

DE VERHOUDING TUSSEN BOSCH EN GROND.

Voordrachten, gehouden op de 15e wetenschappelijke bijeenkomst van de Sectie Nederland van de Int. Bodemk. Vereeniging over „de verhouding tusschen bosch en grond”, op 19 Mei 1944.

Agenda:

- Prof. Ir J. H. Jager Gerlings, Openingswoord; de verhouding tusschen bosch en grond in den boschbouw.
- Prof. Ir J. Hudig, Samenvattende beschouwing over de beteekenis van den grond als onderdeel van het productieproces in den boschbouw.
- Ir J. Vlieger, De boschassociatie als maatstaf bij de beoordeeling van de groeiplaats.
- Prof. Ir J. Smit, De beteekenis der grondbacteriën in de huishouding van het boschgezelschap.
- Prof. Dr. Joha Westerdijk, De beteekenis van de schimmels in den grond in de huishouding van het bosch.
- Dr A. D. Voûte, De beteekenis van de fauna van den grond voor het boschgezelschap.

DE BOSCHASSOCIATIES ALS MAATSTAF TER BEOORDEELING VAN DE GROEIPLAATS.

door

Ir J. Vlieger.

Algemeen wordt de kwaliteit van de groeiplaats beoordeeld naar de opbrengst van het gewas. Ook in den boschbouw is dit de gebruikelijke methode. In dezen tak van bodemcultuur wordt als maatstaf bij de beoordeeling van de kwaliteit (boniteit) der groeiplaats gebruik gemaakt van de hoogte-ontwikkeling van den boschopstand. Naar mate de kwaliteit van de groeiplaats beter is (een hogere boniteit bezit), is ook de hoogte van den boschopstand grooter.

De vegetatie, in dit geval het boomgewas, wordt hier dus gebruikt om de groeiplaats te kwalificeeren. Zoolang men niet in staat is de groeiplaats zelf nauwkeurig te analyseeren en haar op grond van klimaat- en grondeigenschappen in een formule uit te drukken, zal men de groeiplaats ook niet anders dan aan de hand van de vegetatie kunnen beoordeelen. Men moge nu al van meening verschillen, of het wel ooit mogelijk zal zijn iets van een zoo complex-karakter, als het begrip groeiplaats is, exact in cijfers en formules uit te drukken, als zeker mag worden aangenomen, dat de vegetatie in de practijk steeds een zeer belangrijk hulpmiddel ter beoordeeling zal blijven.

De groeiplaats immers wordt gevormd door de samenwerking van klimaat, grond, flora en fauna, die ieder voor zich weer zijn samengesteld uit een zeer groot aantal factoren en elementen. Ieder dezer oefenen op elkaar weder invloed uit, werken samen, werken elkaar tegen of vervangen elkander. De talrijke combinaties en mogelijkheden, die hieruit resulteeren, kunnen tevoren niet worden overzien. Een weerspiegeling van het resultaat dezer uiterst ingewikkelde onderlinge relaties vormt evenwel de levensgemeenschap van planten en dieren, de biocoenose, welke aan de groeiplaats eigen is.

Elke wijziging van eenige beteekenis in klimaat of grond, flora of fauna komt tot uiting in een verandering dezer levensgemeenschap. Kennis der levensgemeenschap vormt omgekeerd dus een basis voor een inzicht in de geaardheid van de groeiplaats. Groeiplaats en levensgemeenschap dienen — in dit verband bezien — dan ook als een eenheid te worden opgevat, waartusschen een onverbreekelijke samenhang bestaat.

Voor een zoo volledig mogelijke kennis van groeiplaats en bijbehorende levensgemeenschap van planten en dieren is een zeer enge samenwerking van meteorologen, bodemkundigen, botanici, zoölogen en microbiologen noodzakelijk. Het kan niet worden verwacht, dat een biocoenose in haar verband tot het eigen milieu door een enkeling op bevredigende wijze tot in details kan worden onderzocht. Dit zou voor een enkelen

onderzoeker een te veel omvattende taak zijn. Vele specialisten zullen om een inzicht te kunnen krijgen in den samenhang tusschen levensgemeenschap en groeiplaats in samenwerking de relaties tusschen deze beide moeten bestudeeren. Dit zal echter slechts dan tot een bevredigende uitkomst kunnen leiden, wanneer ieder dezer specialisten zich terdege bewust is van het nauwe verband, van de wederzijdsche beïnvloeding, kortom van de eenheid, waaruit het samenstel van alle factoren en elementen, waaruit groeiplaats en biocoenose zijn samengesteld, is opgebouwd.

De kennis en de beoordeeling van de groeiplaats is dus eigenlijk niet mogelijk zonder een volledige kennis van de levensgemeenschap. Hoewel dit inzicht meer en meer veld wint, is de wetenschap in werkelijkheid nog niet zoo ver gevorderd, dat zij een biocoenose reeds volledig heeft kunnen analyseeren. Juist omdat hiervoor specialisten op yelerlei gebied moeten samenwerken, heeft men het in de practijk hiertoe nog niet kunnen brengen. Men beperkt zich om practische redenen tot de studie van een deel der levensgemeenschap, hetzij dat dit de hoogere planten, bepaalde diergroepen of wel de microflora en -fauna betreft. De studie dezer onderdeelen is in de meeste gevallen nog op zich zelf geschied. Op zijn best heeft men verband gelegd tusschen één of enkele milieu-eigenschappen (bijv. zuurgraad of kalkgehalte van den grond) en het voorkomen der bepaalde groep van flora of fauna, welke men bestudeert. De analyse van den samenhang en wisselwerking tusschen een deel der levensgemeenschap en het milieu in al zijn geledingen stamt echter pas uit de laatste tientallen jaren. De hydrobiologen waren wel de eersten, die in deze richting werkten en die levensgemeenschap en milieu als één geheel in onverbreekelijke samenhang zagen (Thiennemann).

Kan men deze wijze van onderzoek in de hydrobiologie wellicht nog als een bijzonder geval beschouwen, in de plantensociologie is dit niet meer mogelijk. Hier is een algemeene basis gevormd, waarop men de studie van het verband tusschen levensgemeenschap en milieu kan aanvatten. De plantengezelschappen toch, bepaalde combinaties van plantensoorten als ze vormen, zijn aan plaats gebonden en kunnen, dank zij de door Braun-Blanquet gevormde onderzoekingsmethode, vrij eenvoudig worden geanalyseerd.

