

TÖNNERSJÖHEDENS FÖRSÖKSPARK I HALLAND

ETT BIDRAG TILL KÄNNEDOMEN OM SYDVÄSTRA SVERIGES
SKOGAR, LJUNGHEDAR OCH TORVMARKER

DAS VERSUCHSREVIER TÖNNERSJÖHEDEN IN HALLAND. EIN BEITRAG ZUR
KENNTNIS DER SÜDWESTSCHWEDISCHEN WÄLDER, HEIDEN UND TORFMOORE

AV
CARL MALMSTRÖM

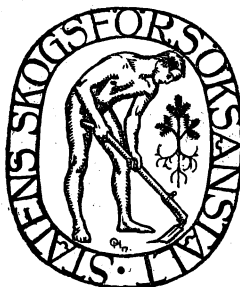
SKOGSBIBLIOTEKET
1 OKT. 1937

OM HUMUSTÄCKETS BEROENDE AV BESTÅNDETS ÅLDER
OCH SAMMANSÄTTNING I DEN NORDISKA GRANSKO-
GEN AV BLÅBÄRSRIK *Vaccinium*-TYP OGH DESS INVERKAN
PÅ SKOGENS FÖRYNGRING OCH TILLVÄXT

ÜBER DIE ABHÄNGIGKEIT DER HUMUSDECKE VON ALTER UND ZUSAMMENSETZUNG
DER BESTÄNDE IM NORDISCHEN FICHTENWALD VON BLAUBEERREICHEM *Vaccinium*-
TYP UND DIE EINWIRKUNG DER HUMUSDECKE AUF VERJÜNGUNG UND WACHSTUM
DES WALDES

AV
HENRIK HESSELMAN

Innehållsförteckning till häfte 30



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFTE 30 · Nr 3 och 4

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 30. 1937

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

30. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

N:o 30

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPÉRIMENTATION
FORESTIÈRE DE SUÈDE

N:o 30



REDAKTÖR:
PROFESSOR DR HENRIK HESSELMAN

I N N E H Å L L:

	Sid.
TAMM, OLOF: Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen	I
Über die schwachproduktiven Sandböden auf dem Hökensås und im oberen Lagatal, Südschweden.....	60
TIRÉN, LARS: Skogshistoriska studier i trakten av Degerförs i Västerbotten	67
Forestry Historical Studies in the Degerfors District of the Province of Västerbotten	315
MALMSTRÖM, CARL: Tönnersjöhedens försökspark i Halland. Ett bidrag till kännedomen om sydvästra Sveriges skogar, ljunghedar och torvmarker	323
Das Versuchsrevier Tönnersjöheden in Halland. Ein Beitrag zur Kenntnis der südwestschwedischen Wälder, Heiden und Torfmoore	487
HESSELMAN, HENRIK: Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik <i>Vaccinium</i> -typ och dess inverkan på skogens förnygring och tillväxt.....	529
Über die Abhängigkeit der Humusdecke von Alter und Zusammensetzung der Bestände im nordischen Fichtenwald von blaubeerreichem <i>Vaccinium</i> -Typ und über die Einwirkung der Humusdecke auf die Verjüngung und Wachstum des Waldes.....	669



OM HUMUSTÄCKETS BEROENDE AV BESTÅNDETS ÅLDER OCH SAMMAN- SÄTTNING I DEN NORDISKA GRAN- SKOGEN AV BLÅBÄRSRIK *Vaccinium*- TYP OCH DESS INVERKAN PÅ SKO- GENS FÖRYNGRING OCH TILLVÄXT.

Företal.

Den undersökning, för vilken redogöres i föreliggande avhandling, utgör i viss mån en fortsättning på de studier över humustäcket i barrskogen, som publicerades i anstaltens Meddelanden år 1926, häfte 22. Problemet diskuterades redan där men mera i korthet och i samband med andra frågor. Då emellertid behandlingen av de gamla överåriga granskogarna på Norrlands råhumusmarker är en fråga av stor betydelse inom vår skogsskötsel, har jag ansett det vara av vikt att ytterligare belysa densamma från markbiologisk synpunkt. Efterföljande framställning torde visa att humustillståndet i den gamla överåriga granskogen utgör en huvudanledning till förnyringssvårigheterna och att en förändring av detta är en viktig betingelse för uppdragandet av ett nytt växtkraftigt bestånd, som genom skogliga behandlingsmetoder kan bibehållas i produktionskraftigt skick. I min framställning har jag väsentligen begränsat mig till en redogörelse för mina egna undersökningar och en diskussion av de slutsatser, som därur kunna dragas. En del med frågan sammanhängande spörsmål om humustäckets biologi, trädens mykorrhizabildning, växlingar i markens bonitet bl. a. genom lövträdens inblandning m. m., som diskuterats i litteraturen på senaste tid, har jag ej här behandlat. Anledningen härtill är närmast den att en del nu pågående eller redan avslutade undersökningar, som jag hoppas kunna publicera i en snar framtid, äro ägnade att ytterligare belysa dessa frågor. Det har under sådana förhållanden synt mig lämpligt att behandla dessa spörsmål i ett annat sammanhang.

Innan jag övergår till själva redogörelsen för undersökningarna är det mig angenämt att till mina kolleger och medhjälpare på anstalten framföra ett tack för all god och trogen hjälp. Överassistenterna docenterna TAMM och

MALMSTRÖM ha hjälpt mig med provtagningar, ståndortsanteckningar och fotografier etc., assistenten dr LANGLET med fotograferingar, rotundersökningar m. m. Jägmästare NÄSLUND har på grundval av mätningarna i skogen beräknat provytornas tillväxt. Med jägmästare TIRÉN, som under senare år ingående studerat skogens utvecklingshistoria på Kulbäcksliden, har jag haft tillfälle att diskutera flera skogliga problem. Skogsmästare OSCAR HENRIKSSON har med aldrig svikande intresse och noggrannhet räknat, klavat, höjdmätt och åldersbestämt träden å provytorna, övervakat provtagningarna under min frånvaro från parken samt försöken med kvävetillförsel genom vattning. Fil. kandidaterna GURLI LAURENTZ och KARIN KNUTSON, född BUSCH samt fröken MARGARETA JOHANSSON ha med aldrig svikande nit och skicklighet utfört de analyser av jordprov och plantor, som ingå i min framställning. Fröken RUTH MELLSTRÖM har med sin sedvanliga skicklighet och noggrannhet utfört till avhandlingen hörande ritningar, fröken ELLEN HOGNER och fru I. FLODIN ha renskrivit manuskriptet. Vidare har kronojägare F. MARELD biträtt vid utförandet av åtskilliga beräkningar och utredningar. Slutligen har professor E. MELIN i Uppsala lämnat undersökningen sitt värdefulla stöd, då han uppdrog åt sin lärjunge fil. mag. ERIK BJÖRKMAN att undersöka mykorrhizans utbildning hos granen på den närmare beskrivna kväveytan jämte bredvidliggande jämförelseytor. Konservator dr J. H. BERLIN vid zoologiska museet i Lund har genomgått och bestämt de metmaskar, som anträffats i humustäcket och ingått i försöken.

Till alla dessa mina medhjälpare uttalar jag här ett varmt tack.

Experimentalfältet ¹⁷/₄ 1937.

HENRIK HESSELMAN.

INNEHÅLL.

	sid.
INLEDNING.....	533
Kap. I. Undersökningsmetoder.....	536
1. Bestämning av humustäckets reaktionstal.....	536
2. Humusbestämning.....	537
3. Bestämning av jordens buffringskapacitet.....	537
4. Kalkbestämning.....	537
5. Bestämning av cellulosan i humustäcket, dess sönderdelning.....	538
6. Bestämning av ammoniak i råhumus. Lagringsprov.....	538
7. Bestämning av nitratkväve.....	541
8. Förklaring av använda förkortningar.....	541
Kap. II. Beskrivning av de undersökta provytorna	
1. Provyornas markbetäckning och beståndssammansättning.....	541
2. Provyornas geologiska underlag.....	556
3. Provyornas markprofiltyp.....	558
Kap. III. Humustäckets mäktighet och viktsmängd humus per ytenhet.....	561
Kap. IV. Kväve och kalk per ytenhet i humustäcket.....	563
Kap. V. Humustäckets reaktionstal.....	565
Kap. VI. Humustäckets halt av basiska buffertämnen och assimilerbar kalk	
1. Basiska buffertämnen.....	577
2. Kalkhalt.....	580
Kap. VII. Cellulosan i humustäcket och dess sönderdelning	582
Kap. VIII. Kvävet i humustäcket och dess mobilisering	
1. Humustäckets kvävehalt.....	586
2. Humuskvävet mobilisering.....	588
a. Kvävemobilisering i lagringsprov med eller utan kalk och infektionsjord.....	588
b. Kvävemobilisering i lagringsprov under inverkan av metmaskar (<i>Dendrobaena octaedra</i>).....	596
3. Uppdragning av tall- och granplantor i en blandning av sand och råhumus.....	599
Kap. IX. Sammanfattning av de förändringar, som humustäcket genomgår under beståndsutvecklingen.....	610

	Sid.
Kap. X. Experimentell prövning av kvävetts roll för den gamla, oväxtliga och lavklädda granskogen.....	611
1. Kvävetillförselns utförande och dess inverkan på bestånd och markbetäckning.....	612
2. Om inverkan av ammoniumnitrat på granmykorrhizans utbildning i råhumusmark av ERIK BJÖRKMAN.....	631
3. Sammanfattning av resultaten av kvävetillförsel till gammal lavbehängd granskog.....	638
Kap. XI. Experimentella undersökningar angående humustäckets förändringar på kalhyggen med eller utan markbränning.....	640
Kap. XII. Undersökningar i fältet över råhumustäckets omvandling på hyggen.....	648
Kap. XIII. Betydelsen av humustäckets omvandling under beståndsutvecklingen och orsakerna härtill.....	653
Kap. XIV. Grundläggandet av nya bestånd efter de gamla överåriga granskogarna.....	663
Litteratur	667

Inledning.

