, het verkeer vooral stikstofoxiden en koolwaterstoffen. Verder kunnen fluoride, chloride en zware metalen een rol spelen, maar deze stoffen worden in het algemeen als van ondergeschikt en meer plaatselijk belang gezien (wellicht niet altijd terecht). Door reacties in de atmosfeer zullen bovendien andere schadelijke stoffen kunnen ontstaan, zoals SO₃ en Ozon. Over Ozon is nog weinig bekend. Ten gevolge van de vormingswijze (foto-oxidatie onder invloed van stikstofoxiden en koolwaterstoffen) fluctueert de concentratie sterk in een dagelijkse cyclus en is bovendien afhankelijk van de weers-

gesteldheid. Gevaarlijke concentraties kunnen wel voorkomen.

Nog enkele cijfers: de zwaveldioxide-uitstoot bedraagt ca. $3,5 \times 10^6$ ton per jaar en neemt iets af; de stikstofoxiden zijn toegenomen van ca. 2×10^6 ton/jaar in 1966 tot ca. 3×10^6 ton/jaar in 1978. Zwavelverbindingen worden sinds de bouw van hoge schoorstenen ver verspreid en hieraan schrijft men het optreden van schade toe in "Reinluftgebiete" op grote afstand van vervuilingbronnen. Van de lozing op grote hoogte verwachtte men dat dit zou leiden tot een mate van verdunning in de atmosfeer die schade zou uitsluiten. Er blijkt echter onder invloed van bos weer concentratie op te treden. Hoe dit in zijn werk gaat is niet volledig opgehelderd maar de cijfers over de opvang van sulfaat-ionen op twee meetplaatsen, Haard en Olpe spreken duidelijke taal (tabel 3). Meetplaats Haard ligt aan de rand van het Ruhrgebied, Olpe op ruime afstand ten zuidoosten ervan.

Uit de inleiding van dr. Gensler blijkt wel dat, hoewel niet precies valt aan te geven hoe de schade tot stand komt, er toch sterke aanwijzingen zijn dat atmosferische verontreiniging de stoot heeft gegeven tot de huidige achteruitgang van de gezondheidstoestand van vele bossen.

In de inleiding van dr. W. Knabe, een van de eersten die op deze bosbeschadigingen de aandacht vestigde,



Herten-Herne. 96-jarige groveden: herstel van de hoogtegroei sinds ca. 8 jaar door vermindering van luchtvervuiling. (foto J. Lub)

werd nader ingegaan op de waarnemingen die tot nu toe aan allerlei bossen zijn verricht en op de conclusies die uit de kartering van de verspreiding van de schade zijn te trekken. Van speciaal belang was o.a. zijn opmerking over het voorkomen of verdwijnen van korstmossen. Een aanzienlijk aantal gevoelige soorten is verdwenen of zeldzaam geworden maar dit wil allerm minst zeggen dat korstmossen in het algemeen zijn verdwenen. Dit is nl. lang niet altijd het geval. Het gaat om de gevoelige soorten. Ook heeft hij de droogte van het klimaat in de beschouwing betrokken. De tegenwerping dat in droog klimaat de benaalding altijd slecht is en dat dus de gevonden ijle naaldbezetting aan droogte moet worden toegeschreven heeft volgens hem wel enige geldigheid voor wat betreft het eerste deel maar niet voor wat betreft de conclusie. Ook in droge streken is de benaalding verminderd in vergelijking met de normale situatie. Vermindering van de hoeveelheid naalden correleert goed met de belasting met verontreinigingen en is gesuperponeerd op ver-

schillen die uit het klimaat verklaard kunnen worden. Het vinden van ijle benaalding en eventueel een schaarste aan korstmossen kan leiden tot *verdenking* van verontreinigingsschade, maar het vaststellen van verhoogde gehalten aan zwavel, fluor, chloor, lood ed. geeft vrijwel zekerheid hierover.

Namens de "Forstverein Nordrhein-Westfalen" en de "Höhere Forstbehörde Westfalen-Lippe" gaf Fm. H. J. Wegener een visie vanuit de bosbouwpraktijk. Aanvankelijk had deze moeite om de vage, sluipende veranderingen te herkennen als gevolg van toegenomen luchtverontreinigingen. Het ging vaak om beelden die wel al bekend waren maar die nu algemener en in andere gebieden zichtbaar werden. Moeilijk was te beoordelen in hoeverre het ging om tijdelijke of blijvende verschijnselen. Nu heerst algemeen het gevoel dat de grote uitbreiding wel moet worden toegeschreven aan luchtverontreiniging. Het bosbeheer kan geschied veel meer doen dan aandringen op bestrijding bij de bron en trachten de weerstand van het bos te vergroten in afwachting van verbetering van de algemene situatie. Intensiveren van de bosverzorging is nodig, maar men moet waken tegen het scheppen of vergroten van openingen en sleuven in het bos aangezien daar de schade zich het sterkst manifesteert. Goede boomsoortenkeuze wordt aanbevolen, maar men is sceptisch over de wenselijkheid en effectiviteit van bemesting en veredeling. Ook als men nog niet alles weet, moet men door verbeterd beheer trachten profylactisch te werk te gaan en tijd te winnen. De oplossing ligt echter in het aanpassen van het beleid ten aanzien van het totale gebruik van hulpbronnen door de samenleving in een geïndustrialiseerd land.