Het plantengezelschap als deel der biocoenose leent zich bij uitstek als punt van uitgang om verder onderzoek van de levensgemeenschap en naar de samenstelling van het milieu aan vast te knoopen. Zoo is in den jongsten tijd aangetoond, dat binnen de onderscheiden plantengezelschappen ook de verschillende soorten van een bepaalde diergroep een zeer kenmerkende verspreiding bezitten. Westhoff heeft dit bestudeerd voor de mieren en vond bij zijn onderzoekingen, dat bepaalde mierensoorten in hun voorkomen beperkt zijn tot bepaalde boschgemeenschappen, terwijl andere minder voorkomende en in meerdere gemeenschappen werden aangetroffen. Een overeenkomstige studie naar de verspreiding der slakken wordt door Mörzer Bruyns verricht.

Naar mate de verspreiding van meer diergroepen op deze wijze zal worden geanalyseerd, zal men kunnen geraken tot een allengs vollediger inzicht in de structuur van de geheele levensgemeenschap van planten en dieren met inbegrip der microflora en -fauna.

Dat men bij dit onderzoek uitgaat van de plantengezelschappen heeft dus uitsluitend practische beteekenis. Deze plantengezelschappen in engeren zin — waaronder men in hoofdzaak verstaat de gezelschappen der hoogere planten en vaatcryptogamen — zijn vrij eenvoudig te onderzoeken en herkennen; de aantallen soorten, waaruit ze zijn opgebouwd, zijn tegenover de aantallen, welke de fauna telt, gering; ze zijn vrij constant in hun samenstelling en bijna steeds het geheele jaar door kenbaar. In het volgende zal dan ook steeds worden uitgegaan van deze plantengezelschappen in engeren zin, welke dus als het ware worden beschouwd als vertegenwoordigers van de volledige levensgemeenschappen.

Ieder dezer plantengezelschappen bezit zijn eigen milieu, zijn typeerend microklimaat en zijn kenmerkende grondeigenschappen. Dit geldt niet alleen voor het natuurlijke, door den mensch niet of nauwelijke beïnvloede gezelschap, doch evenzeer voor iedere anthropogeen beïnvloede of geheel van den mensch afhankelijke plantengemeenschap. Een natuurlijk, maagdelijk woud, waarvan de samenstelling der boomsoorten ingrijpend wordt gewijzigd, ondergaat daarmee een verandering van zijn grondeigenschappen en zijn microklimaat.

De nauwe samenhang tusschen bodem en plantengezelschap is reeds in verscheidene plantensociologische studies behandeld. Als voorbeeld moge worden herinnerd aan de studie van Braun-Blanquet over het zuidfransche steeneikenbosch, aan het onderzoek van Diemont over de beukenbosschen van de noordwestduitsche midden-

gebergten en dat van Ellenberg over de vochtige, gemengde eiken- en beukenbosschen van Noordwestduitschland om mij te beperken tot enkele voorbeelden, die in het bijzonder op bosschen betrekking hebben.

In ieder dier onderzoekingen komt steeds weer tot uiting de enge samenhang tusschen het plantengezelschap enerzijds en de physische en chemische bodemeigenschappen anderzijds. Daarnaast wordt tevens steeds weer gewezen op het verband met de morphologische bodemeigenschappen, welke uit de studie van het profiel kunnen worden afgelezen. Het is Tuxen geweest, die er op heeft gewezen, dat ieder plantengezelschap zijn eigen kenmerkend bodemprofiel bezit. Van bodemkundige zijde is dit verband tusschen vegetatie en bodemprofiel wel eens aan kritiek onderhevig geweest. Gezien in het licht van den dynamischen samenhang tusschen levensgemeenschap en groeiplaats is dit verband echter volkomen logisch. De humusproductie en de wortelwerking der vegetatie oefenen onder de bepaalde, heerschende klimaatsomstandigheden op den bodem met zijn eigen, ook weer van vegetatie en klimaat afhankelijke microflora en -fauna een invloed uit, welke al naar de vegetatie in samenstelling verschilt, ook den bodem op een andere wijze beïnvloedt.

Deze organische invloeden doen zich vooral gelden in de bovenste lagen van het bodemprofiel. Hun invloed neemt met de diepte af. In de diepere lagen oefent daarentegen het geologisch substraat een steeds duidelijker invloed op de structuur van het bodemprofiel uit. Op deze wijze komt men tot een onderscheiding van biogene en geogene lagen in het bodemprofiel (Braun-Blanquet 1933).

Bezie men het bodemprofiel van dit gezichtspunt uit, dan kan het wel nauwelijks aan twijfel onderhevig zijn, dat van ieder plantengezelschap een eigen specifiek bodemprofiel kan worden onderscheiden. Dit is wel zeer duidelijk voor het biogene deel van het profiel, maar waar omgekeerd ook het geologisch substraat den aard van de vegetatie wederom beïnvloedt, zoo geldt dit evengoed voor het geogene deel van het profiel.

Deze enge samenhang tusschen plantengezelschap en bodemprofiel draagt ook al weer een dynamisch karakter. Wanneer in het droge eiken-berkenbosch grove dennen worden geplant, verandert met de ontwikkeling van den dennenopstand het voor het eiken-berkenbosch typische bodemprofiel. In het bijzonder ondergaat het biogene deel van het profiel verandering, het geogene deel blijft ongewijzigd. Dit geogene deel van het bodemprofiel in het grove dennenbosch laat dus zekere conclusies toe omtrent de begroeiing, welke van nature aanwezig zou zijn geweest, indien de mensch niet had ingegrepen. Het is op grond van dit geogene deel van het bodemprofiel, dat door sommige plantensociologen conclusies zijn getrokken omtrent den aard en de gesteldheid van den grond. Door bodemkundige is daartegen wel bezwaar gemaakt. Terecht, wanneer deze conclusies van plantensociologische zijde werden getrokken zonder voldoende aandacht te schenken aan het biogene deel van het bodemprofiel, dat onder de in Nederland heerschende omstandigheden zeker het belangrijkste deel van het bodemprofiel vormt. Het wanbegrip tusschen plantensociologen en bodemkundigen, dat hier en daar wel eens aan den dag is getreden, vloeit waarschijnlijk voor een groot deel uit deze en dergelijke misvattingen voort en het is vooral daarom, dat ik daarop hier even nader ben ingegaan. Bovendien bood dit de gelegenheid om aan een enkel voorbeeld de onderlinge afhankelijkheid tusschen plantengezelschap en groeiplaats nader toe te lichten.