Till den norrländska skogsskötselns svåraste och för närvarande mest omdiskuterade problem hör utan tvivel behandlingen av de gamla överåriga granskogarna. Frågan är såväl av ekonomiskt-teknisk som av biologisk art. Den ekonomiskt-tekniska sidan av problemet kommer här icke att diskuteras. Den bestämmes av avverkningspolitiken, reglerad av efterfrågan på virke, sociala hänsyn m. m. I avseende på beståndsbehandlingen göra sig i huvudsak två meningsriktningar gällande. Den ena söker i det längsta utnyttja det förefintliga virkeskapitalet, genom blädning ta ut det som är användbart i hopp om att de återstående träden skola öka sin tillväxt. Hur beståndsutvecklingen i längden kommer att gestalta sig, är en fråga, som man vid denna behandling vanligen överlämnar åt framtiden. Den andra åsiktsriktningen gör gällande att bestånd och mark i den överåriga granskogen befinna sig i ett abnormt tillstånd, som genom mer eller mindre radikala åtgärder bör hävas. Enligt denna uppfattning böra bestånd och mark så behandlas, att föryngringen gynnas och ett sådant marktillstånd skapas, att ett växtkraftigt, slutet bestånd kan grundas, som fullt utnyttjar marken och under sin utveckling kan bli föremål för beståndsvårdande huggningar. Denna åsiktsriktning förordar kalhuggning med eller utan bränning av riset på marken. För hyggets besåning ställas fröträd i den utsträckning, som är möjlig, eller ock ges hygget en för besåning ifrån kanterna lämplig form. De långsträckta hyggena, vilkas huvudriktning vanligen är vinkelrätt mot den rådande vinden, göras högst 100 m breda.

För en diskussion av dessa frågor bör uppenbarligen en närmare kännedom om marktillståndet i den nordiska granskogen, de förändringar som detta undergår under beståndsutvecklingen och dessa förändringars betydelse för skogens tillväxt och föryngring vara av betydelse. Den undersökning, för vilken närmare redogöres i denna avhandling, avser att belysa dessa frågor.

Tallens och granens föryngring i de områden, som det här närmast gäller, beror av många faktorer. Ett lyckligt samspel mellan dessa utgör förutsättningen för en snabb och tät föryngring. De viktigaste faktorerna äro frötillgång och fröbeskaffenhet (WIBECK 1919, 1928), fröspridning och besåningsintensitet (HESSELMAN 1934), markens temperatur och fuktighet (TIRÉN 1934, MORK 1933). För plantornas första utveckling spelar det biologiskt-kemiska tillståndet i humustäcket en viktig roll. Denna fråga har av mig behandlats i avhandlingarna »Om våra skogsföryngringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring» (1917 c), »Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende

av skogsvården» (1926) samt »Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus I.» (1927). I de år 1926 och 1927 utgivna arbetena behandlades även frågan om humustäckets olikheter i granskogar av olika ålder, d. v. s. beståndsålderns och beståndssammansättningens inverkan på humustäcket. Undersökningarna gävo i detta avseende vid handen, att humustäcket i yngre bestånd har en annan beskaffenhet än i äldre. Vid de på laboratoriet använda lagringsmetoderna är ammoniakbildningen livligare i humus från yngre än från äldre bestånd. Motsvarande skillnader finnas i avseende på möjligheten att framkalla nitrifikation. I humus från yngre bestånd är det ofta nog att tillsätta kalk, i humus från äldre bestånd krävas både kalktillsats och infektion med en salpeterbildande jord. Alla undersökningar tyda på att humustäcket i yngre bestånd är mera aktivt, mera reaktionskraftigt än i äldre. Även om man bör vara försiktig när det gäller att överföra de på laboratoriet vunna erfarenheterna på naturen, tyda alla undersökningar på att kvävemobiliseringen i humustäcket är livligare i yngre än i äldre bestånd, under förutsättning att man jämför bestånd på samma slags mark, med överensstämmande markbetäckning samt under samma eller nära överensstämmande klimatbetingelser.

Försök med uppdragning av plantor i sand med inblandning av olika slag av humus visade en god överensstämmelse mellan plantutveckling och kvävemobilisering. I jord med svag kvävemobilisering befordrades plantutvecklingen genom tillförsel av lösligt, för plantorna lätt upptagbart kväve (ammoniumnitrat).

Huruvida erfarenheten angående kvävemobiliseringens betydelse för de unga plantorna kunde överföras på äldre skog var däremot en fråga, som ej kunde säkert besvaras utan vidare undersökningar. Såväl för att vinna klarhet i denna fråga som för en ytterligare utredning angående humustäckets beroende av granskogens ålder och beståndssammansättning har jag under de senaste åren utfört en serie undersökningar. Visar det sig nämligen att humustäckets beskaffenhet, i den mån denna tar sig uttryck i en mer eller mindre livlig kvävemobilisering, utövar ett inflytande på den äldre skogens växt, bör ett studium av sambandet mellan bestånd och humustäcke bidra till förståelsen av granskogens utvecklingshistoria och lämna ledning för dess ändamålsenliga behandling. De ifrågavarande undersökningarna ha nu kommit så långt att en redogörelse kan lämnas för de vunna resultaten.

Undersökningarna ha i huvudsak varit förlagda till Kulbäcksliden-Svartbergets försökspark samt till den intill Kulbäcksliden angränsande kronoparken Aggberget. Vissa studier ha utförts på Rönnlidens kronopark mellan Långvattnet och Storuman i Stensele socken, huvudsakligen för att komplettera erfarenheten angående det särskilt mäktiga råhumustäckets egenskaper. För ändamålet utvaldes inom försöksparken och kronoparken Aggberget en

serie gran- eller barrblandbestånd av olika ålder men på mark av mycket nära överensstämmande geologisk och mineralogisk beskaffenhet. Den viktigaste serien tillhör från botanisk synpunkt den blåbärsrika *Vaccinium*-typen, några bestånd däremot *Dryopteris*-typen.

De av de undersökta bestånden, som äro belägna inom försöksparken och dess närmaste omgivning, ligga på lägst c:a 230 och högst c:a 300 m ö. h. och inom ett klimatiskt likformigt område. De skillnader, som på de olika lokalerna kunna förefinnas i avseende på temperatur och nederbörd, förorsakas mera av exposition och övrig belägenhet än av olika höjd över havet. Undersökningsytorna på krpk Rönnliden ligga däremot på en höjd av c:a 460 m ö. h. och på en, att döma av vegetationen, i botten kalkhaltig morän.

De provytor inom försöksparken och på Aggbergets kronopark, som mest ingående studerats, tillhöra samma skogstyp, ligga på mark av överensstämmande geologisk och mineralogisk beskaffenhet och inom ett i klimatiskt hänseende likformigt område men skilja sig med hänsyn till ålder och därav beroende beståndssammansättning från varandra. De olika provytorna kunna därför anses utgöra olika led i en utvecklingsserie från ungplantsstadiet på föryngringsytan till den överåriga 200—250-åriga skogen. Enligt detta betraktelsesätt kunna de olikheter, som humustäcket visar i de olika bestånden, åskådliggöra de förändringar, som detta undergått under beståndsutvecklingen. Undersökningarna ha inriktats på att söka fastställa

- 1) humustäckets mäktighet,
- 2) humustäckets vikt och mängden organisk substans per ytenhet,
- 3) reaktionstalen (p_{H}) i F- och H-skikten och dessas växling inom beståndet och med årstiden,
- 4) mängden kalk och kväve i humustäcket,
- 5) F- och H-skiktens halt av kalk och kväve samt halter av basiska och sura buffertämnen,
- 6) cellulosaajäsningen i humustäcket medelst laboratoriemetoder,
- 7) kvävemobiliseringen i humustäcket medelst laboratoriemetoder,
- 8) gran- och tallplantors utveckling i sand-humuskulturer med humus från olika bestånd,
- 9) experimentella försök att genom tillförsel av lätt-tillgängligt kväve stimulera den gamla, lavbehängda granskogens tillväxt,
- 10) kvävetillförselns inflytande på granens rotbildning, särskilt mykorrhizas utbildning.

I samband med de nämnda undersökningarna anordnades en serie försök avsedda att belysa arten av och orsaken till de förändringar, som humustäcket i granskogar av denna typ undergår på hyggen med eller utan bränning.

På grundval av de gjorda undersökningarna diskuteras slutligen de olika skogsbehandlingsmetoderna.

KAP. I. UNDERSÖKNINGSMETODER.

De undersökningsmetoder, som kommit till användning i föreliggande arbete, äro i huvudsak desamma som i avhandlingen om barrskogens råhumustäcke av år 1926. Vissa förändringar eller modifikationer ha emellertid vidtagits, varjämte vissa metoder underkastats en kritisk granskning. En kortare redogörelse för förändringarna i metodiskt hänseende och granskningen av vissa bland dessa må därför föregå den egentliga redogörelsen.

I. Bestämning av humustäckets reaktionstal.

I avhandlingen av 1926 användes för reaktionstalets bestämning humus- eller jordextrakt. Lösningens surhetsgrad undersöktes på elektrometrisk väg med SÖRENSENS vätgaselektrod. Då emellertid den av BILLMAN införda kinhydronmetoden erbjuder många och betydande fördelar bl. a. genom avsevärt större snabbhet, har sedan år 1926 denna så gott som uteslutande kommit till användning på anstalten. Den har ju också vunnit allmän anslutning och är i bruk på flertalet laboratorier för jordundersökningar. Till en början användes den BILLMANSKA kinhydronmetoden på jordextrakt, men jag övergick snart till att använda jorduppslamningar. Där ej annat anges äro därför de meddelade p_H -värdena bestämda på följande sätt.