Na deze inleidingen volgde een bezoek aan het LÖLF in Recklinghausen, waar in geforceerd tempo een indruk werd gegeven van de activiteiten van dit instituut op het gebied van inventarisatie, onderzoek en planning.

8 mei 1984

Dit deel van de excursie wordt gehouden in het gebied Recklinghausen-Haard, waarbij de begeleiding is toevertrouwd aan de heer Müller-Schönau van de "Forstbehörde Münster". Het gebied waarover deze "Forstbehörde" gaat omvat ca. 24000 ha bos waarvan ca. 8000 ha gemeentebos, ca. 8000 ha kleine particuliere bosbezittingen en ca. 8000 ha grote particuliere bosbezittingen. De hoofdtaak van de Forstbehörde is te zorgen voor het behoud van de bosoppervlakte. Door de aanspraken van industrie, wegebouw en stadsuitbreiding gaat nogal wat bos verloren waarvoor compensatie moet worden gezocht. Het vinden van geschikte terreinen hiervoor geeft vele problemen, o.a. doordat bebouwing van stortbergen geen bos in juridi-

sche zin oplevert ("Fläche mit Baumwuchs") omdat de stortberg geen "Fläche" maar een "Körper" is! Andere terreinen zijn echter zeer schaars. Daarnaast ligt een zwaar accent op voorkoming en bestrijding van bosbrand. Het bezochte gebied, gelegen in en nabij de noordrand van het Ruhrgebied, was vooral in de omgeving van Recklinghausen vanouds sterk blootgesteld aan allerlei luchtverontreinigingen. De hemel was altijd grauw. Sinds ongeveer 10 jaar, ten gevolge o.a. van de bouw van hoge schoorstenen, is de situatie verbeterd. Stervende bossen komen niet voor, beschadigde wel maar er is hier en daar groeiverbetering te signaleren.

Het *eerste excursiepunt* is een bosje bij Herten-Herne, onderdeel van het Stadtwald Recklinghausen. Het is een grove-dennebos grenzend aan een eike-opstand. De bodem is een podzol in zand met vrij ondiepe grondwaterstand (ca. 150 cm). Hier zou goede groei mogelijk zijn, maar de ligging temidden van industrie, wegen en spoorlijnen heeft gezorgd voor zware schade door luchtverontreiniging. De groveden en de eik zijn beide 96 jaar oud, hoogte 8-10 m, diameter 10-15 cm, voorraad ca. 100 m³/ha slecht mijnhout. De hoogte zou ca. 22 m hebben kunnen zijn en de voorraad 260 m³/ha! Sinds ca. 10 jaar is enig herstel van de kronen waarneembaar met betere benaaiding en langere jaarscheuten. De ondergroei van het bos is tamelijk rijk met vlier en adelaarsvaren.

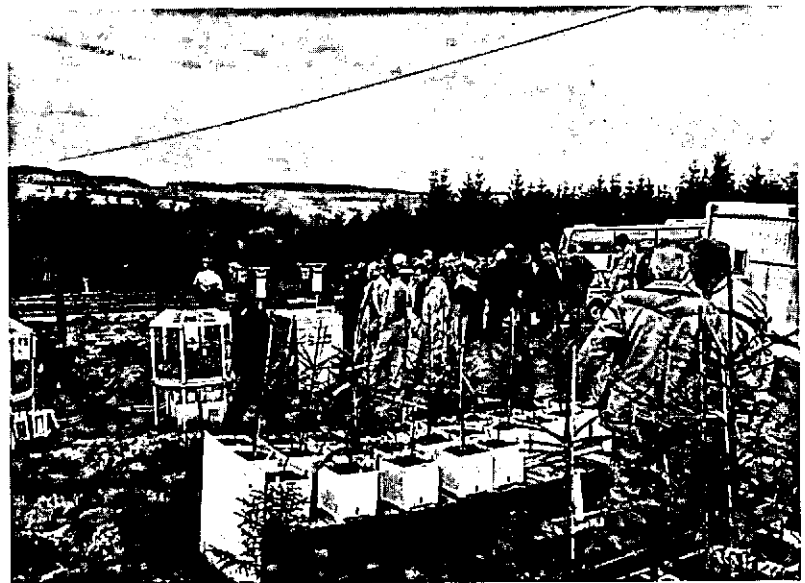
Het *tweede excursiepunt* ligt noordelijker, bij Borckenberge, noordoost van Haltern, by Sythen in het complex Linnert aan de Mühlenbach. Het is onderdeel van het bosbezit van de Graf von Westerholt. De bodem is een podzol-gley met ruwe-humusachtige modder op grof, ietwat leemhoudend (sloefig) zand. Het

