

Oorspronkelijke Bijdragen

LANDBOUWVOORBOUW ALS MIDDEL TOT VERBETERING VAN DE GROEIPLAATS

With a summary: Artificial regeneration of forest soils through intermediate agricultural crops.

[232.22 : 237 (492)]

door

C. P. VAN GOOR, J. F. VAN OOSTEN SLINGELAND, B. VEEN

Een belangrijk besluit, dat een bosbouwer inzake zijn beheersvoering moet nemen, betreft de behandeling van de groeiplaats in geval van herbebossing. Men is van ouds gewend hierbij een bewerking toe te passen, die kan variëren van het maken van plantgaten tot een volledige bewerking ter diepte van drie voet. De keuze wordt in hoge mate bepaald door de bosbouwkundige inzichten van het ogenblik.

Erdmann was een der eersten, die uit theoretische overwegingen een voor zijn tijd logisch systeem van groeiplaatsbehandeling heeft uitgedacht en consequent heeft toegepast. Dat bij het toenemen van de kennis van de humuschemie zijn inzichten niet juist bleken, doet niets af aan zijn grôte verdiensten. Een andere opvatting, gegroeid uit die van de Deen P. E. Möller, werd uitgewerkt door Erdmann's opvolger Hassenkamp. Het verschil van inzicht werd zo groot, dat de laatste al spoedig met zijn chef in botsing kwam en werd overgeplaatst naar de naburige houtvesterij Syke. Hierdoor kan men thans naast elkaar, in Erdmannshausen (Neubrichhausen) en in Syke, twee principiëel verschillende regeneratiemethoden van Erdmann en Hassenkamp nader bestuderen. In Erdmannshausen wordt de zure humus als ondeugdelijk ter zijde geschoven; daarentegen wordt deze in Syke door middel van zware kalkbemestingen, meestal gevolgd door landbouwvoorbouw en stelselmatige bézaaiing met leguminosen, tot omzetting gebracht.

Schrijvers van dit artikel waren in de zomer van 1951 in de gelegenheid een bezoek te brengen aan houtvester Hassenkamp, die nu reeds meer dan 20 jaren landbouwvoorbouw als middel tot regeneratie van de groeiplaats heeft toegepast. Gezien de historische ontwikkeling wordt eerst iets over Erdmannshausen medegedeeld, daarna wordt de landbouwvoorbouw behandeld en ten slotte de mogelijkheid van toepassing daarvan in onze bossen besproken.

Erdmannshausen. Erdmann is tegen sterk ingrijpen in de natuur. Zijn uitgangshypothese is, dat het koele en vochtige klimaat van zijn gebied een gezonde strooiselvertering verhindert, waardoor van nature hoogveenvorming plaats vindt. Thans staat vast, dat dit niet juist is, doch dat de menselijke invloed de voornaamste reden is voor het stokken van het humificatieproces. Daarentegen blijft het de verdienste van Erdmann, dat hij trachtte een einde te maken aan de degradatie, en wel door een bepaalde samenstelling van de opstand. Daarbij gaat hij er van uit, dat de bovenlaag van de grond kan en moet worden verrijkt,

doordat de opstand zelf de voedingsstoffen via het strooisel omhoog brengt. Dat dit bijna onmogelijk is, blijkt uit de onderzoeken van Wittich (waarover later).

Erdmann hecht grote waarde aan de verzorging van de grond door de houterbaarheid en het is dus begrijpelijk, dat hij een klassificatie volgens de verteerbaarheid van het strooisel opstelde. Hij onderscheidt: humusverteeders (lariks, berk, eik, es, linde, tamme kastanje), een midden-groep (els, iep, esdoorn, zilverden, pijnboom) en humusophopers (fijnspar, beuk, haagbeuk, Oostenrijkse pijnboom, weymouth).

Opstanden van humusophopers, vooral wanneer deze onderling zijn gemengd, kunnen aanvankelijk wel een gunstige humusomzetting geven. Op den duur wordt echter te veel strooisel geproduceerd, zodat bij gebrek aan licht en warmte op de bodem tenslotte toch bosturf wordt gevormd. Opstanden van humusverteeders geven een gezonde toestand van de grond. Omdat het echter meestal lichthoutsoorten zijn, treedt spoedig gevaar op van verwildering. Daarom propageert Erdmann een gemengd opstand van humusophopers en humusverteeders en een behandeling waardoor de laatste bij toenemende leeftijd steeds meer worden bevoordeeld. Om sterke inwerking van het ruwe Atlantische klimaat op de grond tegen te gaan (Erdmann beschouwt dit klimaat immers als oorzaak van de degradatie), ontwerpt hij een „Zweialtriger Hochwaldbetrieb“, dat gekenmerkt wordt door een intensieve verticale sluiting.

Het bestrijden van degradatie van de grond is een van de voornaamste bedrijfsmaatregelen. Erdmann onderscheidt hierbij: „Bodensanierung“, waaronder hij verstaat het wegnemen van een reeds aanwezige „Bodenerkrankung“, zoals hij de degradatie noemde, en „Bodenhygiene“, dat zijn maatregelen om gezonde en gesaneerde gronden in goede toestand te houden.

De wijze waarop de „Bodensanierung“ wordt uitgevoerd, wordt bepaald door het ziektebeeld. Hij geeft daarom voorschriften ter behandeling van de verschillende door hem onderscheiden ziektenbeelden, met name „Bodenverödung“, Bodenverwüsting“ en „Bodenentartung“.