Jordproven ha först lufttorkats i ett för syror och ammoniakgaser skyddat rum. En viss del av provet har sedan uttrörts till dubbla volymen med rent destillerat vatten (specifik ledningsförmåga c:a 2×10^{-6}). Uppslamningen har sedan fått stå i ett dygn för att jämvikt skulle hinna inträda mellan jorden och vätskan. En del förförsök visade nämligen att detta var nödvändigt för bestämning av p_H i råhumus och skogsjordar i allmänhet, ehuru en sådan väntetid ej anses behöfvlig när det gäller åkerjordar. Vid bestämningen av p_H tillsattes under omröring en mindre kvantitet kinhydron till jorduppslamningen. I regel inträdde mycket snart konstans i strömmen. Varje dag, då p_H -bestämningar pågingo, prövades kinhydron och apparatur genom p_H -bestämning av noggrant kända standardlösningar. För bestämningen av den elektromotoriska kraften har använts en potentiometer från Cambridge med spegelgalvanometer. Denna anordning tillåter en vida snabbare och säkrare bestämning än den vid föregående undersökningar använda reostaten i förening med kapillarelektrometer. De medeltal av p_H , som meddelas i avhandlingen, ha i regel beräknats ur medeltalet för de vid de enskilda bestämningarna funna värdena å den elektromotoriska kraften. Dessa medeltal skilja sig i regel ej nämnvärt från direkt beräknade medeltal, varför sådana ibland meddelas.

De enligt den nu använda metoden funna p_H -värdena ligga i regel något högre än de, som erhållas å vattenextrakt och medels vätgaselektrod. Till samma resultat ha andra forskare kommit. När det gäller jämförelse mellan olika p_H -värden bör man så vitt möjligt även ta hänsyn till bestämningsmetoden.

2. Humusbestämning.

I avseende på humusbestämning ha endast smärre förändringar i de förut använda metoderna företagits. Glödningen har ägt rum i elektrisk ugn vid en temperatur av 550°—600°. Genom omröring har sörts för fullständig förbränning. Humusfattig jord har förbränts enligt den av TAMM modifierade VESTERBERGSKA metoden (TAMM 1917).

3. Bestämning av jordens buffringskapacitet.

I avhandlingen av 1926 bestämdes buffringskapaciteten genom direkt titrering av en jorduppslamning, bestående av en jordkvantitet motsvarande 5 g torrsustans och 200 cc 0,1 n KCL-lösning. I denna avhandling har i anslutning till GAARDER och HAGEM (1921) samt T. JENSEN (1924) och andra forskare en något förändrad metod använts. En jordkvantitet motsvarande 5 g torrsustans har uppslammats i vatten. Dylika uppslamningar iordningställdes i tre serier om c:a 10 kolvar i varje. Till den ena serien sattes i de olika kolvarna 0,1 n HCL, till den andra 0,1 n KOH och till den tredje 0,1 n Ca(OH)₂, de tillsatta kvantiteterna voro i regel 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 och 20 cc. De ursprungliga vattenmängderna voro så valda att efter tillsats av syra eller alkali vätskekvantiteten uppgick till 200 cc. Kolvarna fingo stå ett dygn, varefter p_H-värdet å jorduppslamningen bestämdes medels kinhydronmetoden. Denna metod tillgodoser bättre reaktionsutjämnningen mellan jorduppslamning och tillsatt syra eller alkali än den förut använda, men har ej givit avsevärt andra resultat än de som erhöles med denna.

4. Kalkbestämning.

Jordprovets halt av assimilerbar eller adsorbtivt bunden kalk har enligt MEYER (1900) bestämts genom extraktion av 10 g lufttorr finmalen humus medels 100 cc 10% klorammoniumlösning. Extraktionen har skett på vattenbad under en tid av tre timmar, varefter uppslamningen utspäts till 250 cc. Proven ha sedan filtrerats och kalken fällts som oxalat i ättiksur lösning, vilken lösning under senaste tidens undersökningar reglerats till ett p_H av 4,0 (CHAPMAN 1928).

För att undersöka hur långt denna metod kan utdraga kalken ur humusproven, har hos en del prov även totala kalkhalten bestämts. Humusproven ha för detta ändamål glödats och askan extraherats med 10% saltsyra. Kalken har, sedan kiselsyran avlägsnats, fällts som oxalat i sur, genom buffertämnen reglerad lösning i noggrann överensstämmelse med de metoder, som anges av HILLEBRAND och LUNDELL i deras handbok Applied inorganic analysis 1929, pag. 500—502. Den utfälda kalkmängden har såväl när det gäller CaO_{ass} som CaO_{tot} bestämts på titrimetrisk väg.

Vid dessa undersökningar har det visat sig, att den med klorammonium enligt den använda metoden extraherbara kalken motsvarar i det allra närmaste råhumusens totala kalkhalt. Med anledning härav har jag nöjt mig med att i flertalet fall bestämma halten av adsorbtivt bunden kalk, i tabeller och text benämnd assimilerbar kalk eller CaO_{ass}.

5. Bestämning av cellulosan i humustäcket och dess sönderdelning.

Undersökning av cellulosan i humustäcket och dess sönderdelning har begränsats till i kopparoxidammoniak löslig, icke inkrusterad cellulosa. För att undersöka den hastighet, varmed cellulosan i humustäcket sönderdelas, tillsattes till humusproven kammad, oblekt bomull, som förbehandlats med 1% NaOH-lösning i N-gasatmosfär under 3 timmar och 1 atm övertryck efter förslag av ingenjör S. KÖHLER vid Materialprovningstanstalten (1931). Efter denna behandling tvättades bomullen omsorgsfullt, torkades och maldes. Innan humusproven med eller utan tillsats av cellulosa behandlades med kopparoxidammoniaklösning skakades proven med 3% H₃N-lösning i N-gas atmosfär. En ammoniaklösning av denna styrka visade sig ej utlösa något av bomullspreparatet lika litet som av filterpapperet (Munktell 00). Några förförsök visade att det var nödvändigt att under extraktionen med ammoniak utestänga luftens syre för att undvika cellulosas oxidation. Genom upprepade extraheringar och efterföljande filtreringar bortskaffades ur humusprovet vad som löses i ammoniak. Efter noggrann tvättning och torkning vid 40°C utlöstes cellulosan i det så behandlade humusprovet genom skakning med Schweitzers reagens under 5 timmar i N-gasatmosfär. Den använda lösningen innehöll 200 g NH₃ och 13,5 g Cu per liter, en förut försöksvis använd svagare lösning gav ej tillbaka all tillsatt cellulosa.

Den använda metoden har visat sig arbeta noggrant men är ytterst tidsödande, varför blott ett fåtal undersökningar kunnat göras.

6. Bestämning av ammoniak i råhumus. Lagringsprov.

Bestämning av ammoniak i jord är förenad med alldeles särskilda svårigheter, då ammoniakerna mycket starkt adsorberas, så att den ej kan utlösas med rent vatten. För extraktion av ammoniak använder man därför lösningar av salter eller syror. Efter lagring avgiva emellertid råhumusprov med denna behandling ofta betydande mängder ammoniakkväve. Jämför man dessa kvävemängder med dem, som erhållas i form av nitrat i nitrifierande jordar genom extraktion med vatten, finner man att nitratmängderna i lagringsproven ofta äro små i jämförelse med ammoniakmängderna i lagrade råhumusprov. Dock synas växterna i de jordar, som bilda nitrat, vara bättre försedda med kväve än i den råhumus, som vid lagring bildar enbart ammoniak. Denna brist på överensstämmelse mellan analysen av humusproven och vegetationens art och beskaffenhet på nitrifierande och icke nitrifierande jord har jag diskuterat i min avhandling av 1926. Jag påpekade där bl. a. det faktum, att ammoniakkvävet extraherades med en relativt stark elektrolytlösning, salpetern såsom lättlöslig enbart med vatten. Det kväve, som genom extraktion av jorden erhålles i form av ammoniak, är därför sannolikt mindre lättillgängligt för växterna än nitratkvävet, en direkt jämförelse mellan kvävemängderna i form av ammoniak med dem i form av nitrat är därför ej berättigad.

För att pröva denna fråga har jag enligt CARSTEN OLSENS (1929) metod (extraktion med 1 n KCl och 0,1 n HCl) bestämt ammoniakkvävet i en del alldeles färska råhumusprov, som ej genomgått någon förmultning på laboratoriet, sålunda så

snart som möjligt efter insamling. I nedanstående tabell (tab. 1) återgivas de vunna resultaten. Tiden mellan provtagning och behandling har varit för proven 1—7 högst en timme (resa från Djursholm till Experimentalfältet), för de övriga, prov 8—21, en natt. Proven 8—10 vid Djursholm samlades sent på kvällen och togs följande dag vid tiotiden i behandling. Vindelnproven togs vid 5-tiden på en strax före södergående tågets avgång och behandlades följande morgon vid 9-tiden. För att undersöka fuktighetens eventuella inverkan på de ammoniakmängder, som erhållas vid extraktion, blevo några kvadratmeter stora försöksparceller vattnade med 10 à 15 liter vattenledningsvatten ett dygn före provtagningen. Någon bestämd inverkan av vattningen framträder ej hos försöken. Av tabellen framgår att även de färska, ej lagrade proven vid behandling av de använda elektrolytlösningarna avspaltat avsevärda mängder ammoniakkväve. Det är ytterst otroligt att dylika mängder kväve i form av ammoniak kunna stå vegetationen på en gång till buds i ett råhumustäcke. Den närmast till hands liggande förklaringen torde vara att de använda lösningsmedlen framkalla avsevärda förändringar i råhumus, som under den tid extraktionen pågår resultera i avspaltning av ammoniak ur mera komplicerat sammansatta och för växterna svårtillgängliga kväveföreningar. Av vilken art dessa äro, är det ej möjligt att för närvarande yttra sig om. Man kan bl. a. tänka på den levande floran och faunan i råhumustäcket. Många av dessa mikroorganismer måste dödas av behandlingen, de döda kropparna sönderdelas av syrorna, en ammoniakavspaltning kan då äga rum. Under lagringstiden ökas starkt de ammoniakmängder, som erhållas genom extraktion. På laboratoriet befinna sig humusproven under särskild gynnsamma betingelser, god fuktighet och lagom hög temperatur. Under sådana

Tab. 1. Bestämning av i råhumus omedelbart funna mängder $\text{NH}_3\text{—N}$.
Bestimmung von im Rohhumus unmittelbar gefundenen Mengen $\text{NH}_3\text{—N}$.