terrein is aan de zuidwestzijde beschermd door de hoogte van de Haard en had in het verleden geen last van luchtverontreinigingen. De opstand bestaat uit groveden, beuk en lariks, hoogte 28-30 m, leeftijd 105 à 145 jaar, volume per boom 5 à 6 m³ met zeer goede stamkwaliteit. (Naaldhout ca. 120 DM/m³, beuk zelfs 220 DM/m³.) De beuk is nu de nagestreefde hoofd-houtsoort. Hierbij doet zich het probleem voor dat sinds geruime tijd de verjonging van deze soort onbevredigend is. Sinds 15 jaar heeft men geen natuurlijke verjonging meer gehad terwijl in het verleden om de 7 à 10 jaar een goed mastjaar optrad.

Het *derde excursiepunt* is een 42-jarige opstand van Amerikaanse eik op een podzolbodem in zand (stuifzand op grondmorene uit de Saale-ijstijd). Hoogte van de Amerikaanse eik: 19 m. Bastbeschadiging door scheuren die gaan woekeren door infectie met bacteriën en *Nectria cinnamomea*, is zeer algemeen. Deze schade wordt toegeschreven aan het sterk verzuurde water dat langs de stam afvloeit (zie volgend excursiepunt). De infectie met *Nectria* en bacteriën zou secundair zijn. De opstand wordt niet verder verzorgd omdat het terrein bestemd is voor winning van kwartszand (zeer zuiver, geschikt voor de optische industrie) dat onder de Saale-grondmorene voorkomt.

Het *vierde excursiepunt* is het meetstation Haard waar sinds oktober 1981 waarnemingen worden gedaan aan droge en natte depositie van verontreinigingen uit de atmosfeer afkomstig. Dr. J. Block van LÖLF gaf toelichting. Er zijn meetopstellingen in het open veld (jonge beuken-lariks opstand), in beukebos en in fijnsparbos. In het open veld wordt gemeten wat neerkomt op de begroeiing; uit neerslaghoeveelheid en concentratie wordt bepaald wat de (natte) toevoer is

Meetstation "Haard": opstelling van begassingskassetjes met controles en neerslagmeters in het "vrije veld", boven een jonge beuken-larikscultuur.
(foto H. Kampf)



Tabel 3 Sulfaat-neerslag op meetpunten Haard en Olpe.

a Concentraties (mg/l)				
	open veld	beuk via kroon	via stam	fijnspar via kroon
Haard	6,66	13,70	79,80	51,22
Olpe	4,52	9,41	17,72	21,58

b Jaarlijkse neerslag (kg/ha)				
	open veld	beuk		fijnspar
Haard	51,8	152,1		220,8
Olpe	54,3	133,3		177,3

Tabel 4 pH opgevangen neerslagwater.

vrije veld:	4.0
Beuk via blad	4.0
Beuk via stam	3.4
Fijnspar via kroon	3.5

(zie ook tabel 3). Ook de droge depositie wordt bepaald. In aparte opvanginrichtingen worden afzettingen van sporenelementen (Fe, Cd, Zn, As, Cu, Mn, enz.) verzameld en tweemaal per jaar bepaald. In het bos wordt gemeten wat via de boomkronen en de stammen naar beneden komt en in hoeverre het bos meer stoffen onderschept dan in het vrije veld neerkomen. Hierbij blijkt dat dit van aanzienlijke betekenis is, wat geïllustreerd wordt door de gegevens van de pH (zie tabel 4, zie ook tabel 3). Uit deze waarden blijkt dat in het bos meer zuurvormende bestanddelen worden opgevangen en aan de bodem doorgegeven dan in het vrije veld. Zowel de boomkronen als de bodem zijn daardoor zwaarder belast met verontreinigende stoffen. Dit kan leiden tot directe schade aan blad en takken, maar ook tot indirecte schade door verandering van het wortelmilieu. Hierbij kan van betekenis zijn dat onder beuk de verontreiniging via het stamafloeiwater sterk op bepaalde plekken geconcentreerd de bodem bereikt. In verband hiermee is onder leiding van prof. Rütterman begonnen met wortelonderzoek, o.a. naar mycorrhizavorming.

Dat echter niet overal in deze streek de opname van voedingsstoffen en vocht door de zure regen wordt bemoeilijkt werd de excursiedeelnemers duidelijk gemaakt in de als Museum-Gastwirtschaft ingerichte watermolen by Sythen (Linnert).