Onder „Bodenverödung“ verstaat hij achteruitgang door zure humusvorming. Hiertoe beveelt hij aan, al naar de omstandigheden: dichte onderzaaiing of onderplanting, voorzichtige hoogdunning, het omplaggen van de bovengrond.

De „Bodenverwüsting“, waarbij dikke pakketten zure humus op de grond liggen, kwam in Neubrichhausen het meeste voor. Om dit tegen te gaan heeft Erdmann het „Neubrichhauser Beseitigungsverfahren“ ontwikkeld. Het spreekt van zelf, dat dit langzamerhand ontstaan is en dat Erdmann niet met dit „Verfahren“ is begonnen. Onze eerbied voor deze pionier op dit gebied wordt slechts groter als wij zien, met welke verschillende methoden hij heeft getracht de achteruitgang van de grond te bestrijden. Zo paste hij toe:

- (a) Het Mischungsverfahren van Möller, waarbij het zure humusdek mechanisch wordt stuk getrokken en met de minerale grond vermengd.
- (b) Overzanding, een methode van Oertzen.
- (c) De Deense methode, waarbij een oppervlakkige grondbewerking wordt gecombineerd met een kalkgift van 2 tot 4 ton ongebluste kalk per ha. Erdmann beschouwt deze methode als ontoereikend en niet rendabel en heeft hem na enige pogingen niet meer toegepast. Zoals later

door Hassenkamp is ontdekt, zijn deze percelen juist goed geslaagd.

(d) De methode, waarbij de boeren toestemming werd gegeven de bosturf weg te halen, zodat de minerale grond bloot komt. Erdmann beschouwde deze roof van voedingsstoffen spoedig als onjuist.

(e) Verbranden van het humusdek. Dit voldeed evenmin en was te duur wegens de uitgebreide voorzorgsmaatregelen.

Erdmann verwerpt de landbouwvoorbouw, omdat deze gepaard gaat met kaalkap en te sterke onkruidgroei; bovendien zou de bosturf hiermee niet worden omgezet. Voorts acht hij het rooien van stobben nadelig voor het behoud van de natuurlijke bosgrond en hij betwijfelt of er, ondanks de kunstmestgiften, geen rooibouw wordt gepleegd.

Uit deze proefnemingen kwam dus het „Neubruchhauser Beseitigungsverfahren" tot stand. Het werd toegepast in oudere bossen met „Bodenverwüsting". De zure humus, alsmede het daarop levende dek van mossen, bosbessen, e.d. wordt van twee meter brede stroken verwijderd en op een meter brede ruggen neergelegd. Daarna wordt 50 tot 70 % van de oude opstand weggenomen en in de ontblote stroken wordt de tweede generatie gezaaid, welke bij voorkeur bestaat uit de helft beuk en de helft naaldhout.

Is de „Bodensanierung" met succes volbracht, dan is het woord aan de „Bodenhigiene", de bedrijfsmaatregelen, die moeten dienen om de gesaneerde gronden tegen hernieuwde degradatie te beschermen. Ze bestaan uit: de zorg voor een dichte bedekking van de grond, vermindering van kaalkap, het uitvoeren van dichte bezaaiingen (als zaadhoeveelheden beveelt hij aan voor beuk 150 kg/ha, voor pijnboom 5 kg/ha en voor berk $3\frac{1}{2}$ kg/ha), het aanbrengen van een, de grond verzorgende étage en tenslotte het invoeren van korte omlopen, zodat de humus onder invloed van het ongunstige klimaat niet in bosturf verandert. Erdmann beschouwt bosturf als een irreversibele humusvorm (in tegenstelling tot „Mull" en „Moder"). In overeenstemming met zijn opvatting, dat de bosturf, dat de climax associatie in N.W. Duitsland, evenals in Nederland, heide en hoogveen is.

De „Bodenerkrankung" staat bij Erdmann in het middelpunt van zijn beschouwingen. Elke bedrijfsmaatregel wordt van dit punt uit beoordeeld. Dit is een juist principe, dat de kundigheid van Erdmann als bosbouwer kenmerkt. Zijn streven om de verticale sluiting van de opstanden zo volledig mogelijk te handhaven, bracht hem tot het toepassen van de hoogdunning, terwijl in verband met de armoede van de grond een laagdunning beter zou zijn. De eis, dat het klimaat zo weinig mogelijk invloed mag uitoefenen op de grond, schakelt kunstmatige verjonging en kaalkap uit op de geringe gronden het eenvoudige en het goedkoopste is. In plaats hiervan komen natuurlijke verjonging en verjonging onder scherm in stroken.

Wat Erdmann en zijn opvolger met het „Zweialtriger Hochwald" in landschappelijk opzicht hebben bereikt is bijzonder fraai. Bosbouwkundig vallen de resultaten echter tegen. De gewenste activering van de eerste generatie naaldhoutopstanden door onderplanting of onderzaaiing op stroken, waarbij de humus op ruggen is gezet, is niet geslaagd. Op de ontblote stroken heeft zich in enkele tientallen jaren een nieuwe laag bos turf gevormd, waardoor de biologische activiteit te laag blijft en van

verbetering van structuur geen sprake is. De op ruggen gezette bosturf verteert niet overal op de wijze zoals werd verwacht, terwijl de aangeplante „Humuszehrer" door hun hoge eisen aan het basengehalte van de groeiplaats afgestorven zijn of zeer slecht groeien. Onder de nieuwe opstanden, ontstaan uit het „Zweialtriger Hochwald" heeft zich geen nitraatflora ingesteld. In tegendeel, zure humusvorming vindt plaats. De zuurgraad is nog even ongunstig als vroeger ($\text{pH} = 3,5$).