Bestaat deze afhankelijkheid algemeen voor ieder plantengezelschap, voor de boschgezelschappen, welke in het systeem de hoogst ontwikkelde plantengezelschappen vormen, geldt dit in versterkte mate. De onderlinge relaties zijn hier uiterst talrijk; de samenstellende organismen en het omringende milieu reageeren wederzijds zeer fijn op elkaar. De boschgezelschappen zijn dan ook zeer nauwkeurige indicatoren voor de groeiplaats, waarop ze worden aangetroffen of m.a.w. de boschvegetatie weerspiegelt het milieu. Naar mate de grond sterker vochthoudend is of zuurder reageert dan wel een meer of minder hoog gehalte aan Ca-carbonaat bezit, vertoont het boschgezelschap een andere samenstelling.

Men leest dat niet af uit het voorkomen van een enkele soort, al kan ook dat dikwijls belangrijke aanwijzingen geven, maar het blijkt vooral, doordat de structuur van het plantendek als geheel een ander beeld toont. In de reeds eerder aangehaalde plantensociologische onderzoekingen van Braun-Blanquet, Diemont en Ellenberg worden hiervan talrijke voorbeelden gegeven.

Deze onderzoekingen hebben alle betrekking op natuurlijke boschassociaties, d.w.z. boschgezelschappen, welke ook wanneer de mensch in het geheel geen invloed deed gelden in vrijwel gelijke samenstelling zouden worden aangetroffen. Hetzelfde nauwe verband bestaat, zooals terloops hiervoor reeds werd opgemerkt, echter evenzoo in

bosschen, welke hun ontstaan geheel aan den mensch te danken hebben en welke zijn samengesteld uit boomsoorten, welke van elders zijn ingevoerd of zijn aangeplant op plaatsen, waar ze van nature niet voorkomen. Onder deze door den mensch beïnvloede omstandigheden vertoonen plantengroei en milieu ook weer hun eigen kenmerkende reacties en ook resulteeren daaruit evengoed bepaalde plantengesellschaften. Zoo goed als de begeleidende flora van een roggeakker of aardappelveld al naar grondsoort en klimaat verschildend van samenstelling is, zoo goed kan men ook in het cultuurbosch uit de samenstelling van de flora conclusies trekken omtrent den aard van de groeiplaats. Weliswaar is hieromtrent nog weinig bekend en moet breed opgezet onderzoek nog aanvangen. Aanwijzingen dat dit verband tusschen vegetatie en groeiplaats bestaat, zijn er in voldoende aantal.

Ook bestaat er verband tusschen de groeiprestatie van den boschopstand en het boschgezelschap. De boniteit en de aanwas van den opstand kunnen globaal uit de vegetatie worden afgeleid. In Finland is dit voor de door Cajander onderscheiden boschtypen reeds in 1920 en volgende jaren overtuigend aangetoond door Ilvessalo en Lönnroth. Gelijke pogingen in Duitschland leverden geen resultaat, hetgeen moet worden toegeschreven aan het feit, dat men ook daar uitging van de in Finland naar de dominerende soorten onderscheiden boschtypen.

Onder de in Duitschland heerschende omstandigheden kan men evenwel niet verwachten de finsche typen te zullen terugvinden. Ook al treft men elders de zelfde dominerende soorten als in Finland, toch heeft men dan nog niet met het overeenkomstige finsche boschtype te maken. Een en dezelfde dominerende soort (bijv. *Vaccinium Myrtillus*) kan echter bezien van het standpunt der fransch-zwitsersche plantensociologie, welke immers uitgaat van de typeerende combinatie van kensoorten, differentieërende soorten en begeleiders van hooge presentie, in geheel verschillende plantengesellschaften voorkomen. Daar echter ieder dezer 'gesellschaften een eigen oecologisch milieu bezit, zullen derhalve ook de oecologische eigenaardigheden van de eene groeiplaats van zulke een dominerende soort niet zonder meer mogen worden toegekend aan de groeiplaats, waar zij elders voorkomt. Plaatselijk kan de dominantie van een soort soms waardevolle aanwijzingen geven omtrent de geaardheid der groeiplaats; regionaal kan aan de dominantie evenwel geen groote indicatorische waarde worden toegekend.

Ieder onderzoek naar het verband tusschen vegetatie en stofproductie van den opstand moet in opzet dan ook uitgaan van de plantengesellschaften, welke voor de betreffende landstreek volgens de fransch-zwitsersche methode kunnen worden onderscheiden. In deze richting is — voor zoover mij bekend — slechts een enkel oriënteerend onderzoek gedaan en wel door Ellenberg (1939). Door hem werd de totale bladoppervlakte per ha bepaald in verschillende subassociaties van het eiken-haagbeukenbosch en het eiken-berkenbosch, welke in dit opzicht het duidelijke verschil blijken te vertoonen. Daar de stofproductie (houtmassa) van het bosch in direct verband staat tot de totale bladoppervlakte van den opstand, concludeert Ellenberg uit de door hem gevonden cijfers, dat er inderdaad aanwijzingen zijn, die duiden op een verband tusschen opstand en groeiplaats van het plantengesellschaft.

Het oriënteerend onderzoek van Ellenberg heeft betrekking op natuurlijke boschassociaties, maar ik meen in staat te zijn een zelfde verband te leggen tusschen de vegetatie van de Nederlandsche grove dennenopstanden en hun groeiprestaties. Helaas ontbrak mij tot nu de gelegenheid om voldoende materiaal te verzamelen, op grond waarvan dit verband zou kunnen worden aangetoond. Mogen volgende jaren de mogelijkheid geven dit verband tusschen boniteit van den opstand en geaardheid van de groeiplaats nader uit te werken.