Nr.		Ins. Einges.	Best. Be- stimmt	pH	$\text{NH}_3\text{—N}$ mg/kg omr.	
1	Djursholm, bättre råhumus med blåbär, <i>Anemone nemorosa</i> och <i>Geranium silvaticum</i>	F—sk	15/6	15/6	5,3	57
2	» bättre råhumus med blåbär, <i>Anemone nemorosa</i> och <i>Geranium silvaticum</i>	H—sk	15/6	15/6	4,7	75
3	» Råhumus, blåbär.....	F—sk	15/6	15/6	4,2	50
4	» » »	H—sk	15/6	15/6	4,1	65
5	» » »	F—sk	26/6	26/6	4,0	44
6	» » »	H—sk	26/6	26/6	3,8	30
7	» Bättre råhumus	F+H	28/6	28/6	4,9	66
8	» Råhumus, blåbär, torr	F—sk	21/6	28/6	4,3	36
9	» » » »	H—sk	21/6	22/6	4,0	46
10	» » » » , vattnad	F—sk	21/6	22/6	4,5	81
11	» » » »	H—sk	21/6	22/6	3,9	55
12	Vindeln, Råhumus, lingson, ovattnad	F—sk	9/7	10/7	4,1	70
13	» » » »	H—sk	9/7	10/7	3,8	80
14	» » » »	F—sk	9/7	10/7	3,9	61
15	» » » »	H—sk	9/7	10/7	3,6	91
16	» » » » och blåbär, ovattnad	F—sk	9/7	10/7	4,0	82
17	» » » » »	H—sk	9/7	10/7	3,6	50
18	» » » » vattnad	F—sk	9/7	10/7	4,0	49
19	» » » » och blåbär	H—sk	9/7	10/7	3,7	72
20	» » » » » vattnad ..	F—sk	9/7	10/7	3,8	91
21	» » » » » ..	H—sk	9/7	10/7	3,7	66

förhållanden är det rätt naturligt, att ammoniakmängderna öka. Lagringsprovet utgör, såsom bl. a. ROMELL (1935) framhållit, ett ingrepp i jorden, som möjligen kan framkalla förändringar, som ej ha sin fulla motsvarighet i naturen. De böra därför alltid bedömas med en viss försiktighet. De i förhållande till nitratmängderna i nitrificerande mull betydande ammoniakmängder, som ofta erhållas vid lagring av råhumus, bero nog till en mycket avsevärd del på själva extraktionsmetoden. De kvävemängder, som på detta sätt erhållas, torde därför icke motsvara förhållandena i naturen. Men bestämningsmetoden synes mig det oaktat väl ägnad att ge en uppfattning om den relativa kvävemobiliseringsförmågan hos olika humustäcken. Mellan de luckra humustäckena i de yngre bestånden och de mera sega filtartade i äldre granskogar av *Vaccinium*-typ finner man så gott som alltid en stor skillnad i ammoniakbildningen vid lagring, hos de förra en kraftig, hos de senare en svag ammoniakbildning. Humusprov av det förra slaget äro lätta att bringa i nitrifikation, kalktillsats är ofta nog för att i lagringsprovet framkalla en livlig salpeterbildning. I de sega filtartade humustäckena är däremot kalken i detta hänseende utan verkan, för nitrifikation fordras tillsats av salpeterbildande jord och vanligen därjämte kalk. I humusprov från sega filtartade humustäcken i gamla granskogar händer det ofta att infektionsjordens egen salpeterbildande förmåga blir nertryckt till ett minimum eller helt upphävd. Dessa olika försök och metoder leda sålunda till samma uppfattning om de olika humustäckenas relativa förmåga av kvävemobilisering som de direkta lagringsproven. Då prov av de luckra humustäckena, som utmärka de yngre eller medelåldriga, kraftigt växande bestånden, vid olika försöksmetoder genomgående visa en livligare kvävemobilisering än de sega, filtartade i de gamla lavbehängda granskogarna torde man trygget kunna påstå att humustäckena i intakt läge på marken visa motsvarande skillnader i den relativa kvävemobiliseringen. Bäst vore ju om man i skogen i det intakta humustäcket kunde bestämma kvävemobiliseringens styrka, men någon sådan metod är hittills icke känd och torde för övrigt vara svår att finna. De resultat, som erhållits genom lagringsprov i förening med kultur försök, genom studier över metmaskarnas verksamhet i olika humusprov och experiment med kvävetillförsel till gamla bestånd med dåligt humustäcke, tala enligt min uppfattning för att de använda metoderna varit ägnade att ge en ganska god inblick i kvävefaktorns betydelse i skogens näringshushållning.

Under den tilländalupna försökstiden hände det hösten 1931, att några luckra, kalkrika humusprov av råhumustyp och med p_H mellan 5 och 6 vid lagring alstrade betydande nitratmängder. Prov från samma lokaler ha såväl förut som senare icke nitrificerat. Hösten 1931, som var mycket fuktig och mild, visade humusprov från Norrland vid lagring i allmänhet en särdeles livlig kvävemobilisering. Vid insamlingen av humusproven visade det sig också, att metmaskar (*Dendrobaena octaedra*) ovanligt rikligt uppträdde i humustäcken av olika slag. Huruvida en nitrifikation tidvis kan uppträda i naturen i ett luckert råhumustäcke eller om några särskilda faktorer medverkade till resultatens i omnämnda lagringsprov låter sig för närvarande knappast avgöras.

Vid flertalet av i denna avhandling publicerade ammoniakbestämningar har använts samma metod som i avhandlingen av 1926, nämligen extraktion med $0,1\ n\ HCl$. Under senare år har på anstalten CARSTEN OLSENS (1929) metod för ammoniak- och nitratbestämning kommit till användning. När bestämnin-garna utförts enligt denna senare metod, anmärkes detta särskilt.

7. Bestämning av nitratkväve.

Nitratkvävet har i regel bestämts på vattenextrakt enligt den av GRANDVAL, LAJOUX och REITMAIR utbildade metoden (HESSELMAN 1917 a). När CARSTEN OLSENS metod (1929) använts anmärkes detta särskilt.

8. Förklaring av använda förkortningar.

F = förmultningsskikt.
 H = humusämnesskikt.
 CaO_{ass} = assimilerbar eller i klorammonium löslig kalk.
 CaO_{tot} = totala kalkhalten.
 H₃N-N = ammoniakkväve.
 Am-N = »
 NO₃-N = nitratkväve.
 S-N = »
 l = metmaskar (lumbricider).
 dir = % beräknad på provets totalvikt.
 omr = % beräknad på provets humushalt.
 F % i ståndortsanteckningar = frekvens eller förekomstprocent i utlagda rutor.
 A % i » = arealtäckning inom utlagda rutor.

KAP. II. BESKRIVNING AV DE UNDERSÖKTA PROVYTORNA.

Här nedan följer en redogörelse för ytornas belägenhet, markbetäckning, beståndssammansättning och geologiska underlag.

I. Provytornas markbetäckning och beståndssammansättning.

I. Risbränd föryngringsyta å moränkulle vid Degerö stor-myrs södra strand, Kulbäckslidens försökspark, c:a 275 m ö. h. Ursprunglig vegetation: lavbehängd granskog av *Vaccinium*-typ. Skogen avverkades vintern 1928, risbränning utfördes 12 juni 1929. Denna förlöpte sakta och tog till synes mycket jämnt. Av den levande markbetäckningen dödades bärrisen och mossorna. Efter avbränningen var marken täckt av ett svart, sammanhängande, av blåbärs- och lingonrisets underjordiska skott sammanflätat humustäcke. F-skiktet var i ytan löst och luckert, en förändring, som så småningom spred sig genom hela humuslagret. Rutsådd av tall verkställdes samma vår som bränningen. Sådden har gått mycket väl till men har på senare åren skadats av fårbeta. Endast så småningom invandrade på spridda fläckar sådana



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 1. Provyta nr 2. Kultur av tall år 1920 på 1918 års bränna. Krpk Aggberget. 1932.

Probefläche Nr. 2. Kiefernkultur 1920 auf einer Brandfläche aus dem Jahre 1918. Kronforst Aggberget. 1932.

växter som *Rumex acetosella*, vilken uppträdde första gången 1930; *Chamaenerium angustifolium*, som inkom 1931, samt *Taraxacum officinale* och *Luzula pilosa*. Ännu 1935 saknar marken till större delen bottenvegetation, över det svarta humustäcket ligga de vita strängarna av dött lingon- och blåbärsris. I och omkring såddgroparna finnes en tät mossmatta av *Polytrichum commune* och några andra arter.