9 mei 1984

Op deze dag komt de excursie voor het eerst in een gebied waar sprake is van "nieuwe luchtverontreiniging". De noord- en ooststrand van het bekken van Westfalen wordt gevormd door het Teutoburgerwoud en het Egge-gebirge. Dit lage middelgebirge verheft zich tot ca. 400 m boven zeeniveau, terwijl Paderborn, nog in het bekken op ca. 120 m ligt. Terwijl dit vroeger

gold als "Reinluftgebiet" is hier sinds 1980 in toenemende mate schade opgemerkt vooral aan de westelijke (loef-)zijde van de heuvels. De luchtmassa die via hoge schoorstenen in de industriegebieden verontreinigd wordt, verplaatst zich boven de veel voorkomende grondinversen naar het oosten en komt hier weer in contact met het aardoppervlak, aldus de gangbare verklaring. De excursie wordt in het Staatsforstamt Paderborn geleid door Forstrat Holtkämper, begeleid door Baron von Elverfeldt als vertegenwoordiger van de Deutsche Forstwirtschaftsrat. Het Forstamt omvat terreinen in het laaggelegen Delbrücker land met zandig-lemige bodem van pleistocene ouderdom, op de Paderborner hoogvlakte met Plänerkalk waarop vooral beukenbos voorkomt en in het Teutoburgerwald-Eggegebirge met zandstenen van Gault-Neocoom-ouderdom (Krijttijdperk) met plaatselijk Muschelkalk (Trias), waar de fijnspar overheerst (70%) aangevuld met beuk (30%). In dit Forstamt ligt 9000 ha staatsbos, 4000 ha overige openbaar bosbezit en 5000 ha particulier bos.

Het eerste excursiepunt is een 60-jarige fijnsparopstand bij Buken. De standplaats is een zure bodem (pH 3,6 à 3,8) op zandsteen uit het Neocoom. Neerslag is ca. 1100 mm. Het terrein is in de vorige eeuw bebost, toen de begroeiing heide-achtig was. De fijnspar is in dit gebied niet inheems maar blijkt minstens even vitaal als de wel inheemse beuk, tenminste op deze standplaats. Afgezien van de luchtverontreiniging waren er al eerder bosbouwkundige problemen. De opstand heeft ca. 8 jaar geleden schade geleden door wind- en sneeuwbreuk; ook is er veel hertenschade. Verder heeft men in de periode van lage houtopbrengsten (ca. 1965-'75) de dunning beperkt en uitgesteld; de laatste jaren is men begonnen de achterstand in te lopen, wat echter tot zeer drastische ingrepen leidde. De hierbij ontstane openingen en sleuven lijken nu invalspoorten van de luchtverontreiniging te zijn: de schadebeelden vertonen zich het sterkst aan de oostkant hiervan. De schadesymptomen die aan luchtverontreiniging werden toegeschreven, zijn hier:

a Vergeling: door afbraak van chlorofyl blijven in de naalden gele kleurstoffen (caroteen) over; magnesium



Bosrand met verschijnselen van zure regen aan fijnspar.
(foto P. Grijpma)



Eggegebirge: fijnspar met uitgedunde kroon en "Lametta-syndroom".
(foto J. Lub)

wordt uitgespoeld. Deze verkleuring is vanaf de bovenkant van de kroon veel duidelijker zichtbaar dan vanaf de onderkant.

b Naaldverlies: afvallen van oude naalden en bovendien afwerpen van complete twijgen (Zweigabsprünge).

c Lametta-syndroom: afhingende secundaire twijgen bij fijnsparren die dit van nature niet doen (hier vindt men weinig genetisch bepaalde "Kammfichten") en vorming van nieuwe scheutjes op de hoofdtak.

d Wortelschade: bij daling van de pH beneden 4,2 verwacht men schade aan fijne wortels. Men vindt ook weinig goed ontwikkelde mycorrhiza in de bovengrond. De pH zou in de laatste 15 jaar merkbaar gedaald zijn.

Als bosbouwkundige maatregelen acht men kap van alle bomen met aantastingsgraad 3 (ijle, stervende kroon) nodig. Kaalkap probeert men te vermijden: met een volkomenheidsgraad van 0,4 à 0,5 hoopt men via natuurlijke verjonging nieuw bos te krijgen. Bastkeverplagen heeft men tot nu toe kunnen voorkomen door

scherpe aandacht voor boshygiëne. Controle op de populatie oefent men uit met behulp van lokstofvallen die overal aan opstandsranden te zien zijn. In het belang van de natuurlijke verjonging moet de stand van edelherten en reeën verlaagd worden. Momenteel is deze vrij hoog, maar ten tijde van het ontstaan van deze bossen was hij zeer laag, wat voor slagen van bebossing of verjonging van belang is.

Het *tweede excursiepunt* is een meetstation van LÖLF in beukebos en fijnsparbos op lössleem. De ondergroei in het beukebos is rijk: bingelkruid, klaverzuring, speenkruid, viooltje, framboos. De opgegeven meetcijfers komen in grote lijnen overeen met de eerder genoemde:

pH van neerslag in vrije veld: 4,3

(zou zonder zwaveltoevoer 5,6 zijn)

pH van neerslag onder beukenkronen: 4,4,

idem onder fijnspar: 3,6,

idem van afvloeit langs beukestam: 3,6.

Aan sulfaatjonen vangt men 4-7× de normale hoe-

veelheid op, aan nitraat 4x normaal, aan chloride ook ca. 4x normaal (ca. 60 kg/ha/jaar).