- De proefvelden, waar de Deense methode, dus kalkbemesting werd toegepast, vertonen in tegenstelling met andere opstanden in Erdmannshausen een gunstige bodemtoestand, ondanks het feit, dat hiër op zuivere beukenopstanden staan.

- De oorzaak, dat het door Erdmann ontwikkelde bedrijf houtteeltkundig niet geheel voldoet, is gelegen in de volgende onjuiste standpunten.

Het Atlantische klimaat is niet de oorzaak van de in Erdmannshausen opgetreden podsolering. Deze verarming is een gevolg van devastatie, beweiding, het steken van plaggen en andere menselijke handelingen, die leiden tot afnemering van het basengehalte van de grond, verzuring en uiteindelijke podsolering. Het kalkgehalte is de minimumfactor, die echter kan worden beïnvloed door een kalkbemesting, en niet, zoals Erdmann dacht door het in omloop brengen van kalk door diepwortelende houtsoorten, omdat de diepe uitloging van de gronden dit onmogelijk maakt. Het achterwege laten van een kalkbemesting is daardoor de hoofdoorzaak van de relatieve mislukking van de culturen van Erdmann.

De zure humus bevat een aanzienlijk kapitaal aan voedingsstoffen. In Erdmannshausen bedraagt dit ongeveer 2000 kg zuivere stikstof per ha. Dit kapitaal mag niet nutteloos op ruggen worden gezet, maar moet worden geactiveerd, zodat het ten minste aan de toch reeds arme bodem ten goede komt.

De voor zijn bedrijf kenmerkende verticale sluiting en hoogdunning zijn voor deze arme gronden niet juist. Door het geringe gehalte aan voedingsstoffen zijn „meeëters", in de aanwas van een volgende generatie als ondersverdieping, medeëters, in de aanwas van de hoofdopstand, terwijl hun eigen aanwas dit niet opheft. De hoogdunning van Erdmann, die voornamelijk tot doel heeft de verticale sluiting te behouden en daartoe te veel bomen handhaaft, die niet direct voor productie in aanmerking komen, is om dezelfde reden onjuist.

Dit alles onder voorbehoud, dat, zoals Erdmann aangeeft, geen bemesting plaats heeft.

Sjke. Zoals reeds werd medegedeeld, kwam Hassenkamp spoedig na zijn benoeming in Erdmannshausen tot verschil van inzicht met Erdmann aangaande de bedrijfsvoering. Hij kon zich niet verenigen met de fundamentele opvatting van Erdmann, dat het klimaat hier oorzaak zou zijn van de bodemdegradatie. Immers wat leerde de bosgeschiedenis? Omstreeks 1600 bestond de begroeiing uit loofhout. Dit bos degradeerde sterk door overmatige vellingen, houtroof in de onordelijke tijden gedurende en na de dertigjarige oorlog, de beweiding en het wanbeheer, met als resultaat, dat heidevelden ontstonden. In de 18e eeuw bestond het gehele gebied, met uitzondering van enkele, thans nog goed groeiende loofhoutenclaven, uit heide. Zo kwam Hassenkamp tot de overtuiging, dat de degradatie in hoofdzaak een gevolg is van de menselijke invloed

en dat regeneratie tot een duurzaam hoger productieniveau mogelijk is, zonder overdreven bescherming van de grond tegen klimaatsinvloeden. De grondslag van zijn bedrijfsvoering is dientengevolge principieel verschillend van die van Erdmann. Volgens Hassenkamp geldt het volgende:

De opstandsofbouw wordt bepaald door de bodemeigenschappen. Verticale sluiting, „Zweialtriger Hochwald” en hoogdunning stellen te hoge eisen en zijn overbodig als bescherming tegen klimatologische invloeden op de grond. Zure humus en bosturf zijn een gevolg van menselijke fouten en bedrijfsvoering en bosbehandeling. Zij moeten door maatregelen, die de storende invloed opheffen en de minimumfactoren aanvullen, worden geactiveerd en in gunstiger vormen worden omgezet.

De armoede van de gronden is niet onveranderlijk. Potentieel zijn genoemde typen zelfs rijk. Ook onder de natuurlijke toestand van klimaat en vegetatie zal het evenwicht in de voedselstoffenomloop aanzienlijk hoger liggen dan thans. Voorwaarde voor regeneratie is het op peil brengen van het gehalte aan basen en andere voedingsstoffen. Zonder voorraadbemesting zal de bosbehandeling de veranderlijke bodemeigenschappen binnen praktische perioden niet gunstig kunnen beïnvloeden, wegens het te lage gehalte aan basen en de diepe verzuring van de grond. Door het lage basengehalte is de eindtoestand van de strooiselomzetting steeds zure humus en bosturf, zelfs onder inlandse eiken. De betekenis van de basen, vooral van kalk, voor de bodem en zijn biologische activiteit is Hassenkamp even goed bekend als het verschijnsel van kalkgebrek der diluviale gronden. Doch hij bereikt zijn doel niet alleen met een kalkgift, want ook fosfor en kali zijn in het minimum. Voor een doeltreffende regeneratie is dus ook een voorraadbemesting met P en K noodzakelijk. Om de grote kosten van deze bemesting te kunnen dekken, past Hassenkamp gedurende enkele jaren landbouwvoorbouw toe. Hij bereikt hiermede menging van de bosturf met de minerale grond en de meststoffen, waardoor de ruwe zure humus in milde echte humusstoffen wordt omgezet; vergroting van het voedingsstoffenkapitaal zonder abnormale financiële offers; activering van de grond door toevoer van eiwitrijke humusstoffen van de landbouwgewassen; een onkruidvrije cultuurvlakte en een goedkope regeneratie van de grond.