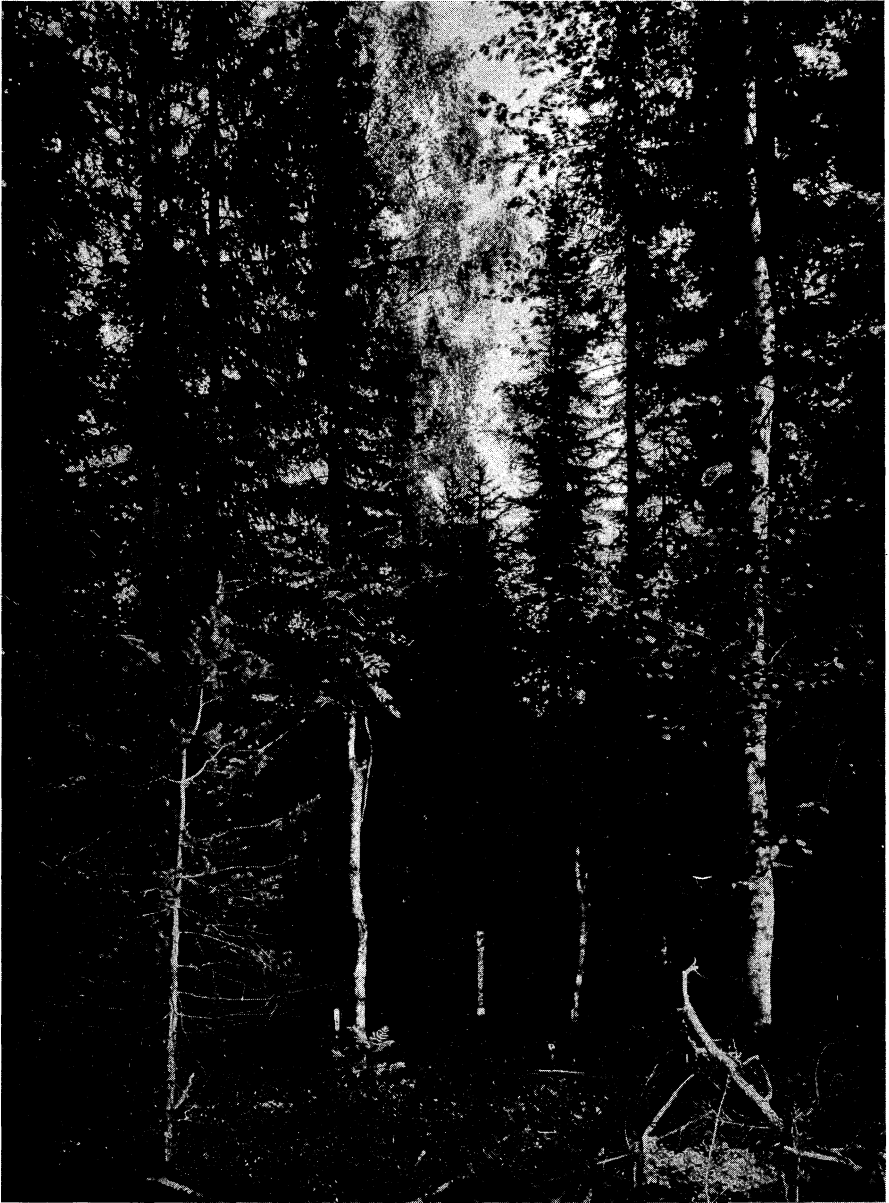
2. Tallsädd å krpk Aggberget efter skogsbrand 7/6 1918. Provyta kvadratisk om 0,10 hektar. (Se fig. 1). Den avbrända skogen var en gammal, delvis lavbehängd granskog av *Vaccinium*-typ med enstaka fläckar av *Dryopteris Linnæana*. Branden tog ganska hårt, den levande markbetäck-



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 2. Provyta nr 3. 1878 års bränna på Storliden. Kulbäcksliden. 1932.
Probefläche Nr 3. Brandfläche aus dem Jahre 1878 in Storliden. Kulbäcksliden. 1932.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 3. Provyta no 4. 1866 års bränna på Brända holmen. Degerö stormyr. Kulbäcksliden. 1932.
Probefläche Nr. 4. Brandfläche aus dem Jahre 1866. Brända holmen. Degerö stormyr. Kulbäcksliden. 1932.

ningen blev bortbränd, men ej humustäcket. I maj månad 1920 skogsodlades brandfältet med tallfrö från orten, björk har självsått sig. Angående markbetäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3.

3. Björkblandad tall-granskog av *Vaccinium*-typ, c:a 300 m ö. h. å Storliden inom försöksparken Kulbäcksliden. Provyta kvadratisk om 0,10 hektar (se fig. 2). Beståndet uppkommet efter skogseld



Ur Statens skogsförsöksanst. samml.

Foto O. LANGLET

Fig. 4. Stamskiva vid stubben av en margran på Brända holmen, som efter branden 1866 visar en mycket kraftig tillväxt. C:a $\frac{2}{7}$ av naturlig storlek.

Stammscheibe in Stockhöhe einer unterdrückten Fichte auf Brända holmen, die einen sehr starken Zuwachs nach dem Brand 1866 zeigt. Ca $\frac{2}{7}$ nat. Grösse.

vid midsommartid 1878. Branden var åtminstone fläckvis ej särdeles svår, då inom det gamla brandfältet påträffats överståndare av tall, gran och björk med brandljud. Flertalet brandskadade tallar och granar avverkades vintern 1927. Följande somrar voro ungtallarna något skadade av mörghorren, som tillbakahöll höjdtillväxten. Angående markbetäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Tallens och granens medelålder 41 år. Äldsta gran 45 år, d:o tall 45. Åldersbestämning utförd 1932,¹ liksom för övriga provytor. Den

¹ Åldern på denna och övriga provytor bedömd efter borrhåll vid stubbhöjd.

avbrända skogen inom provytan har med all sannolikhet tillhört *Vaccinium*-typen att döma av omkringliggande obränd granskog.

4. Gran-tall-björkskog av *Vaccinium*-typ å den s. k. Brända holmen i Degerö stormyr, Kulbäckslidens försökspark. Beståndet ligger på sydostslutningen av Brända holmen, c:a 275 m ö. h. (se fig. 3). Provyta $40 \times 25 = 0,10$ hektar. Marken övergicks av skogseld omkring år 1866, varefter gamla margranar började växa kraftigt (fig. 4). Vintern 1926—1927 avverkades en del äldre brandskadade granöverståndare, 1931 utgallrades 58 piskande björkar inom den utlagda ytan. Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Ålder i medeltal 47 år, äldsta gran c:a 67, äldsta tall 45 år.

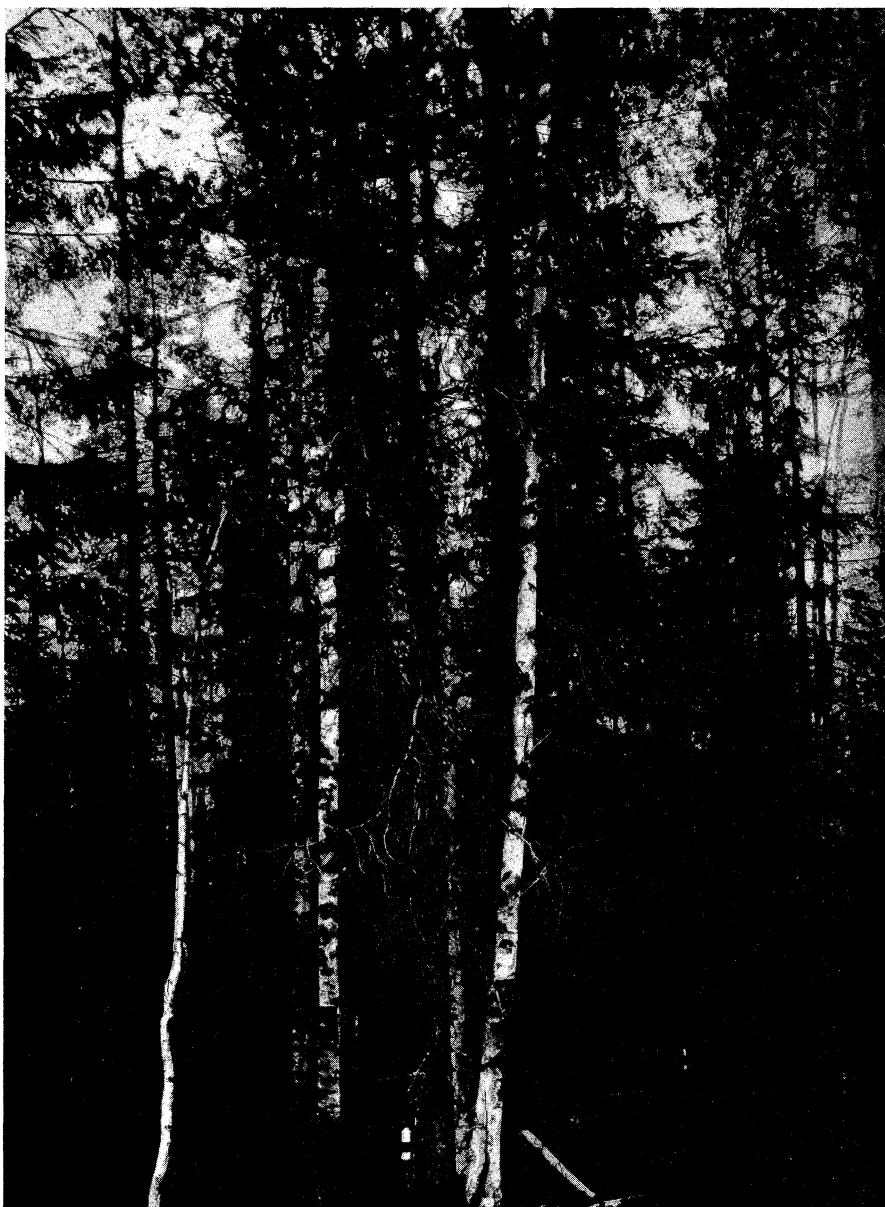
5. Björkblandad tall-granskog av *Vaccinium*-typ. Krpk Aggberget. Ytans areal = 0,10 hektar. Marken övergicks av skogseld omkring 1853. Ytan är belägen på en svag sluttning mot en myr (se fig. 5). Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Skogens medelålder 68 år. Äldsta tallen 76 år, äldsta granen 73 år.

6. Tall-granskog med insprängd björk av *Vaccinium*-typ, å Högsvarthberget, Svartbergets försökspark, c:a 240 m ö. h. Provyta kvadratisk om 0,10 har (se fig. 6). Marken övergicks av skogseld sannolikt omkring 1828. År 1918 genomgicks området av dåvarande revirförvaltaren, jägmästare K. GRAM, varvid björken till större delen uttogs. Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Skogens medelålder 87 år, äldsta tall 94 år, äldsta gran 93 år.

7. Tall-granskog med insprängd björk av *Vaccinium*-typ. Stortjärnsreservatet inom Svartbergets försökspark, c:a 290 m ö. h. Provyta kvadratisk om 0,10 hektar (se fig. 7). Marken har under de senaste tvåhundra åren ej övergått av eld. Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Skogens medelålder, tallen 213 år, granen 157 år. Äldsta tall c:a 219 år, äldsta gran c:a 222 år.

8. Granskog med gammal tall av *Vaccinium*-typ, Storliden inom Kulbäckslidens försökspark, c:a 280 m ö. h. Provyta kvadratisk om 0,10 har (se fig. 8). Marken övergicks av skogseld senaste gången 1694. Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Skogens medelålder 195 år, äldsta tall 197 år, äldsta gran 288 år.