Onderweg naar het volgende punt is overal vergelijking van de fijnspaar aan opstandsranden te zien. Ook aan Japanse lariks is schade door naaldenverlies te constateren.

Het *derde excursiepunt* is een ca. 50-jarige fijnspaaropstand in een dalletje op 350 m hoogte. De bodem is een "Podzolige Braunerde" op lemig zand (Gault). In dit dal treedt veel nevelvorming op. De opstandsranden zijn vrij goed van kleur maar in de opstand zijn alle bomen vergeeld en vertonen Lamettasymdroom en twijgval. Toch zijn de topscheuten nog goed. De neveligheid zou hier leiden tot concentratie van schadelijke stoffen in de opstand. In deze omgeving werd het eerst schade opgemerkt. Merkwaardig is wel dat de aangrenzende opstand van Amerikaanse eik totaal geen bastaantastingen vertoont en uitstekend groeit. Men experimenteert hier met spuitmiddelen die de huidmondjes van het blad moeten afsluiten zodat de verontreiniging niet kan binnendringen. Hoe dan de fotosynthese moet plaatsvinden is niet duidelijk. Het bosbeheer ziet hier niet veel in; bekalking acht men nuttiger ter bescherming van het wortelmilieu. Het is echter kostbaar en het blijkt moeilijk een redelijke hoeveelheid kalk dieper dan 60 m vanaf de weg het bos in te blazen: 10 ton kalk à DM 100/ton, kosten DM 1.000/ha en dan komt het meeste neer binnen 30 m van het pad waarover het blaasapparaat rijdt!

Excursiepunt 4 is een proefopstelling van de "Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz". Men meet hier sinds een half jaar zwavel, ozon, chloride, stikstofdioxide, zwevend stof e.d., daarnaast neerslag, ook van nevel, en temperaturen. De metingen zijn volautomatisch per minuut en worden gesommeerd tot halfuur- en dagwaarden. Verder worden proeven gedaan met planten in omgevingslucht en in gezuiverde lucht. De ozonconcentraties zijn hier 2 à 3 x zo hoog als in een industriegebied; de fluctuaties zijn gering. In de laatste 2 maanden zijn de ozonconcentraties min of meer constant gebleven (12 µg/m³ lucht) en zwaveldioxide is gestegen. Hierna is de reis voortgezet naar de Harz, waarbij onderweg de gedachten even werden afgeleid van de luchtverontreiniging tijdens een bezoek aan het klooster Corvey bij Höxter.

10 mei 1984

De excursie bevindt zich op deze dag in de Harz in de deelstaat Niedersachsen. De gastheren vertegenwoordigen de Landesforstverwaltung van Niedersachsen. Het zijn: Oberforststrat Ostermeyer, bij de Landesforstverwaltung belast met de voorlichting over het bos, Forstdirektor Hanke, voormalig beheerder van het Forstamt Harzburg, nu belast met het houtafzetbeleid

in Niedersachsen. Oberforststrat Jacobi, houtvester in Harzburg, dr. Hauskeller, bosbouwreferent bij het Landesministerium voor Land- en Bosbouw en (later) Forstmeister Buff, beheerder van het bosbezit van de stad Osterode en bestuurslid van de "Nordwestdeutsche Forstverein".

De Harz is het hoogste middelgebergte ten noorden van de Main en wordt doorsneden door de grens tussen de Bondsrepubliek Duitsland en de DDR. Het oostelijke deel met de hoogste top, de Brocken (1142 m) ligt in de DDR, het westelijke deel met als hoogste top de Wurmberg (971 m) in Niedersachsen.

In de Niedersächsische Harz ligt ca. 73.000 ha bos (90% van de oppervlakte). Hiervan is 92% staatsbos (15 houtvesterijen), 7% gemeentebos en 1% particulier bezit. Dit bosgebied omvat 20% van het staatsbos-areaal van Niedersachsen en levert 25% van de houtoogst ter waarde van ca. 30 miljoen DM per jaar. Behalve van betekenis voor de houtproductie is het bos in de Harz van grote waarde voor het toerisme (65.000 bedden, 9 miljoen overnachtingen, 70% van de werkgelegenheid in de Harz) en voor het waterbeheer.

In het bosrijke gebergte liggen talrijke stuwwallen, die dienst doen voor de watervoorziening van de grote steden in het laagland en voor de regulering van de rivieren die uit de Harz afvloeien.

Het klimaat in de Harz is relatief ruw, koud, rijk aan neerslag waarvan veel in de vorm van sneeuw zoals de excursie zelf kon constateren.

In de oorspronkelijke vegetatie domineerde de beuk in de lagere regionen, de fijnspaar in de hoogste zone. Door intensieve exploitatie sinds de middeleeuwen en herbebossing in het kader van geregeld bosbeheer sinds ongeveer twee eeuwen, is de beuk sterk teruggedrongen en het fijnspaarareaal sterk uitgebreid (76% zuiver fijnspaarbos, 19% beukebos, 5% overige soorten). Zuiver fijnspaarbos, beheerd in kaalkapsysteem met 120-jarige omloop en kunstmatige verjonging bepaalt het beeld. De gemiddelde aanwas (6,5 m³/ha.jaar) omdat men streeft naar verhoging van de houtvoorraad.