De grondbewerking is intensief en wordt uitgevoerd met paarden- of motortractie. De verjonging geschiedt in kaalkap. De resultaten van de landbouwvoorbouw zijn op deze gronden en onder deze omstandigheden zeer opvallend.

Gemiddeld worden op deze wijze volgens Wittich 150.000 kg organische stof per ha met de minerale grond vermengd. Deze organische stof heeft een N-gehalte van ongeveer 1,8 %. Van de zure humus wordt in 5 jaar ongeveer 40 % gemineraliseerd, terwijl de rest wordt omgezet in waardevolle echte humusstoffen, die een N-gehalte hebben van 3,1 %. Het adsorptievermogen van deze humus ligt in de buurt van 200 tot 250 m aeq./100 g. Na 5 jaar is een evenwicht bereikt, waarbij het humusgehalte van de bovenste 10 cm grond zich kan handhaven op gemiddeld 9 %, terwijl dit aanvankelijk niet hoger was dan 3,8 %.

Als gevolg van deze krachtige humificatie treedt N-gebrek op, zodat steeds groenbemesting nodig is (waarover later). Hiertoe wordt in smalle stroken 4 kg blauwe lupinen gezaaid. Behalve voor stikstof, zorgt deze

vegetatie ook voor een gunstig microklimaat, waardoor een goede biologische bodemactiviteit en goede bodemstructuur wordt bevorderd.

Door deze verbetering is een biologisch niet actieve, zure humusgrond met een pH van ongeveer 3,5 veranderd in een biologisch actieve, milde humusgrond met een pH van ongeveer 5. Het kalkgehalte van de bladeren der bomen is 2 tot 3 maal zo hoog als op de onbehandelde terreinen. Het fosfaat gaat gemakkelijker in oplossing en de N-huishouding is uitstekend. De opstanden ontwikkelen zich weelderig (de oudste opstand is aangelegd in 1928).

De reactie van de houtsoorten is niet gelijk, doch overal is vergroting van de groeisnelheid te constateren. Het sterkst reageren els, eik en haagbeuk, daarna volgen linde, esdoorn, beuk, fijnspar en lariks, dan de pijnboom en tenslotte de douglas en de Amerikaanse eik. Pijnboom en lariks reageren echter ongunstig op de snelle groei doordat ze een slechte vorm gaan vertonen en hun natuurlijke differentiatie veel groter wordt. Deze houtsoorten zijn wel te gebruiken als men de groenbemesting achterwege laat.

De fijnspar reageert zeer krachtig. Hij bereikt op deze gronden na landbouwvoorbouw in 20 jaar een hoogte, die overeenkomt met die van een 30-jarige opstand van de eerste boniteit. Loofhoutsoorten reageren alle gunstig. Bij de verjonging van beukenopstanden is landbouwvoorbouw echter overbodig. Hier kan men volstaan met een bekalking, waarna bij een zaadjaar wordt gelicht.

De flora onder de nieuwe opstanden is mild. Hij bestaat uit grassen en kruiden, die, plantensociologisch beschouwd, behoren tot het eikenhaagbeukenbos. Van verwilderen (zie bezwaren van Erdmann) is geen sprake, behalve onder de hol staande grovedennenopstanden. Er ontwikkelt zich dan een milde grasflora, die ongevaarlijk is, omdat de vochtigheid hier niet in het minimum is.

Het strooisel verteert, ook in de donkere opstanden van douglas, gemakkelijk en snel. Ook het oorspronkelijke materiaal is omgezet. Zure humusvorming (het grote probleem van Erdmann) komt op deze geactiveerde gronden niet voor.

De structuur van de bosgrond is, vergeleken met de oorspronkelijke toestand, aanzienlijk verbeterd. De huidige toestand is waarschijnlijk niet natuurlijk, maar hij zal onder de gegeven omstandigheden geleidelijk een evenwichtsstadium bereiken. De houtsoortenkeuze en de behandeling van de opstand zijn hierbij van primair belang. Betreffende het probleem van het duurzaam behoud van het productievermogen werd door Hassenkamp weinig positiefs medegedeeld.

Wittich stelt voor, na elke omloop door intensieve bewerking en bemesting eventuele achteruitgang van de grond te corrigeren; of dit juist is moet ernstig worden betwijfeld. Het gehele biologische patroon van de tientallen jaren gevormde bosgrond wordt op een dergelijke wijze ernstig geschaad door het volkomen veranderen van klimaat, structuur en zuurgraad van de grond. De vooruitgang in productiecapaciteit wordt onnodig verkleind. Is de regeneratie geslaagd, dan is het beter door keuze van geschikte houtsoorten en bosbehandeling de herstelde productiecapaciteit te bestendigen.

De wetenschappelijke achtergrond van de landbouwvoorbouw. Wij

waren in de gelegenheid enkele voordrachten van Wittich te beluisteren, waarin deze een uiteenzetting gaf van de wetenschappelijke achtergrond van de landbouwvoorbouwing en over de controverselle Erdmann-Hassenkamp. Hij deed dit op grond van uitgebreide onderzoeken in de beide houtvesterijen Erdmannshausen en Syke.