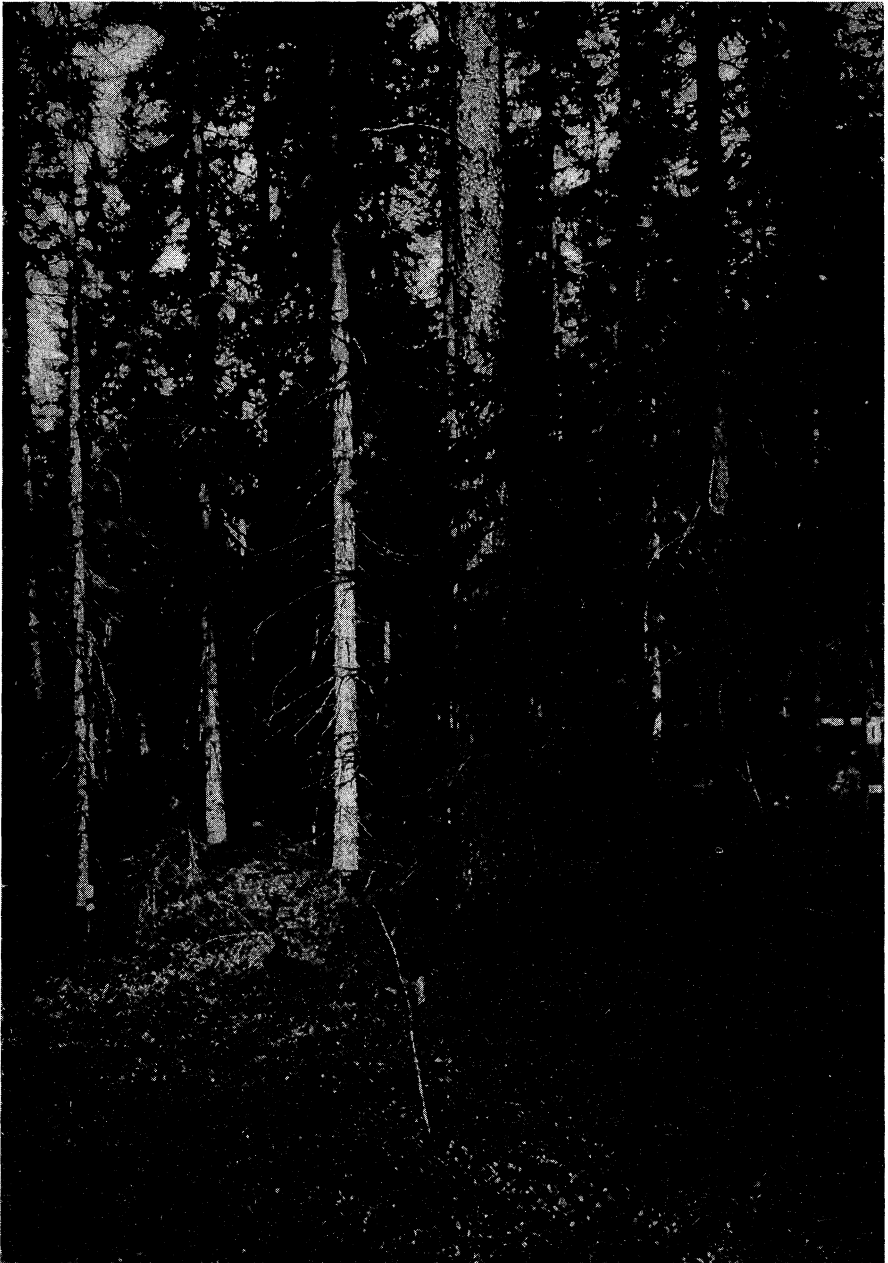
9. Björkblandad tall-granskog av *Dryopteris*-typ å nedre delen av Högsvarthberget, Svartbergets försökspark, c:a 240 m ö. h. Provyta kvadratisk om 0,10 har (se fig. 9). När marken senast övergicks av eld är ej säkert känt, men torde ha skett omkring år 1800. Angående marktäckning och bestånd se tab. 2 och tab. 3. Skogens medelålder 106 år, äldsta tall 122 år, äldsta gran 120 år.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 5. Provytan 5. 1853 års bränna på krpk Aggberget. 1932.
Probefläche Nr. 5. Brandfläche aus dem Jahre 1853. Kronforst Aggberget. 1932.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

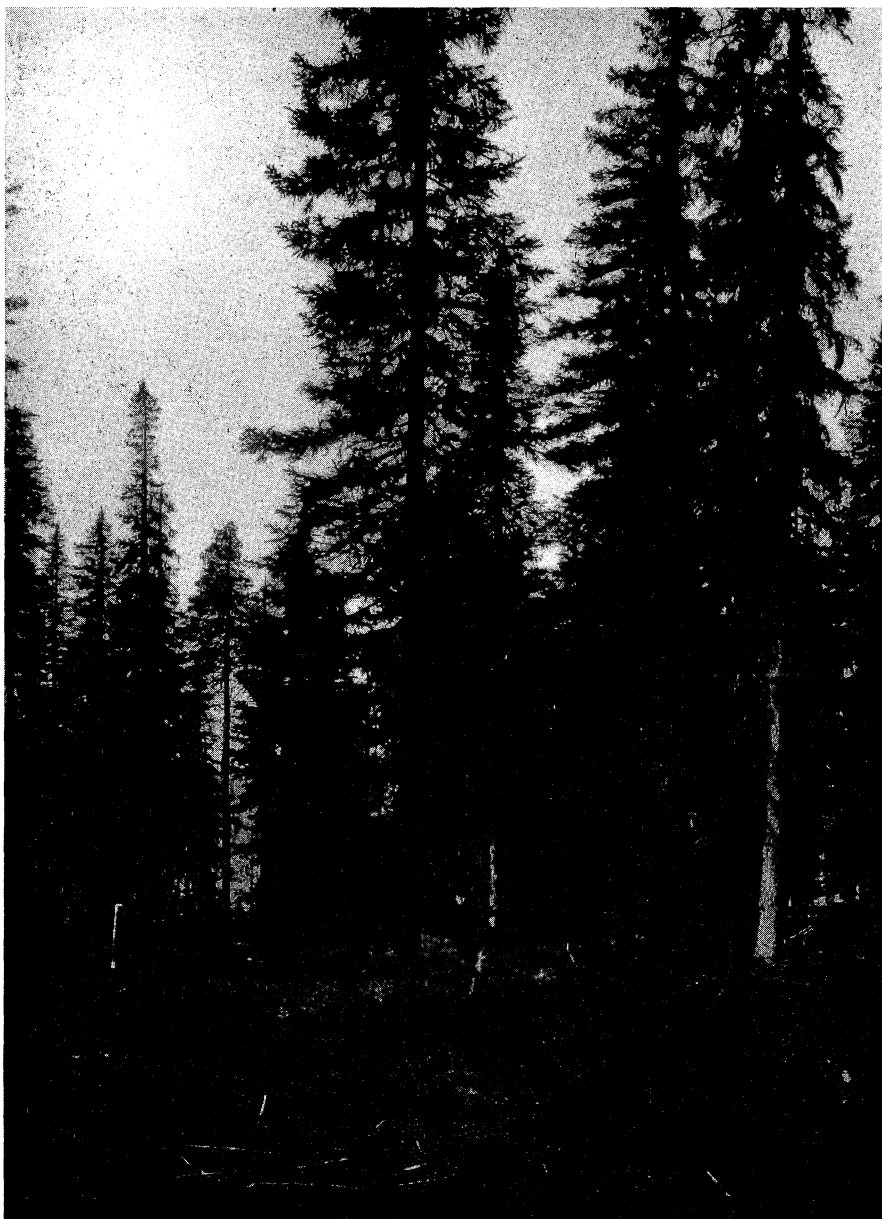
Fig. 6. Provyta nr 6. 1828 års bränna på Högsvartberget. 1932.
Probefläche Nr. 6. Brandfläche aus dem Jahre 1828 auf Högsvartberget. 1932.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

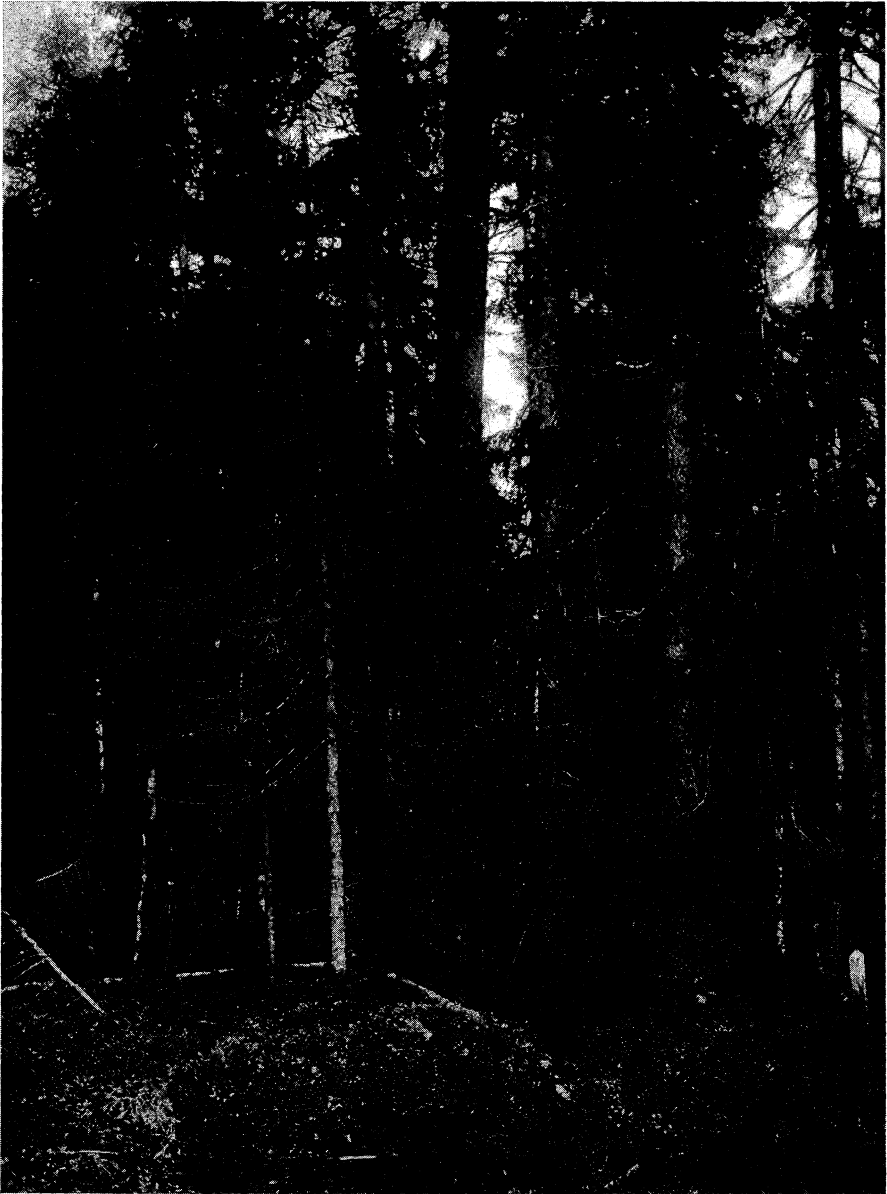
Fig. 7. Provytan 7. Gamla granskogen inom Stortjärnsreservatet. Svartberget. Marken har sannolikt ej övergått av eld sedan 200 år tillbaka. 1932.
Probefläche Nr. 7. Alter Fichtenbestand im Stortjärn-Reservat. Svartberget. In den letzten 200 Jahren ist wahrscheinlich kein Waldbrand vorgekommen. 1932.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 8. Provyta nr 8. Gamla granskogen å Storliden, Kulbäcksliden. Marken övergicks sista gången av eld 1694. 1932.
Probefläche Nr. 8. Alter Fichtenbestand in Storliden. Kulbäcksliden. Der letzte Waldbrand ereignete sich im Jahre 1694. 1932.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 9. Provytan 9. *Dryopteris*-ytan å Högsvartberget. Svartberget. 1932.
Probefläche Nr. 9. *Dryopteris*-Fläche auf Högsvartberget. Svartberget. 1932.