De voorgaande algemeene beschouwingen mogen voldoende hebben aangetoond, dat de studie der boschgezellschaften voor den boschbouw van groote beteekenis moet worden geacht. Het begrip boschgezelschap dient hierbij ruim te worden opgevat. Het omvat niet alleen de natuurlijke boschassociaties, maar evenzeer de gezellschaften, welke zich hebben ontwikkeld in de door den mensch aangelegde bosschen of sterk door den mensch beïnvloede natuurlijke boschassociaties. Men zou naast de natuurlijke boschassociaties of het natuurlijke boschtype kunnen spreken van het antropogeen beïnvloede opstandstype of kortweg opstandstype. Onder dit laatste is dus zoowel begrepen het plantengesellschaft, dat zich ontwikkelt in onze kunstmatige grove dennenbosschen als ook dat in het sterk gedegenereerde eikenhakhout. Natuurlijke boschassociaties zijn zeldzaam in ons land. Wat hier als zoodanig wordt betiteld, zijn niet door den mensch onberoerde bosschen, doch het zijn slechts de bosschen, die het natuurlijke boschgezelschap vrij dicht benaderen.

Als regel zijn de natuurlijke boschtypen door periodieken kaalkap, beweiding of

inplanten met vreemde boomsoorten echter in meer of mindere mate gedegeneerd. De bodem is dichtgeslagen en verzuurd, het strooisel heeft zich tot een dikke laag opgehoopt, de microflora en -fauna hebben een ingrijpende verandering ondergaan en dat alles wordt weerspiegeld in een andere vegetatie, het opstandstype.

In de meeste gevallen zal men buiten dus het opstandstype analyseeren. Dit opstandstypen bezit zijn eigen karakteristiek milieu en bodemprofiel. Naast deze analyse van het opstandstype kan men zich afvragen, welk natuurlijk boschtype zich ter plaatse zou ontwikkelen, wanneer de mensch niet had ingegrepen. Deze vaststelling van het natuurlijke boschtype blijft in veel gevallen moeilijk en eenigszins onzeker. Het is er niet meer en men kan slechts met verschillende hulpmiddelen trachten zich er een voorstelling van te maken. Aanwijzingen omtrent het natuurlijke boschtype verkrijgt men door bestudeering van de vegetatie van naburige boschopstanden, waar de mensch minder sterk heeft ingegrepen, doch welke overigens onder gelijke omstandigheden verkeerden, bestudeering van het goegee gevormde deel van het bodemprofiel, raadpleging van historische gegevens, enz.

Dit natuurlijke boschtype vormt de vaste basis van beoordeeling, waarvan men bij het nemen van alle boschbouwkundige maatregelen dient uit te gaan. Het opstandstype moet steeds aan dit natuurlijke boschtype worden getoetst.

Het natuurlijke boschtype behoeft echter in het cultuurbosch niet altijd de toestand te zijn, waarnaar moet worden gestreefd. Men kan zich voorstellen, dat aan een bepaald opstandstype den voorkeur moet worden gegeven boven het natuurlijke boschtype, dat zeer zeker niet altijd zal beantwoorden aan de economische eischen, welke de mensch aan het bosch stelt. Men vergete daarbij dan echter niet, dat het natuurlijke boschtype in een biologisch evenwicht verkeert, hetgeen van de veelal sterk gedegeneerde opstandstypen niet kan worden gezegd. Daar worden veelal voedingsstoffen aan den kringloop onttrokken en tijdelijk of duurzaam vastgelegd. Men denke slechts aan strooiselroof en boschturfophooping.

In het algemeen zal men er in den boschbouw dan ook naar moeten streven het productie-vermogen van de natuurlijke boschassociatie intact te houden of te herstellen. Daarbovenuit kan men in den regel niet komen, omdat een grootere hoeveelheid voedingsstoffen niet blijvend in den kringloop kan worden gehouden, noch adsorptief aan den grond kan worden gebonden. Een uitzondering hierop is slechts denkbaar, indien men er in zou slagen het gehalte aan fijnmateriaal in den grond te verhoogen, doch zulk een behandeling stuit tot nu toe in de practijk nog af op de kosten.

In het boschbouwkundig bedrijfsplan zal men dus voor iederen opstand uit het opstandstype met inachtnaam van het natuurlijke boschtype zich een voorstelling moeten maken van het type, waarnaar men in de toekomst wil streven, het bedrijfsdoeltype.

In dit bedrijfsdoeltype zijn opstandstype en natuurlijk boschtype dan verwerkt, m.a.w. heeft men de groeiplaatsomstandigheden, zooals ze thans zijn en zooals ze zonder invloed van den mensch zouden zijn geweest, gesynthetiseerd tot een geheel, zooals men dat hoopt te bereiken. Het bedrijfsdoeltype is dus uiteindelijk het boschgezelschap, dat de groeiplaats weerspiegelt, die men zich als het meest begerlijk voorstelt om na te streven.

Veel van hetgeen hier is medegedeeld, verkeert nog in een beschouwend stadium en moet nog practisch worden uitgewerkt. De begrippen natuurlijk boschtype, anthropogeen opstandstype en bedrijfsdoeltype zijn in 1937 opgesteld door den duitscher Hartmann. Door Hausendorf zijn ze voor een bepaald gebied in 1940/41 nader uitgewerkt.

Het ware te wenschen, dat men ook in Nederland, juist nu men hier de opstelling van boschbedrijfsplannen verplicht heeft gesteld, de studie der boschgezelschappen in al haar geleidingen daadwerkelijk aanvatte. Als maatstaf voor de beoordeeling der groeiplaats is dit zeker van practische beteekenis te achten.

Literatuur.

- Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. Berlin, 1928.
 ———: L'association végétale climatique, unité phytosociologique, et le climax du sol dans le Midi méditerranéen. Bull. Soc. bot. de France, t. 80, 1933.
 ———: La Chénate d'Yeuse méditerranéenne (Quercion ilicis). Mém. Soc. d'Etude Sc. Nat. de Nimes, no. 5, 1936.
 Diemont, W. H.: Zur Soziologie und Synoekologie der Buchen- und Buchenmischwälder der nordwestdeutschen Mittelgebirge. Mitt. flor.-soziol. Arbeitsgemeinschaft in Niedersachsen, H. 4, 1938.
 Ellenberg, H.: Ueber Zusammensetzung, Standort und Stoffproduktion boden-

- feuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. flor.-soziol. Arbeitsgemeinschaft in Niedersachsen, H. 5, 1939.
- Hartmann, F. K.: Ueber die Beschaffung und kartographische Niederlegung standörtlicher und bestandesgeschichtlicher Unterlagen für die forstliche Betriebsführung und ihre praktische Auswertung. Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1937.
- Hausendorff, E.: Wirtschaftsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen als Grundlage für den Waldbau im ostdeutschen Kieferngebiet. Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen, Bd. 73, 1941.
- Iivessalo, Y.: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen. Acta forestalia fennica, dl. 15, 1920.
- Thienemann, A.: Leben und Umwelt. Bios, Bd. 12. Leipzig, 1941.
- Westhoff, V en Westhoff, de Joncheere, J. N.: Verspreiding en nest-oecologie van de mieren in de Nederlandsche bosschen. Tijdschr. over Plantenziekten, 1942.

DE ROL DER BACTERIËN IN DEN BOSCHGROND

door
Prof. Dr J. Smit.

Toestand van den boschgrond.

Over de werkzaamheid der bacteriën in den boschgrond zijn de gegevens schaarsch, in tegenstelling tot die aangaande den akker, waarover een zeer uitgebreide litteratuur bestaat. Nu zijn er tusschen deze twee zonder twijfel veel punten van overeenkomst, maar ook genoeg punten van verschil, die het de moeite waard maken om bij de bacteriewerkingen in den grond een oogenblik stil te staan.

De twee voornaamste punten van verschil zijn:

- 1°. de geslotenheid, men zou kunnen zeggen de *aufarkie* van den toestand: er is geen andere bemesting dan CO₂ uit de atmosfeer en de eigen afvallen van blad en takken. Daar tegenover krijgt de akker jaarlijks een bemesting met materiaal van andere herkomst;
- 2°. de ongereptheid van den boschgrond: er is geen ploeging dus geen vermenging van de „mest” met die diepere lagen. Daardoor ontstaat een laagsgewijze structuur van den bovengrond, waarin men de opeenvolgende ontledingsstadia van het strooisel vervolgen kan, zooals men de mestontleding in den akker met den *tijd* kan waarnemen.

Deze verschillen hebben zonder twijfel een merkbaaren invloed op het microbenleven, evenals op alle andere groepen van grondorganismen. Maar tevens maken zij, dat men een met de diepte veranderende populatie aantreft, zoodat men eigenlijk moeilijk van de groundbacteriën spreken kan, omdat zich in verschillende lagen verschillende processen afspelen.

Hoeveelheid en aard van het te verwerken materiaal.

De hoeveelheid jaarlijks te verwerken organische stof is in het bosch groot. (1) Men heeft berekend, dat ca. $\frac{2}{3}$ van de jaarlijks door de vegetatie der aarde vastgelegde hoeveelheid CO₂ bij de assimilatie der bosschen wordt opgenomen. Daarvan komt ongeveer de helft weer als afval op den boschgrond terecht en die bevat ca. 1% van de totale hoeveelheid CO₂ der atmosfeer. De hoeveelheid strooisel per ha vindt men geschat op 3000—5000 kg, met een stikstofgehalte van 0,8—1%. Het zal dus nu van den aard dezer organische materie afhangen, hoe en hoe snel de ontleding zal plaats hebben.

Er blijkt in dit opzicht een belangrijk verschil te bestaan tusschen den afval van naald- en loofboomen. De eerste bevatten veel minder bufferende stoffen dan het loof, minder Ca, een lagere pH (4—4,5, terwijl die in loofbosschen tot 7 kan stijgen) zoodat er (veel meer) aanleiding is tot de vorming van zure ontledingsproducten.

Verskil in samenstelling.

Men vindt (2) voor de samenstelling van:

	loof	naalden
lignine	42 %	42 %
cellulose	26	33
totaal N	1—2,3	0,5—0,9
zuur	matig	sterk
bufferstoffen	bas.	zuur

Een gevolg van dit verschil in samenstelling is, dat de vertering van het loof veel sneller gaat dan die der naalden en bij behoorlijke vermenging der ontledingsproducten met den ondergrond (door wormen en larven) aanleiding geeft tot de vorming van milden humus, terwijl onder ongunstige omstandigheden (lage temperatuur, groote vochtigheid, gebrek aan kalk in den ondergrond) de naalden vaak aanleiding geven tot zuren humus. In N.-Europa schijnt dit zelfs regel te zijn. (3)

Verandering der samenstelling tijdens de vertering.

Het meest opvallende bij de vertering is de vermindering van de verhouding C:N. Dit is een gevolg van de snelle verdwijning van gemakkelijk assimileerbare koolhydraten en in mindere mate van cellulose en hemi-cellulose. Lignine wordt in het beginstadium maar weinig aangetast. Gevonden werd bijv. een C:N-verhouding van 86 in Nov. tegen een van 11 in de daarop volgende Mei. (4) In naaldbosschen overheerschen in dit stadium de schimmels, die lignine doen accumuleren, in loofbosschen zijn de omstandigheden gunstig voor bacteriën en helpen vertebraten mee in de snelle ontleding, waarbij minder zuur wordt gevormd en minder uitlooiing plaats heeft dan in naaldbosschen. Door de snellere ontleding heeft in het vergaande blad ook een sterkere cumulatie van proteïn plaats dan in de naalden. Dat oök hogere zwammen aan de vertering van loof en naalden op verschillende wijze meewerken is uit de onderzoekingen van Falck (2) gebleken. Hij vond dat sommige soorten (*Agaricus*) cellulose en lignine tegelijk vermogen af te breken, terwijl andere (*Coniophora*) lignine onaangetast laten. De eerste soort is typisch voor loofbosschen, de laatste voor naaldbosschen. Op Falck's onderzoek zal elders nader worden ingegaan. Van het hoe der aantasting van lignine is intussen nog zoo weinig bekend, dat het weinig zin heeft daarop thans in te gaan. Speciale „ligninebacteriën” zijn al evenmin bekend. (Enkele gegevens bij Waksman.) (5)