Tijdens interglaciale tijdvakken is de bodem van N.W. Duitsland welke grotendeels bestaat uit in de Riss-ijstijd gevormde keilemen, uitgeloogd en geërodeerd. Over dit in het algemeen arme diluvium is een laag lössachtig dekzand („Flottlehm“) van gemiddeld 70 cm dikte afgezet. Dit materiaal was eveneens arm aan basen. Deze armoede kenmerkt de verdere ontwikkeling van de grond. Door de menselijke invloed, die culmineerde in een bijna totale ontbossing van de Lünenburger Heide, nam de verzuring en de uitloging van de grond sterk toe, met het gevolg, dat podsolvorming plaats vond.

Erdmann trachtte deze gronden te regenereren door middel van de houtsoorten. Hij veronderstelde, dat de kalk door de wortels van de „Humuszehrer“ omhoog werd gebracht en dat daardoor een verbetering van het milieu plaats had.

Wittich heeft gevonden, dat het strooisel van beuk en zilverden op deze gronden slechts 25 tot 33 % van het normale gehalte aan kalk bevatten, zodat deze houtsoorten per jaar slechts 10 kg/ha omhoog brengen. Om het kalkgebrek aan te vullen is ten minste 4000 kg/ha nodig. Een beukenopstand zou hier 400 jaar over doen.

Hassenkamp, die begint met een kalkgift van 3000 tot 4000 kg/ha, gecombineerd met een oppervlakkige bewerking, werkt dus directer en intensiever dan Erdmann. Door de kalkgift wordt de vertering van de zure humus versneld. Bij een te snelle afbraak bestaat echter het gevaar, dat een deel van de vrij komende voedingsstoffen niet door de vegetatie wordt opgenomen, maar uitspoelt. Erdmann heeft hierop reeds gewezen en hij achtte het een doorslaggevend bezwaar tegen kalkbemesting. Het valt de minerale, wanneer men zorgt voor een onmiddellijke vastlegging van de mineralen. *De zure humus mag dus niet mineraliseren, maar moet humificeren.* Dat wil zeggen, dat uit het ruwe organische materiaal echte humus wordt gevormd, die beter bestand is tegen oxydatie en biologische aantasting. Het gehele probleem van de regeneratie van deze gronden is dus terug te brengen tot de activering en humificatie van de zure humus.

De chemie van de humus is thans zover ontwikkeld, dat vast staat, dat echte humusstoffen grotendeels zijn opgebouwd uit ketens van polyoxybenzenen. Deze verbindingen kunnen ontstaan uit lignine, koolwaterstoffen en eitwitten. (Flaig, 1950).

De omzetting van de humus in echte humusstoffen berust op afbraak, oxydatie, polymerisatie en verrijking met stikstof (zie blz. 121). Het ligninemolecuul (I) bevat een phenogroep (II), welke bij afbraak vrij komt. Door verbinding met zuurstof chinoïde verbindingen (III), die in zwak alkalisch milieu kunnen polymeriseren tot lange ketens (VI). Deze hydrochinon-huminezuren kunnen door opname van ammoniakale stikstof worden gestabiliseerd en aldus is een echte humusstof ontstaan (V).

De koolhydraten worden via biochemische reacties omgezet in stabiele humusstoffen. Hierbij gaat echter een groot deel door mineralisatie verloren. Wegens het grote aantal koolhydraten wordt volstaan met een

voorbeeld te geven, waaruit blijkt, dat voor deze omzetting levende organismen nodig zijn. Gaat men uit van een hexose (VI), waaruit door aldolcondensatie een cyclohexiet ontstaat, dan verkrijgt men inosiet (VII), dat in het plantenrijk zeer verbreid voorkomt. Uit inosiet ontstaat door onttrekking van water het eveneens veel voorkomende phloroglucine (VIII) en oxyhydrochinon (IX), beide trioxybenzenen. Door oxydatie verkrijgt men hieruit oxybenzochinon (X). Ook kan door fermentatieve oxydatie inosiet worden omgezet in een ketose, welke onder invloed van bepaalde organische stoffen overgaat in tetraoxybenzeen. De omzetting van di-, tri- en tetra-oxybenzeen in oxybenzochinon geschiedt onder opneming van water en zuurstof. De aldus ontstane chinonide verbindingen worden verder tot echte humusstoffen omgezet als bij de lignine-omzetting is aangegeven.