Tab. 2. Analys av markvegetationen (Raunkiær-Analyse der Bodenvegetation (Raunkiær-

Provytans nr ¹ Probefläche Nr.	2		3	
	F%	A%	F%	A%
Populus tremula.....	+			
Salix caprea.....	+			
Sorbus aucuparia.....	+			
Juniperus communis.....	+		+	
Vaccinium myrtillus.....	56		92	18
» vitis idaea.....	92	10	88	5
» uliginosum.....	+			
Empetrum nigrum.....	+		8	
Calluna vulgaris.....				
Linnaea borealis.....	+		44	
Pyrola secunda.....				
» chlorantha.....				
» media.....				
Lycopodium annotinum.....	4		+	
» complanatum.....				
Epilobium (Chamaenerium) angustifolium.....	52			
Solidago virgaurea.....	60		4	
Trientalis europaea.....				
Majanthemum bifolium.....	4		+	
Melampyrum silvaticum.....				
» pratense.....				
Geranium silvaticum.....				
Oxalis acetosella.....				
Listera cordata.....				
Goodyera repens.....				
Dryopteris Linnaeana.....	4			
Rumex acetosella.....	4			
Hieracium sp.....	4			
Rubus idaeus.....	4			
» chamaemorus.....				
Taraxacum officinale.....	4			
Aira (Deschampsia) flexuosa.....	100	14	76	
» » caespitosa.....	4			
Luzula pilosa.....	44		8	
Calamagrostis lapponica.....				
Carex globularis.....				
Hylocomium proliferum.....	+		24	2
» parietinum.....	4		96	34
Hypnum crista castrensis.....			12	
Dicrana spp.....	4		96	11
Polytrichum commune.....	4		4	
» juniperinum.....	100	48	76	
Brya.....	+		+	
Plagiothecium sp.....				
Jungermania spp.....				
Cladonia rangiferina.....			40	1
» silvatica.....	12		20	
Cladoniae spp.....	80	10	8	
Cetraria islandica.....				
Peltigera aphthosa.....	20			
» polydactyla.....	4			
Nephroma arcticum.....				
Stereocaulon paschale.....				
Björklöv.....	8		100	38

¹ 2. 1918 års bränna. Aggberget, 25 st. 3. 1878 års bränna. Storliden, Kulbäcksliden, 25 st. 4. 1866 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden, 20 st. 5. 1853 års bränna. Aggberget 20 st. 6. 1828 års bränna. Högsvertberget, Svartberget, 25 st. 7. Gammal

OM HUMUSTÄCKETS BEROENDE AV BESTÄNDETS ÅLDER 553

Lagerberg) inom provytorna 2—9.

Lagerberg) der Probeflächen 2—9,

4		5		6		7		8		9	
F%	A%	F%	A%	F%	A%	F%	A%	F%	A%	F%	A%
		+		+		+		+		+	
95	15	100	13	92	29	96	14	100	20	92	9
80	3	75		88	5	100	6	100	4	84	4
+		+		4		8		16	2	8	
		+		4				+			
55		70		100		80		64		75	
				+						8	
				4		4					
30		25		+		8		+		+	
+		+		4				4		+	
				8		+		+		4	
+		15		4				12		32	
+		+		16				8		48	
		5		36				8			
				+				+			
										8	
				4						4	
+				12		8				8	
+				+				+		4	
										60	
				4							
+											
30		100		68		48		72		76	
+		+		20		4		8		8	
+				4							
85	32	75	23	64	16	84	38	92	34	100	39
55	10	100	42	92	44	88	22	100	36	64	1
15		40		60	14	72	18	92	19	44	3
75	1	80		60	2	88	4			52	
+		75		20				20	2	28	
10		+		8				+		+	
+											
20						8					
+						20	2	44	1	20	
10		+		4		+		8			
10		10		4		+		4			
		10						4			
						4		4			
+		+		4		+		4		+	
								+			
100	40	100	19	8		96	5	+		100	50

granskog, Stortjärnsreservatet, Svartberget, 25 st. 8. Gammal granskog. Storliden, Kulbäcksliden, 25 st. 9. *Dryopteris*-skog. Högsvartberget, Svartberget, 25 st. Siffrorna angiva antalet analyserade smårutor.

Tab. 3. Bestånds-
Bestandes-

Diametern och grundytan äro angivna på bark, grundytetillväxten under bark.
Durchmesser und Grundfläche mit Rinde, Grundflächenzuwachs ohne Rinde,

Ytans nr der Fläche	Trädslag Holzart	Ålder år 1932 Alter	Övre höjd Oberhöhe m	Grundytamedelstammens Grundflächenmittelstamm		
				Diameter Durchmesser cm	Höjd Höhe m	Kron- förhållande Kron- verhältnis %
2	Tall.....	12	2,6	1,4	1,8	—
	Björk.....	—	3,1	1,3	2,3	—
	Summa			1,4		
3	Tall.....	41	10,6	10,4	7,6	64
	Gran.....	41	8,3	4,6	4,0	70
	Björk.....	—	—	5,0	6,5	56
	Summa Tall o. gran.			6,0 6,3		
4	Tall.....	47	15,2	8,8	7,7	48
	Gran.....	47	13,9	6,7	6,2	76
	Björk.....	—	16,1	9,1	10,0	54
	Summa Tall o. gran.			7,3 6,9		
5	Tall.....	68	20,2	13,8	13,3	55
	Gran.....	68	12,9	6,4	5,7	75
	Björk.....	—	16,1	9,7	11,7	40
	Summa Tall o. gran.			9,6 9,5		
6	Tall.....	87	20,8	24,3	18,2	43
	Gran.....	87	20,9	12,9	11,6	69
	Björk.....	—	—	12,0	—	36
	Summa Tall o. gran.			16,6 16,6		
7	Tall.....	213	20,6	25,4	16,2	31
	Gran.....	157	19,3	14,1	9,9	74
	Björk.....	—	—	14,2	12,6	28
	Summa Tall o. gran.			16,6 16,8		
8	Tall.....	197	20,3	26,7	17,6	57
	Gran.....	197	20,3	15,8	11,5	77
	Summa Torrskog....			17,1		
9	Tall.....	106	23,5	21,1	17,8	34
	Gran.....	106	15,2	7,0	7,0	62
	Björk.....	—	19,5	13,1	16,0	34
	Summa Tall o. gran.			8,9 8,0		

2. 1918 års bränna. Aggberget. 3. 1878 års bränna. Storliden, Kulbäcksliden. 4. 1865 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden. 5. 1853 års bränna. Aggberget. 6. 1828 års bränna.

OM HUMUSTÄCKETS BEROENDE AV BESTÅNDETS ÅLDER 555

beskrivning.
beschreibung.

Höjden är angiven över mark, kubikmassan på bark och över stubbe.

Höhe über dem Boden und Masse mit Rinde und über dem Stock.

Stamantal Stammzahl	Grundyta Grundfläche	Kubikmassa Masse	Årlig tillväxt under perioden 1923—1932 Jährlicher Zuwachs während der Periode 1923—1932		
			Grundytamedel- stammens diameter Durchmesser des Grund- flächenmittelstammes	Grundytan Grundfläche	
				mm	m ² per har
st.	m ²	m ³			
per har					
6 700	1,04	4,1	—	—	—
1 010	0,13	0,5	—	—	—
7 710	1,17	4,6	—	—	—
1 010	8,52	41,1	1,9	0,25	4,6
3 600	5,89	19,7	1,2	0,23	7,0
1 680	3,36	14,7	—	—	—
6 290	17,77	75,7	—	—	—
4 610	14,41	60,8	1,4	0,48	5,5
330	1,99	10,9	1,2	0,04	3,3
4 330	15,46	81,0	1,5	0,52	5,5
780	5,10	32,6	—	—	—
5 440	22,55	124,5	—	—	—
4 660	17,45	91,9	1,4	0,56	5,2
930	13,98	111,2	1,2	0,21	2,1
1,910	6,17	28,8	1,0	0,15	3,8
1 090	8,09	52,8	—	—	—
3 930	28,24	192,8	—	—	—
2 840	20,15	140,0	1,0	0,36	2,6
330	15,33	135,0	1,6	0,17	1,5
960	12,52	86,2	1,1	0,18	1,9
10	0,11	0,9	—	—	—
1 300	27,96	222,1	—	—	—
1 290	27,85	221,2	1,2	0,35	1,7
230	11,68	96,3	0,6	0,05	0,5
990	15,50	107,3	0,6	0,12	1,0
130	2,06	14,5	—	—	—
1 350	29,24	218,1	—	—	—
1 220	27,18	203,6	0,6	0,17	0,8
56	3,15	26,8	0,9	0,02	0,8
575	11,27	85,7	0,5	0,07	0,8
631	14,42	112,5	0,6	0,09	0,8
44	1,01	—	—	—	—
190	6,64	59,6	1,2	0,06	1,3
4 800	18,56	115,5	0,4	0,20	1,5
830	11,26	83,7	—	—	—
5 820	36,46	258,8	—	—	—
4 990	25,20	175,1	0,5	0,26	1,4

Högsvarterberget, Svartberget. 7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet. Svartberget. 8. Gammal granskog. Storliden. Kulbäcksliden. 9. *Dryopteris*-skog. Högsvarterberget. Svartberget.