De geschetste situatie dreigt nu te veranderen door de sinds kort massaal optredende schade door luchtverontreiniging (tabel 5). Verwacht wordt dat aanwas en voorraad hierdoor achteruit zullen gaan. De schadeklassen zijn hier anders omschreven dan in Nordrhein-Westfalen en wel:

klasse 1: 10-25% naaldenverlies

klasse 2: 25-60% naaldenverlies

klasse 3: > 60% naaldenverlies, zwaar ziek en stervend.

Doordat in de Harz vanouds vele beschadigingen aan de fijnspaar voorkomen, is het voor incidentele bezoekers, zoals de deelnemers aan de excursie, moeilijk

Tabel 5 Schade-opname 1983, Harz.

	opgenomen oppervl. (ha)	vrij van schade (%)	schadeklasse		
			1	2	3 (%)
alle boomsoorten	71.819	55	23	17	5
fijnspar boven 60 jaar	20.738	24.6	32.6	32.6	10.2

een zuiver beeld te krijgen van de rol van luchtverontreinigingen. Alle schadebeelden kwamen al eerder voor ten gevolge van het ruwe klimaat, de ongunstige bodem, sneeuw- en ijzelbreuk, schiltschade door edelherten e.d. Men moet dan afgaan op de mededeling van de beheerders dat de omvang en de verspreiding in de laatste jaren sterk zijn toegenomen.

Opvallend was wel dat op 10 mei 1984 nergens in de hoge Harz fijnsparopstanden te zien waren, waarvan de kleur normaal donkergroen was. Alle waren vuilgeelgroen. Deze kleur wijst op magnesium- en kaliumtekort. Daarnaast treden uitgedunde "rafelige" kronen aan geëxponeerde randen en op hoge richels veel op, maar dit is op zichzelf niet abnormaal. Bedenklijk is dat deze kronen overal in de opstand te vinden zijn, maar dit is vanaf de grond moeilijk vast te stellen. Om deze reden is dan ook als eerste excursiepoint een vooruitspringende rotspartij gekozen vanwaar men een groot complex bos op de hellingen van bovenaf kan zien. Helaas was er zoveel bewolking op deze dag en deze hoogte, dat het uitzicht erg beperkt was. Het tweede punt is een proefveldje waar in april 1983 de bomen in de hoogste beschadigingsklasse met een K waren gemarkeerd. Nu, een jaar later, zijn er veel meer bomen in die klasse, bomen die blijkbaar in 1983 er aanzienlijk beter uitzagen. De K-bomen zijn even slecht gebleven of verder achteruitgegaan. Bovendien werd medegedeeld dat in 1979-'80 een krachtige verzorgende dunning was uitgevoerd zodat aangenomen moet worden dat de K-bomen tussen 1980 en 1983, van een redelijke tot goede conditie in een zeer slechte geraakt zijn. Dat de oorzaak hiervan in luchtverontreiniging ligt, wordt door de bosbeheerder niet meer betwijfeld, al zijn de aanwijzingen meestal indirect en is niet uitgemaakt welke stoffen of combinaties van stoffen de waargenomen schade veroorzaken.

Sommige tegenwerpingen tegen de opvatting dat luchtverontreiniging oorzaak is, worden vermeld met daartegen in te brengen argumenten.

a "De stormen van 1972-'73 en '76 hebben wortelbeschadigingen veroorzaakt, die zich nu uiten." De tussenliggende periode is echter erg lang en bovendien niet voor alle streken gelijk. Dit klinkt nog weinig overtuigend maar het argument dat schade ook optreedt in opstanden die tijdens de stormen te jong waren, om losgewrikt te worden, is beter.

b "Volgens de kwaliteitscontrole op het water in de stuwmeren is de chemische samenstelling hiervan niet

veranderd." Dit water heeft echter het "filter" van vegetatie, bodem en eventueel ondergrond doorlopen. Schade aan de vegetatie is dan nog wel degelijk mogelijk vooral als die door gassen of droge depositie wordt veroorzaakt.

c "Er zijn veel korstmossen aanwezig." Hiertegen kan worden aangevoerd dat de gevoelige soorten wel verdwenen kunnen zijn en de resistente zijn overgebleven (zie inleiding Knabe op 7 mei).

d "De massale monocultures van fijnspar vragen om moeilijkheden." Dat zou alleen gelden als men vroeger deze problemen ook had en als gemengde bossen vrij van schade waren. Dit laatste is niet zo en de vroegere problemen waren lang niet zo massaal.



Omgezaagde boom met een goede beworteling (> 1 m).
(foto P. Grijpma)

e "De fijnspar is een exoot en past niet in de omgeving waarin hij is aangeplant." In de hoogste delen van de Harz komen autochtone fijnsparopstanden voor en deze lijden evengoed als de geïmporteerde herkomsten elders in de Harz.