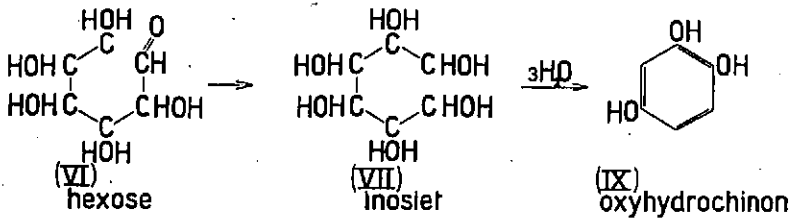
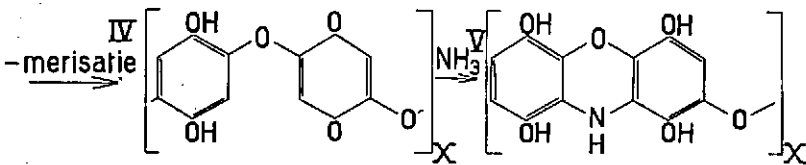
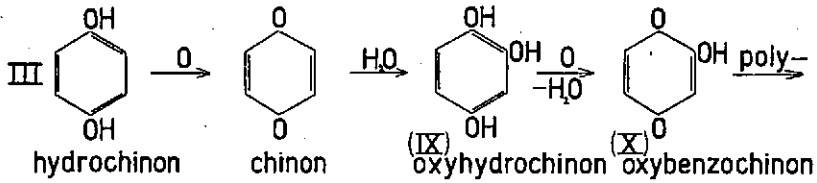
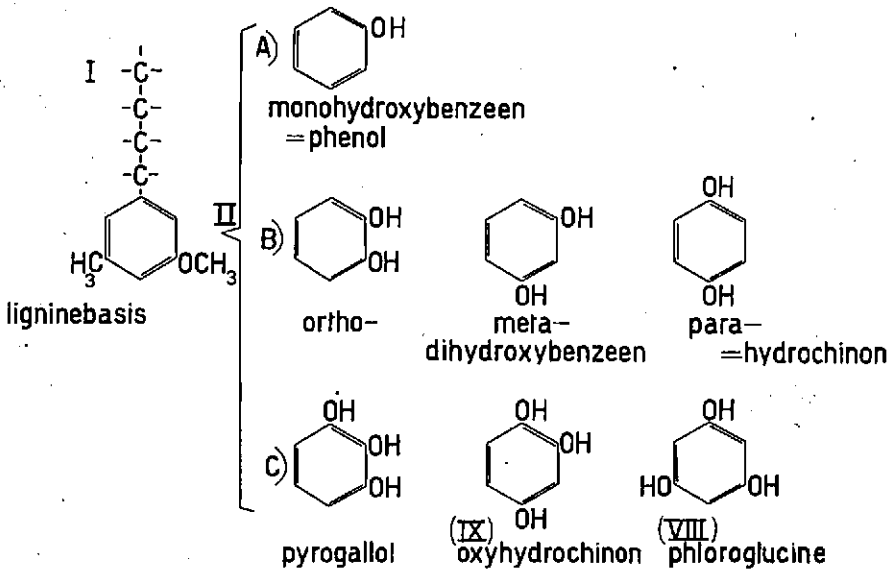
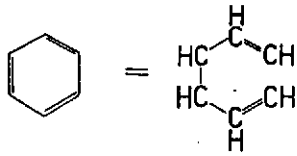
Bij de vorming van de chinonide grondstoffen spelen micro-organismen, b.v. actinomyceten, een belangrijke rol. Ze gebruiken deze stoffen als ademhalingsferment. Dit berust op de omkeerbare omzetting van benzeenachtige in chinonachtige stoffen, waarbij zuurstof wordt opgenomen, ofwel wordt afgegeven. Na het afsterven der schimmels komen deze grondstoffen voor humusvorming beschikbaar. De werking van actinomyceten kan worden bevorderd door een basenrijk milieu, de aanwezigheid van excrementen van wormen en afval van andere organismen.

De eiwitten, afkomstig van planten, micro-organismen en afvalproducten zijn de belangrijkste bron van de in het humusmolecuul vast te leggen stikstof. Voorts leveren ze ook een weinig chinonide stoffen. De stikstof voor de stabilisering van de humusstoffen wordt niet alleen in de NH_3 -vorm, maar ook als polypeptide opgenomen. Naarmate meer polypeptiden aanwezig zijn wordt ook meer huminezuur gevormd. De biologische bodemactiviteit is dus van belang, evenals de aanwezigheid van leguminosen, die een eiwitrijk strooisel leveren.

Bovenstaande theorie geeft ons belangrijke conclusies in verband met de allereerst voor een beschouwelijke regeneratie van de bodengrond. Dit meer volgt uit de daadwerkelijke, dat organisch materiaal alleen kan humificeren of mineraliseren zolang de stof in staat is water op te nemen. Dit water is voor verschillende reacties noodzakelijk. Voorts moet voor de omzetting van lignine het milieu alkalisch zijn. Wittich vond dat bij een $\text{pH} = 4,5$ reeds auto-oxydatie van de lignine optrad. Ook is biologische activiteit in de grond onmisbaar voor de omzetting van de koolhydraten en voor de levering van eiwitten, die de stikstofcomponent voor de humus moeten geven. Onvoldoende biologische activiteit is vaak een gevolg van een te lage pH . Verder dient de grond goed geaëreerd en voldoende vochtig te zijn voor een vlot verloop der oxydatieprocessen. Van stikstof plaats, waardoor bij de gewassen stikstofgebrek kan optreden. Stikstofbemesting is dus gewenst; veelal is groenbemesting met leguminosen voldoende.

Humificatie van het strooisel kan alleen optreden als alle omstandigheden daarvoor gunstig zijn.

Met dit al is Hassenkamp dus in het gelijk gesteld. Een bemesting en een bewerking van de grond, waarbij de zure humus met de bovenlaag wordt vermengd, vormen een gunstig milieu voor omzetting van dikke pakketten bosturf, die Erdmann als ondeugdelijk ter zijde stelde. Reeds



3 tot 5 jaar na de bebossing stelt zich een evenwicht in en blijkt dat het humusgehalte in de bovenste 10 cm van de grond soms tot het vijfvoudige is gestegen, terwijl ook dat van het fosfaat- en stikstofgehalte aanzienlijk is toegenomen, en bovendien de vrije Al-ionenconcentratie sterk is teruggelopen. Voorts blijkt dat de structuur en de biologische activiteit sterk verbeterd zijn en dat geen nieuwe zure humus wordt gevormd.