Aantasting en vastlegging der stikstofverbindingen

Wat de stikstofverbindingen betreft, de gemakkelijk aantastbare verdwijnen in den loop der vertering, de moeilijk aantastbare cumuleeren in den humus. Het verband van de strooiselvertering met de mobiliseering der stikstof is door Hesselman (3) onderzocht. Hij mengde daartoe het gedroogde blad met goed nitrificerende aarde in verschillende verhoudingen en onderzocht het gehalte aan ammoniak en nitraat na 3 maanden, vergeleken met die in de aarde alleen. Het gevolg van de menging met blad bleek een sterke vermindering van de ammoniak- en nitraatvorming. Zelfs werd soms het oorspronkelijk voorhanden NH_3 geheel opgebruikt, zooals dat ook bij menging met filtreerpapier of stroo het geval is. Door de sterke microbengroei wordt nl. de aanwezige stikstof in bacterie- en schimmelproteïne vastgelegd. Alleen bij zeer stikstofrijk strooisel (els) overheerscht de vorming van ammoniak door ontleding van proteïnen boven de vastlegging en een gehalte van 1,7 % schijnt ongeveer de grens te zijn, waar vorming en vastlegging elkaar in evenwicht houden.

Ontleding der microben.

Er is een bepaalde verhouding waar te nemen tusschen de hoeveelheid verdwenen koolstofverbindingen en de hoeveelheid stikstof, die in de daarbij groeiende bacteriën wordt vastgelegd. Voor de aerobe cellulose-aantasting heeft men die bepaald op ca. 30. (6) Eerst later worden de zoo gesynthetiseerde microbenstoffen weer ontleed, hetzij door protozoënvraat, door bacteriophagen of bacteriovoren, of door autolyse. Dat bij dit laatste humuskleurige producten ontstaan, waarbij katalyse door metaalionen als koper plaats heeft, is reeds vrij lang bekend (Winoogradsky, Rip-

pel, Mulder. (7) Deze kleuring is ook in zuivere culturen te constateeren, zoo bijv. bij *Azotobacter*, *Actinomyces chromogeenus*, schimmels, en ook hier is katalyseering door koper te constateeren. Bacteriegroei en bacterie-ontleding dragen dus beide tot de humusvorming bij.

Vorming van ammoniak of nitraat.

Waar de eerste zure ontledingsproducten van het strooisel niet worden genentraliseerd, door gebrek aan bufferende stoffen, zooals in zuren humus het geval is, gaat de ontleding niet verder dan tot ammoniak. In milden humus wordt deze ammoniak verder geoxydeerd tot nitraat. Het optimum der ammoniakvorming blijkt bij pH 4—4,5 te liggen, dat der nitraatvorming bij 6. Ze heeft echter ook nog bij aanmerkelijk lagere pH-waarde plaats. Ze gaat altijd samen met de aanwezigheid van de betreffende ammoniak- en nitrietoxydeerende bacteriën, die in niet-nitrificeerenden grond plegen te ontbreken. Naarmate de vertering verder gaat hoopen zich de moeilijk aantastbare stikstofverbindingen (Süchting (8) spreekt van pyridine- en chinolinederivaten) in de achterblijvende humus op.

Grondademhaling.

Een ander gevolg van de oxydatie der organische stof door bacteriën is de vorming van koolzuur (grondademhaling), die met een evengroot verbruik van zuurstof gepaard gaat. Het zijn de aerobe organismen, voornamelijk bacteriën, die dit doen, en waar de verhouding aerobe/anaerobe organismen daalt, daalt ook de CO₂-productie. Verhooging van temperatuur en een regenbui na droogte hebben een verhooging ten gevolge. Bij omstreeks 0° houdt de ademhaling op. De noodige zuurstof moet uit de atmosfeer worden aangevuld en het blijkt, dat deze zuurstofvoorziening meestal niet te wenschen laat, ondanks schijnbare afsluiting van den grond in bosschen. Is er werkelijke anaerobiose, dan worden zuren gevormd en zijn alle voorwaarden aanwezig voor de vorming van zuren humus. Uit Romell's onderzoek (9) is wel duidelijk geworden, dat de zuurstofverzorging van den grond vrijwel alleen door diffusie plaats heeft en dat inderdaad koolzuuraafgifte en koolzuuraanvoer ongeveer in evenwicht zijn. De hoeveelheid gevormd koolzuur is ongeveer 0,2—0,3 1/uur/m². Dit beteekent in een jaar (4½ zomermaanden) de verbranding van 1/3 cm der zure humuslaag. Berekent men de koolzuurproductie in verband met de in de bouwvoor aanwezige hoeveelheid dan blijkt, dat per uur ongeveer de geheele voorraad in de bouwvoor aanwezige koolzuur wordt uitgestooten. (9) Daarin is ook het bij de wortelademhaling geproduceerde koolzuur begrepen, dat men op ongeveer 1/3 van de totale hoeveelheid schat. (10) De micro-organismen zijn dus de voornaamste koolzuurvormers.

De werkzame bacteriën.

Welke bacteriën zijn nu bij al deze omzettingen werkzaam? Men kan daarvan kwalitatief en kwantitatief een idee krijgen als men verschillende hoeveelheden van een grondemulsie laat werken op verschillende in den boschgrond aanwezige stoffen: cellulose, hemi-cellulose, nitraat, lignine. Door dan de kleinste hoeveelheid der emulsie te bepalen, die nog werkzaam is, laat zich bij benadering het aantal der betreffende bacteriën per gram vaststellen. Vooral door Fèhèr (4) zijn dergelijke bepalingen op groote schaal en gedurende lange perioden gedaan, waarbij hij voornamelijk den boschgrond op 5—20 cm diepte onderzocht. Behalve het aantal aerobe bacteriën (op agar) en het aantal anaeroben (in agar), waarvan de som het „totale” aantal voorstelt, bepaalt hij nog een aantal wat hij noemt „physiologische” groepen: aerobe stikstofbinders, nitrificeerende, denitrificeerende bacteriën, cellulosesplitters, ureumsplitters en boterzuurbacteriën.

„Physiologische” groepen.