Het *derde excursiepunt* is een opstand in Forstamt Riefenbeek, die volkomen ineengestort was. Helaas was aan de restanten en aan de bodem te zien dat het bos het hier 150 jaar lang moeilijk had gehad, hol had gestaan, last had gehad van sneeuwbreuk en wateroverlast en ook nog van de voedselarmoede van de venige grond. De ondergang van dit bos toeschrijven aan luchtverontreiniging gaat verschillende excursiedeelnemers wel wat te ver.

Het *vierde excursiepunt* is aan de Sösetalsperre bij Osterode waar Forstmeister Buff ingaat op de betekenis van het bos voor toerisme en waterbeheer. Dit is de laagste zone van de Harz, ca. 300 m boven zee en hier valt bovendien te constateren dat niet alle fijnsparren in de Harz dezelfde vuil geelgroene kleur hebben. In deze lage, volgens de gangbare theorie tegen luchtverontreiniging door transport over grote afstand en op grote hoogte beschutte situatie is de kleur van de sparren eindelijk wat hij zou moeten zijn.

Om aan te tonen dat de drinkwaterkwaliteit in de Harz nog niet verslechterd is, verstrekte Forstmeister Buff aan alle excursiedeelnemers een flesje met een monster veredeld „Harzer Trinkwasser" waarvan de pH, het zwavelgehalte en het gehalte aan zware metalen aan alle normen van "Volksgezondheid" zouden voldoen; het gehalte aan het conserveermiddel C_2H_5OH is echter bij het veredelingsproces vrij hoog geworden, maar beslist op nog toelaatbaar niveau.

Hierna begon de excursie aan de terugreis naar Nederland.

11 mei 1984

De afsluiting van de studiereis wordt gewijd aan de resultaten van het vitaliteitsonderzoek van het Nederlandse bos. De leiding berust bij het Staatsbosbeheer, vertegenwoordigd door ir. F. W. van Tuyll van Serooskerken, ir. P. A. van den Tweel en ing. J. F. Firet. Het eerste object is een grovedennenopstand in de boswachterij Kootwijk, vak 13.

De opstand heeft een boniteit die iets lager ligt dan V volgens Grandjean en Stoffels en een volkomenheidsgraad 0.8. De bodem is een duinvaaggrond met beperkte mogelijkheden, zoals ook blijkt uit de lage boniteit. De inventarisatie op vitaliteitskenmerken in voorjaar 1984 geeft aan dat geen enkele boom als gezond beoordeeld wordt; dit wordt bevestigd door de infrarood-luchtopname. Hoewel de groei dus nooit echt goed is geweest, is de conditie nu verontrustend slecht terwijl er geen bodemkundige oorzaak is aan te geven

ter verklaring van deze achteruitgang. Invloed van luchtverontreiniging is niet uitgesloten, maar men wil hierover nog geen uitspraak doen.

Het *tweede object* is een douglasopstand van 50 jaar in Kootwijk. De bodem is een bewerkte holtpodzol van redelijke kwaliteit. De boniteit van de opstand is matig (IV, met aanwas van $10,5 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$). De naaldbezetting in het onderste deel van de kroon is goed, in de top echter minder. De dikte-aanwas van de laatste 10 jaar is lager dan van de daaraan voorafgaande periode. Het is de vraag of het gedrag van de douglas op deze bodem onder de gegeven omstandigheden van sterke expositie aan de wind abnormaal is. IJle toppen zijn bij hoog opgegroeide douglas al sinds twintig jaar niet ongewoon.

Bij het *derde excursiepunt*, een door de stormen van '72-'73 sterk geteisterde 55-jarige douglasopstand in de boswachterij Garderen, westelijk deel, noordelijk van de oude rijksweg Amersfoort-Apeldoorn is de situatie duidelijk slechter.

De boniteit is hier lager dan op het vorige punt en ook lager dan op grond van de bodemgesteldheid (holtpodzol in gestuwd preglaciaal matig fijn zand) mocht worden verwacht. Bij sommige bomen is de kroon ijl en de kleur lichtgroen, bij andere dichter en beter. De diktegroei van twee proefbomen van de eerste categorie is de laatste 7 jaar afgenomen, die van één proefboom van de tweede categorie is normaal doorgegaan. Ter verklaring van de slechte conditie wordt aangevoerd dat het stikstofgehalte in de naalden hoog is in vergelijking met de overige mineralen. Dit zou een gevolg kunnen zijn van ammoniakimmissie, afkomstig van de intensieve veehouderij in de Gelderse Vallei of van NO_x afkomstig van verkeer op de rijksweg. Hiertegen pleit dat de boniteit 10 à 20 jaar geleden niet veel hoger kan zijn geweest, omdat in dat geval de hoogtegroeï vrijwel stilgestaan zou hebben. Het kronenbeeld, hoewel slecht geeft geen aanleiding tot deze veronderstelling.