De betekenis van de landbouwvoorbouw voor Nederland. Wanneer men overweegt of landbouwvoorbouw volgens het systeem van Hassenkamp ook in Nederland kan worden toegepast, moet men bedenken, dat de gronden van Syke en Erdmannshausen wel sterk gedegradeerd, doch potentiëel rijk zijn. Op deze löss en zware zandgrond heeft de landbouwvoorbouw bewezen een doeltreffend en goedkoop middel tot regeneratie te zijn. In Nederland staan de meeste bossen op armere bodemtypen en wij moeten dus nagaan of de landbouwvoorbouw hier mag worden toegepast en kans van slagen heeft.

Voor zover onze bosgronden een normaal humusgehalte bezitten, is landbouwvoorbouw ongewenst. Immers deze gronden zijn niet gedegradeerd en een krachtige regeneratiemethode is dus overbodig. Komt op deze groeiplaatsen zure humus voor, dan zal men die moeten behandelen met een geringe kalkgift, waarna herstel moet worden verwacht van een juiste houtsoortensamenstelling en bosbehandeling.

Uit onderzoeken aan het Bosbouwproefstation T.N.O. blijkt, dat de degradatie van de Nederlandse bosgronden voor een belangrijk deel werd veroorzaakt door de vroeger algemeen en thans nog veelvuldig toegepaste 25 cm diepe en diepere grondbewerking. Hierdoor wordt de biologische activiteit te sterk bevestigd en veel humus gemineraliseerd. De productie van nieuwe humusstoffen is dan onvoldoende om het verlies door mineralisatie te dekken. Dit betekent een sterke achteruitgang van het humusgehalte en als gevolg daarvan een vermindering van de watercapaciteit, van de stabiliteit van de structuur, van het gehalte aan stikstof en aan fosfor. Diepe grondbewerking van hoge bosgronden met een normaal of nagenoeg normaal humusgehalte werkt dus degraderend.

Voor bosgronden, bedekt met zure humus en met weinig humus in de A_1 -horizont, is regeneratie gewenst. De watercapaciteit laat hier te wensen over en ook stikstof en fosfaat zijn in het minimum; verhoging van het humusgehalte is in de eerste plaats vereist. Dit kan worden bereikt door aanvoer van veel eiwitrijk organisch materiaal en een zodanige verbetering van de milieufactoren, dat de omstandigheden voor humificatie gunstig worden. Voor doorlatende arme gronden betekent dit onder andere bemesting met moeilijke oplosbare stoffen en wel voornamelijk stikstof en fosfaat.

Het is economisch niet verantwoord deze maatregelen uit te voeren. Men zou de aanvoer van veel organisch materiaal kunnen bereiken door onderplanting met houtsoorten die de grond verzorgen, doch op arme droge gronden betekent dit een extra belasting van het reeds geringe vochtkapitaal. Bovendien bereikt men met deze maatregel *alleen* niet voldoende.

Waarschijnlijk komen deze grondtypen echter in aanmerking voor regeneratie met behulp van landbouwvoorbouw. Er kan van worden

verwacht, dat het humusgehalte door de wortelresten van de landbouwgewassen op een hoger peil wordt gebracht. Reeds bleek, dat na een 3-jarige cultuur van intensief wortelende gewassen en een lupinegewas het humusgehalte opliep tot omtrent 4% voor de bovenste 20 cm van de grond. Een juist bemestingsschema is hierbij van groot belang; vooral op stikstofgebrek moet worden gelet.

De aanwezige zure humus wordt door de grondbewerkingen intensief vermengd met de minerale grond, waardoor de humificatie wordt bevorderd. Het gehalte aan fosfor, stikstof en andere voedingsstoffen kan door voorraadsbemesting op peil komen. De verzuring van het profiel wordt door de landbouwvoorbouw tot staan gebracht. Daar echter de aeratie van deze droge zandgronden niet te groot mag zijn, is het van belang zo weinig mogelijk in de grond te werken. Men zal gewassen dienen te kiezen, waarvan de teelt bij oppervlakkige grondbewerking mogelijk is. Daarenboven moeten hakvruchtgewassen worden uitgesloten.

Wanneer de landbouwvoorbouw beëindigd is moet men trachten zo spoedig mogelijk een dichte grondbedekking te verkrijgen om de biologische activiteit te remmen en de productie van strooisel te bevorderen. Over de vraag welke houtsoorten daarbij moeten worden gebruikt is nog geen fundamenteel onderzoek verricht. Praktische ervaringen wijzen er op, dat van de naaldhoutsoorten vooral de douglas in aanmerking komt, wellicht ook *Abies grandis* en zilverden; in mindere mate ook de lariks. Hoewel vele loofhoutsoorten dankbaar zullen zijn voor de verbeterde groeiplaats, zal toch vooral de inlandse eik de aangewezen houtsoort zijn. Ook zal men aandacht moeten schenken aan het inbrengen van voldoende vulhout. Bezaaïing met blauwe lupine en brem mag niet worden nagelaten, aangezien de jonge cultuur anders stikstofgebrek lijdt.