Het totale aantal blijkt in boschgrond belangrijk kleiner te zijn dan in den akker en van dat totale aantal vormen de aeroben het allergrootste gedeelte: 70—97%. Wat de door hem gevonden soorten betreft valt het op, dat de meeste ook in akkerarde voorkomen. Jammer is, dat hij niet het aantal actinomyceten heeft bepaald, waarvan vele als ammoniakvormers bekend staan. Wel

**Periodiciteit
in het aantal.**

vermeldt hij, dat hun aantal bijzonder groot is in Robiniabosshen. Bij gedurende eenige jaren herhaalde bepalingen blijkt, dat in al deze groepen een zekere periodiciteit voorkomt en dat hun aantallen op bepaalde tijden van het jaar maxima en minima vertoonen. Het totale aantal stijgt en daalt met de temperatuur, zoodat er een duidelijk zomermaximum bestaat. De cellulose-bacteriën in de naaldbosshen hebben een voorjaarsmaximum en een in de herfst, zonder twijfel te danken aan den bladval. Bij loofbosshen is er alleen een maximum in den nazomer. Ureumbacteriën (waarvan de beteekenis voor de strooiselvertering door Fèhèr niet nader wordt verduidelijkt) hebben twee maxima evenals boterzuurbacteriën.

**Verandering met
de diepte.**

Met toenemende diepte blijken de aantallen af te nemen: Op 150 cm diepte vindt hij nog hoogstens 6000 tot 7000 bacteriën. Men vindt de grootste aantallen waar humusgehalte en luchtcapaciteit het hoogst zijn. Is het de laatste laag dan stijgt het aantal denitrificerende bacteriën. Het aantal nitrificerende bacteriën is relatief klein en vooral afhankelijk van de reactie van den grond en van de zuurstofvoorziening. Hun aantal daalt waar dat der denitrificerende stijgt en omgekeerd. Het aantal sporenvormende soorten stijgt in den zomer sterk en is de reden van het zomermaximum. Het voorjaarsmaximum gaat met een verhooging van het aantal niet-sporenvormers samen, een gevolg van het verhoogde vochtgehalte. Het aantal anaeroben is gedurende het geheele jaar vrij constant, zoodat het totale aantal vooral van de verandering der aeroben afhangt. Opvallend is, dat het aantal aerobe stikstofbinders (Azotobacter) gering is of zelfs nul. Men zal dit waarschijnlijk aan den te hoogen zuurgraad van den boschgrond moeten toeschrijven. Dat der anaerobe stikstofbindende soorten is wat grooter, maar men mag toch wel vermoeden, dat de stikstofbinding uit de atmosfeer in het bosch weinig beteekenis heeft.

Stikstofbinding.

Cellulose-splitsing.

De cellulose-splitsing is daarentegen van zeer groote beteekenis. Afhankelijk van de omstandigheden vindt men als aantastende organismen schimmels, de groep Cellvibrio en die der Cytophagen. (11) Laatste genoemde zijn alleen te vinden in diefstrooisel en soms in sparrennaalden, nooit in dennestrooisel. Dit hangt waarschijnlijk met het basengehalte samen, terwijl verder gebleken is, dat ammoniak aanleiding geeft tot zuurvorming, die schadelijk op den groei werkt, in tegenstelling tot nitraat. Ook de cellvibrionen worden slechts in basenrijk strooisel gevonden. In alle andere gevallen is de cellulose-aantasting de taak van schimmelsoorten uit verschillende groepen. Men vindt de groei van cellulosesplitters meestal vergezeld van een sterke woekering van andere bacteriën. Dit is deels een verschijnsel van symbiose, zonder welke de aantasting stagneert, voor een ander deel heeft men te maken met soorten die azeren op de producten der cellulose-afbraak. Door deze opruiming der producten kan de aantasting zelf weer beter voortgang hebben.

**Ammoniak-
oxydatie.**

Over de ammoniakoxydatie (nitrificatie) in het bosch is weinig bijzonders te zeggen. Het is wel zeker, dat men hier met dezelfde autotrophe soorten te maken heeft, die in den akker voorkomen: de Nitrosomonas, die ammoniak tot nitriet, en de Nitrobacter, die nitriet tot nitraat oxydeert. Dat de door Romell (12) beschreven nitrietbacterie uit boschgrond een aparte soort zou zijn is aan ernstige twijfel onderhevig. Ondanks het feit, dat het aantal denitrificerende bacteriën (dat zijn zij die gasvormige stikstof uit nitraat en nitriet kunnen vrijmaken) vrij groot kan zijn, mag men in verband met den omvang van dit proces zelf in den grond vrij klein achten. Daarvoor is de zuurstofvoorziening te goed en de ontwikkeling der betreffende bacteriën kan ook ten koste van andere stoffen dan nitraat plaats hebben.

De lijn voor het gehalte aan nitraat-N in den grond wordt sterk beïnvloed door het gebruik en door uitspoeling, zoodat ook hier

Verbetering van de strooiselafbraak.

weer een periodisch verloop te constateeren valt. Naarmate de humificering van het loof verder gaat wordt de stikstof moeilijker aantastbaar en nemen NH_3 -vorming en -oxydatie af. In loofbosschen is dat in mindere mate het geval dan in naaldbosschen. Hooge zomertemperatuur, goede waterversorging, verhooging der pH verhoogen ook de stikstofmobiliseering. Dit zijn ook de richtlijnen voor de te nemen maatregelen ten einde de strooiselafbraak te verbeteren. De boschbouwkundige past ze reeds toe door het bevorderen van een gemengde beplanting van naald- en loofhout. Maar er zijn nog andere maatregelen te nemen ten einde de levensomstandigheden der microflora te verbeteren. Men vindt er een aantal beschreven door Düggeli. (13) Hij onderzocht den invloed van verschillende maatregelen op het totale, op agar telbare aantal bacteriën in naaldbosschen. Een sterk verbeterende werking hadden:

1. hakken van den begroeiden grond (incl. beplanting);
2. hakken van den van mos bevrijden grond;
3. planten van jonge beuken;
4. strooien van CaCO_3 of CaO , kunstmest en goede entaarde.