Het *vierde excursiepunt*, een opstand van groveden aan de Koude laan in Lage Vuursche is vatbaar voor sterk uiteenlopende interpretaties. Dat de conditie slecht is lijkt geen twijfel: de kronen zijn ijl en de naaldkleur is gellig. De boniteit (IV) is lager dan op grond van de kwaliteit van de bodem (veldpodzol in zeer fijn, zwak lemig zand) mag worden verwacht, maar ook hier geldt dat dit al lang het geval moet zijn. Volgens de gemeten boorspanen van drie proefbomen is de groei in de laatste periode wel slecht maar erg goed was hij nooit, zeker niet bv. in de jaren veertig. Ook de hoogtegroeï was nooit indrukwekkend; de grootste scheutlengte die op de stam te herkennen was, is 30 cm, geleidelijk dalend tot 20 cm omstreeks 1950, 10 cm omstreeks 1970 en enkele cm in de laatste jaren en dit klopt redelijk met de ontwikkeling van de opperhoogte

bij deze boniteit. Merkwaardig is dat het stikstofgehalte van de naalden abnormaal hoog is en de kalium- en magnesiumgehalten laag. Mogelijk speelt hier stikstofverontreiniging een rol (NH_3 en NO_x).

Als men probeert het geheel van deze excursie te overzien, dan wordt dit bemoeilijkt door de overstelpende hoeveelheid gegevens en verschijnselen. Sommige zaken die meegedeeld of getoond werden als aanwijzing voor schade door luchtverontreiniging, waren weinig overtuigend. De blakende gezonde Amerikaanse eik naast zwaar aangetaste fijnspaar ondermijnde het geloof in de stelling dat Amerikaanse eik als gevolg van depositie van schadelijke stoffen bastnecrose en slijmvloed krijgt. De ondergang van 150-jarige, altijd slecht gegroeide fijnspaar in Forstamt Riefenbeek was evenmin een overtuigende aanwijzing voor de betekenis van luchtvervuiling. Ook de Nederlandse bosbeelden riepen meer vragen op dan dat ze overtuigden. Het algemene voorkomen echter van de slechte

kleur en de scheutmisvormingen bij de fijnspaar zijn veel verontrustender, evenals de waarnemingen over de versterkte invoer van schadelijke stoffen in bosecosystemen in vergelijking met lage begroeiingen. De nog korte periode echter waarin schade is waargenomen, doet weer de vraag rijzen of er sprake is van een incidentele situatie of een blijvend gevaar. Dit laatste wordt aannemelijker waar men door groeianalyse kan aantonen dat de groei op de sterkst aangetaste plaatsen al verminderd was, lang voordat de zichtbare symptomen leidend werden waargenomen. Over het geheel genomen leidt het totaal aan vaak onduidelijke aanwijzingen tot ernstige verontrusting over de mate waarin luchtverontreiniging de groeivoorwaarden heeft verslechterd en de "stress" waaronder het bos leeft, heeft vergroot. Deze verontrusting heeft de deelnemers aanleiding gegeven in een telex aan de Minister-President uiting te geven aan hun bezorgdheid (NBT 56 (5) pag. 171).

pH en boomgroei

Binnenkort zal verschijnen:

pH en boomgroei – een literatuurstudie door J. van den Burg. Rapport nr. 282, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" te Wageningen. 596 p.

De zuurgraad van de grond, meestal weergegeven als de pH, is een eigenschap die de laatste jaren sterk in de belangstelling is toegenomen wegens de gevaren die bossen bedreigen door zure depositie en luchtverontreiniging ("zure regen"). Eén van de voorspelde gevolgen van de inwerkingen op de bodem is de daling van de pH. Omdat bij lager wordende pH steeds meer boomsoorten in de gevarezone komen, omdat een lage pH het gehalte aan giftige metaalionen doet toenemen en tenslotte directe schade veroorzaakt, is kennis van de invloed van de pH op de groei en gezondheids-toestand van bomen onontbeerlijk. Het bosbouwkundig onderzoek in binnen- en buitenland heeft tientallen

jaren lang onderzoek verricht naar onder meer de invloed van de pH op bomen. De uit deze onderzoekingen verkregen kennis is echter verspreid over zeer veel handboeken, rapporten en tijdschriftartikelen en daarom voor velen niet gemakkelijk toegankelijk. Het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" heeft daarom het initiatief genomen om de bestaande kennis op het gebied van de pH-eisen en -toleranties van boomsoorten te bundelen. Op deze wijze is een naslagwerk ontstaan dat gegevens bevat over de betekenis van de pH voor de belangrijkste in Nederland aangeplante boomsoorten in bossen, landschappelijke beplantingen, stedelijke gebieden, langs straten en wegen.

De oplage van dit rapport is beperkt.

De prijs is f 47,50, incl. portokosten bij bestelling vóór 15 november 1984. Na deze datum bedragen de kosten f 60,-.

Bestelling gaarne door overmaking van het bedrag op postgiro 948540 t.n.v. RBL "De Dorschkamp", onder vermelding van: Rapport 282 "pH".