Men bedenke echter voortdurend, dat de landbouwvoorbouw een laatste hulpmiddel is en nooit een doel mag worden. Wij zijn het geheel eens met Wittich, die aan het eind van zijn boek „Landwirtschaftliche Zwischennutzung im Walde” schrijft:

„Voorwaarde voor de landbouwvoorbouw is, dat de maatregelen niet volgens een bepaald schema worden toegepast doch worden aangepast aan de bijzondere eigenschappen van de onderhavige groeiplaats. Hij biedt de mogelijkheid om volgens een bepaald plan de omzettingen in de grond in de gewenste richting te leiden en daardoor in veel gevallen een duurzame verbetering van gedregradeerde bosgronden te verkrijgen. Zijn invloed op de bodem is veel sterker dan van enige zuiver bosbouwkundige maatregel”.

Summary.

The authors were able to make a study tour in the forest districts of Syke in N.W. Germany. This article summarizes the ideas on soil regeneration of Erdmann, Hassenkamp and Wittich and concludes with suggestions for practical application under Dutch conditions.

Problem. The soils of Erdmannshausen and Syke consist of so called „Flottlehm”, i.e. loess or fine sands, layered on preglacial podsolised soils. These soils have been degraded by human influences (deforestation, heath-vegetation, grazing, etc.) and by reforestation in the 19th century with wrong species (*Pinus*, *Picea*) which caused further exhaustion of

these already poor soils and accumulation of thick layers of raw humus. Amelioration and the activation of mild humus layers is required to make these soils adequately productive.

Erdmann's method. Erdmann's theory is well-known from the literature. His main point is that he considers the climate as the principle factor causing degradation and not the earlier human influences and wrong vegetations. Although this viewpoint is hardly tenable, it is the great merit of Erdmann that he was one of the first who tried to stop further degradation. He tried to do this by silvicultural measures only, by building up a system of regeneration which leads to the so called „Zweialtriger Hochwald“, a shelterwood strip system. Strips of 2 m wide are cleared of raw humus, which is heaped in ridges, 1 m wide. The trees should enrich the upper layers of the soil by bringing up the minerals through roots and stem to the leaves, which afterwards form the litter. Under certain conditions this is possible, but on these poor soils it is doubtful, and certainly not possible within reasonable limits of time.

Some improvement can be noticed, but no lasting amelioration is attained.

Method of Wittich-Hassenkamp. This method is based on the results of modern humus chemistry and has been published by Wittich (1948). Wittich concludes that the raw humus should not be removed, but that it should be activated by manuring with large amounts of Ca, P and N and mixed with the upper layer of the soil. Following this treatment a suitable mixture of woody species must be established to stabilise the new soil condition.

Since this method is much too expensive, Hassenkamp combined it with a few years of agricultural crops to return a part of the expenses for soil cultivation and manuring. The results are satisfying, due partly to the potential richness of his soils.

Application to Dutch conditions. Dutch forest soils are in most cases of coarser texture than the soils in the region of Syke and Erdmannshausen. Therefore amelioration by the method of Hassenkamp is not always possible.

Where the humus content of our soils is sufficient but accumulation of raw humus has started, a relatively small amount of Ca only is needed to stop this process of degradation. Further improvement can be stimulated by suitable silvicultural measures (thinnings, underplanting etc.). The soil should never be deeply cultivated, because this leads to a severe loss of active humus.

Amelioration is needed where these coarse soils have an insufficient humus content in the A₁ horizon and are covered by a deep layer of raw humus. In this case it is necessary to supply a large amount of Ca to the acid raw humus, and to mix it with the upper soil and to manure with N and P. N is needed above all, because it is a substantial part of the stabilised humus form. Such complete measures are too expensive for a normal forest enterprise, but a few agricultural crops will make them economically possible. After a few years of crops and one year of green manuring it is necessary, as soon as possible, to establish a complete

cover of the soil in order to slow down the activity of the decomposition processes and to stimulate the production of litter. This litter, of course, must be of a good composition.

By this method it will be possible to improve these forest soils at relatively low costs.

L i t e r a t u r.

- Erdmann, F. Der zweialtrige Hochwaldbetrieb in der Oberförsterei Neubruchhausen. *Silva* No 38 ; 1920.
- Erdmann, F. Bodenerkrankung. Sonderheft d. Forstver. f. Westfalen u. Niederrhein, 1924.
- Erdmann, F. Waldbau auf natürlicher Grundlage. *Zeitschr. f. Forst u. Jagdwezen* 1926.
- Erdmann, F. Die Grundlagen der Wirtschaftsführung in der Oberförsterei Neubruchhausen von 1892—1924. *Zeitschr. f. Forst u. Jagdwesen* 1928.
- Flaig, W. Zur Kenntnis der Huminsäuren I. *Zeitschr. Pflzern., Düngung u. Bodenk.* 51, 1950.
- Hassenkamp, W. Der Einfluss von Standort und Wirtschaftsführung auf die Rohhumusbildung in der Oberförsterei Erdmannshausen. *Zeitschrift f. Forst u. Jagdwesen* 1928.
- Hassenkamp, W. Die Umwandlung von Rohhumusböden in Mullböden durch Waldfeldbau und Leguminosenanbau. *Forstarchiv* 34, 1941.
- Laatsch, W. Untersuchungen über die Bildung und Anreicherung von Humusstoffen. *Ber. Landtechn.* 4, 1948.
- Wittich, W. Die Landwirtschaftliche Zwischennützung, 1948.
- Wittich, W. Grundlagen der Bodenmelioration durch landwirtschaftliche Zwischennützung, *Schriftenreihe d. Forstl. Fakult. d. Univ. Göttingen*, Bd 2, 1951.
-