Daarentegen had het strooien van den asch van mos, van twijgen en het verwijderen van den zuren humus niet altijd succes. Afgezien van de vraag of het „totale” aantal bacteriën een juiste maat is voor een betere strooiselvertering, mag men in de door Düggeli beproefde maatregelen toch een goede richting herkennen. Immers het lijdt geen twijfel, dat een verbetering van de voeding der microflora in den grond, als hoedanig wij de bijplanting van beuken kunnen zien, en verder een verhooging van het basegehalte en van de pH (de toevoeging van krijt en kalk) tot een verhoogde werkzaamheid der bacteriën moet voeren, en dat is juist wat noodig is. En dat kunstmest gunstig gewerkt heeft kan al evenmin verwonderen! Immers de jaarlijks weerkeerende eenzijdige voeding met het eigen strooisel kan men moeilijk als voor de microflora gunstig aanzien. Het laat zich verwachten, dat ook de toevoeging van organische meststoffen naast die van bruikbare basen in gevallen van noodlijdende bosschen van beteekenis zullen kunnen zijn.

Samenvatting.

Wat we dus van de rol der bacteriën bij de strooiselvertering kunnen begrijpen is, dat hun werkzaamheid begint onder de bovenste strooisellaag, waar zij de producten der eerste aantasting door schimmels verder verwerken. Daarbij verdwijnen allereerst koolhydraten, cellulose en hemi-cellulosen, terwijl de overblijvende lignine veranderingen ondergaat, die het in verdund alkali beter oplosbaar maken. Tijdens de ontleding worden dus het methoxyl-, het ligninegehalte en het gehalte aan in alkali oplosbare stof verhoogd. Men ziet verder een verhooging van het proteïnegehalte door opbouw van organismen van allerlei soort, terwijl gedurende de ontleding der organische stof het aschgehalte toeneemt. In een nog later stadium heeft weer ontleding der proteïnen plaats, onder vorming van ammoniak. Het hangt dan verder van de buffercapaciteit van den ondergrond af, of er een voldoende neutrale reactie ontstaat om nitrificatie mogelijk te maken. In een dergelijk geval is dus de ontleding der organische stof door de bacteriën volledig: CO_2 , nitraat en water zijn de eindproducten.

Litteratuur.

- (1) S. A. Waksman, Humus 2nd Ed. (1938) p. 224.
- (2) R. Falck, Cellulose-chemie (1930) 11, 198.
- (3) H. Hesselman, Medd. Stat. Skogsförsöksanst. (1926) 22, 169.
- (4) D. Fèhèr, Mikrobiologie des Waldbodens. (1933) p. 134.
- (5) S. A. Waksman, Principles of Soil Microbiology, 2nd Ed. (1930) p. 399.
- (6) S. A. Waksman en H. W. Reusser, Cellulose-chemie. (1930) 11, 209.
- (7) E. G. Mulder, Proefschrift, Wageningen 1938, p. 107.
- (8) H. Süchting, Forstw. Centralbl. 47 (1925).

- (9) L. G. Romell, Medd. Stat. Skogsförsöksanst. (1922) 19, 281.
 (10) " " ibidem (1928) 24, 1.
 (11) C. Stapp en H. Börtels, Centr. Bakter. II, (1934), 90, 28.
 (12) L. G. Romell, Medd. Stat. Skogsförsöksanst. (1928), 24, 57.
 (13) M. Düggeleli, Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. (1938) 20, 307.
 (Wordt vervolgd).

MEDEDEELINGEN INZAKE HET BOSCHWEZEN, DE HOUTVOORZIENING EN DE JACHT.

1. Uitvoering Houtbeschikking 1941, nr. 1.

De directeur van het Rijksbureau voor Hout heeft bekend gemaakt, dat met ingang van 24 Mei 1944 zijn bekendmaking van 1 October 1943 (zie het November-nummer 1943 van dit tijdschrift) als volgt wordt gewijzigd:

1. Artikel 4, lid 1, 2°, wordt als volgt gelezen:
 „liggend rond en gezaagd hout van vruchtboomen, met uitzondering van het verkoopen en afleveren daarvan door den producent”.
2. Artikel 6, lid 1, 3°, wordt gelezen:
 „brandhout, geen generator- of stobbenhout zijnde, echter alleen voor het ketel- of kachelklaar maken daarvan”.
3. Het tweede lid van artikel 6 wordt als volgt gelezen:
 „Aan de in het eerste lid vermelde dispensaties wordt als voorwaarde verbonden:
 a. dat het zagen en doen zagen van het sub 1°. genoemde werkhout in een zagerij niet mag geschieden, tenzij aldaar een zaagcontrolebrief van het Rijksbureau voor Hout voor de desbetreffende partij aanwezig is;
 b. dat de sub 1°. bedoelde producenten van de door hen of op hun last bewerkte, respectievelijk verwerkte hoeveelheden en soorten hout nauwkeurig aanteekening houden op daartoe bij het Rijksbureau voor Hout verkrijgbare formulieren, welke telkens in de eerste week van de maand, volgende op die, waarin de be- of verwerking heeft plaats gevonden, aan dit bureau moeten worden gezonden”.
4. In artikel 14 wordt sub 3°. in plaats van „koopbrief” gelezen: „vergunning”.
5. In artikel 15 wordt in plaats van „Houtskool” gelezen „Hout voor Houtskool”.
 Zie Ned. Staatscourant van 25 Mei 1944, nr. 101.

2. Contact-commissie particuliere boscheigenaren.

De Secretaris-Generaal van het Departement van Handel, Nijverheid en Scheepvaart heeft bij Beschikking van 19 Juni 1944, No. 6283 het navolgende bepaald:

Gelet op § 1 der Verordening No. 23/1940 van den Rijkscommissaris voor het bezette Nederlandsche gebied:

Heeft goedgevonden:

1. met ingang van 16 Juni 1944 bij het Rijksbureau voor hout in te stellen een Contact-commissie particuliere boscheigenaren;
2. te benoemen tot lid en voorzitter:
 Dr Th. C. Oudemans te Putten (Gld.).
 te benoemen tot leden:
 Jhr Mr Dr E. A. van Beresteyn te Vierhouten.
 Jhr W. H. de Beaufort te Maarn.
 Dr Ir H. van Vloten te Wageningen.

Uitbreiding Staatsbezit.

De Staat heeft aangekocht ± 11 ha bosch, deel uitmakende van het zg. „Grote Veld”, gelegen tusschen Warnsveld en Lochem. Het beheer is opgedragen aan den houtvester in de houtvesterij „Zutphen” te Gorssel.