Provytorna 1, 3—8 tillhöra samma skogstyp, detsamma gäller i huvudsak provyta 2 (tab. 2). Samtliga provytor utgöra led i den för den nordiska barrskogen typiska utvecklingsserien. Föryngringen har försiggått på av eld övergången mark. Under beståndens tidigare skede spelar björken en framträdande roll, i de äldre finns den kvar i spridda exemplar såsom i provytorna 6 och 7 eller också är den helt försvunnen som i den gamla skogen på Storliden. Gamla näverklädda, multnade och av mossor övervuxna lågor vittna om björkens forna roll även i detta bestånd. Såväl tall som björk ha uttagits genom avverkning.

Under åren 1815—60 (TIRÉN 1937) bedrevs i omfattande skala på Kulbäcksliden pottaskebränning, av vilken man ännu ser talrika spår i form av lokalt förekommande brandljud å granarna. Karakteristiskt för dessa brandljud är att de sträcka sig långt upp på stammarna och att de alla äro vända mot ett och samma centrum. De uppträda sålunda i en cirkelformad krets, i vars mitt man finner spåren av en eld, små grangrupper markera ofta den forna eldplatsens läge. Björkveden brändes i smärre hopar i granskogen, varvid de kring eldhärden växande granarna skadades av hettan. Den tall, som ursprungligen ingått i bestånden, avverkades enligt TIRÉNS undersökningar (1937) huvudsakligen vid en omfattande utstämpling av bjälkträd under åren 1855—1882.

De olika provytorna representera olika stadier i granskogens eller barrblandskogens utvecklingshistoria. Beståndsutvecklingen har gått från ett björkblandat tallbestånd med invandrande gran. Björken har sedan gått ut genom konkurrens med barrträden, på grund av glasbjörkens kortare livstid eller, såsom på Kulbäcksliden varit fallet, på grund av en omfattande pottaskebränning. Slutligen har en bjälkavverkning tagit bort de kvarvarande, grova tallarna och såsom en rest av utvecklingen kvarlämnat ett gammalt, från början undertryckt, numera svagt växtligt granbestånd med lavbehängda kronor.

Även granskogen eller barrblandskogen av *Dryopteris*-typ genomgår i Norrland en liknande utveckling, yngre bestånd bestå av gran och tall i blandning med björk och äro starkt växtliga, äldre utgöras av gammal, svagt växtlig gran, träden med sina lavbehängda kronor ge åt bestånden ett helt annat intryck än de unga, växtliga. Utvecklingsgången inom denna typ är mindre pregnant än i *Vaccinium*-typen men i huvudsak av samma natur.

2. Provytornas geologiska underlag.

I tabell 3 redogöres såväl för den mekaniska sammansättningen av moränen som för dess basmineralindex. Undersökningarna äro utförda enligt de av TAMM (1934 a o. b) utarbetade eller modifierade metoderna.

Tab. 4. Moränens mekaniska sammansättning. Basmineralindex.
 Mechanische Zusammensetzung der Moräne. Basenmineralindex.

Nr	<i>Vaccinium</i> -typ	Grovgrus 20—6	Fingrus 6—2	Grovsand 2—0,6	Mellansand 0,6—0,12	Grovmo 0,2—0,06	Finmo 0,06—0,02	Grov- mjåla 0,02—0,006	Finmjåla 0,006—0,002	Ler < 0,002	Basmineral- index Basenmineral- index
1	Kåtaåsen. Risbränd för yngningsyta . . .	11,4	12,1	15,9	20,0	18,0	14,1	5,3	2,0	1,2	9,37
2	Aggberget. Tallkultur efter skogsbrand 1918	10,9	9,8	12,4	21,8	18,4	15,5	6,3	2,9	2,0	8,67
3	Kulbäcksliden, Storliden. Björk-tallgranskog efter skogsbrand 1878.	12,2	11,3	15,0	23,0	15,5	16,6	4,1	1,5	0,8	8,37
4	Kulbäcksliden. Brända holmen. Gran-tall-björk-skog efter skogsbrand 1866	9,3	8,7	13,2	20,2	22,0	15,7	6,7	2,9	1,3	9,71
5	Aggberget. Tall-gran-björk-skog efter skogsbrand 1853.	7,0	9,4	13,3	20,8	20,8	14,0	7,3	4,2	3,2	8,57
6	Svartberget. Grantallskog med björk efter brand 1828.	10,6	11,1	14,7	19,3	15,1	12,8	9,1	4,9	2,4	9,33
7	Svartberget. Stortjärnsreservatet. Gammal granskog	7,3	9,5	15,2	24,0	17,5	13,0	7,5	4,0	2,0	8,66
8	Kulbäcksliden. Storliden. Gammal lavbehängd granskog. Skogsbrand 1694.	10,5	10,0	14,1	19,2	20,5	14,0	7,0	3,2	1,5	8,70
9	<i>Dryopteris</i> -typ Svartberget. Högsvartberget. Björkblandad tallgranskog	11,8	10,0	14,2	17,5	15,0	13,4	9,1	5,2	3,8	9,19

¹ Före analysen borttogos stenarna.

Tab. 5. Moränens halt av vattenhållande finmaterial.
Gehalt der Moräne an Wasserhaltendem Feinmaterial.

	Finmo-ler %	Ler %
1. Risbränd föryngringsyta, Kåtaåsen, 1929	22,6	1,2
2. 1918 års bränna, Aggberget	26,7	2,0
3. 1878 års bränna, Storliden	23,0	0,8
4. 1866 års bränna, Brända holmen	26,6	1,3
5. 1853 års bränna, Aggberget	28,7	3,2
6. 1828 års bränna, Högsvaltberget	29,2	2,4
7. Stortjärnsreservatet	26,5	2,0
8. Storlidsreservatet	25,7	1,5
9. <i>Dryopteris</i> -ytan, Högsvaltberget	31,5	3,8

Moränen måste betecknas såsom likformig inom de olika försöksytorna (se tab. 4) och är närmast att hänföra till en sandig-moig typ. Sammanslås fraktionerna finmo-ler, vilka ha den största betydelsen för moränens vattenhållande förmåga, i en grupp, erhållas i tab. 5 angivna värden.

Halten av vattenkvarhållande finmaterial växlar i bestånd av *Vaccinium*-typen från 22,6 % till 29,2 % (se tab. 5). Låga värden hos provytorna tillhörande *Vaccinium*-typen träffas i morän, bärande kraftigt växande skog, liksom högre värden i äldre, oväxtlig granskog. Detsamma gäller basmineralindex. Ej heller beståndet tillhörande *Dryopteris*-typen visar en större avvikelse i avseende på markens vattenhållande finmaterial.

3. Provyternas markprofiltyp.

1. Föryngringsytan å Kåtaåsen. Järnpodsol. Blekjord c:a 7 cm. Rostjord 18—20 cm. Normal, ej särskilt stenig morän.

2. 1918 års bränna, Aggberget. Järnpodsol. Blekjord 10,6 cm (medeltal av 18 mätningar, 16 cm max., 5 cm min.). Rostjord, roströdgul, något växlande från livligt roströd till brunroströd. Moränen normalt stenig, fläckvis klädd av ett c:a 50 cm mäktigt lager grov, grusig sand. I en profil nåddes troligen hällen å 150 cms djup.

3. 1878 års bränna, Storliden, Kulbäcksliden. Järnpodsol. Blekjord 9,7 cm (medeltal av 19 mätningar, 14 cm max., 8 cm min.), gråvit, skarpt begränsad och regelbunden. Rostjord roströdgul 18—20 cm. Moränen normalt till svagt stenig. Hällen nåddes på djup växlande mellan 50 och 80 cm.

4. 1866 års bränna. Brända holmen i Degerö stormyr, Kulbäcksliden. Järnpodsol. Blekjord 10,5 cm (medeltal av 18 mätningar) oregelbundet utbildad, 20 cm max., 3 cm min., växlingen torde stå i samband med moränens stenighet, gråvit. Rostjord, roströdgul, 30 cm. Moränen ste-



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 10. Järnpodsolprofil från provyta 6. Profiltypen karakteristisk för provytorna 1—8. 1932.

Eisenpodsolprofil von der Probestfläche 6. Der Typ des Profils ist charakteristisch für die Probestflächen 1—8. 1932.

nigare än normalt, höjer sig något över omgivningen, delvis ändmoränkaraktär. Hällen ligger ganska djupt, ej anträffad vid profilgrävning.

5. 1853 års bränna, Aggberget. Järnpodsol. Blekjord 7,3 cm (medeltal av 16 mätningar, 19 cm max., 1 cm min.), gråvit. Rostjord roströdgul, 18—20 cm mäktig. Morän normalt stenig, hällen ej nådd vid 135 cms djup.

6. 1828 års bränna, Högsvartberget. Järnpodsol. Blekjord 13,3 cm (medeltal av 19 mätningar 17 cm max., 7 cm min.), gråvit, skarp. Rostjord roströdgul, 15—25 cm (se fig. 10). Moränen går i 7 profiler av 11 till ytan, i de övriga är moränen täckt av grusig sand, 20—50 cm mäktig. Moränen normalt stenig, hällen ej nådd på 110 cm.

7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet, Svartberget. Järnpodsol. Blekjord 8,5 cm, oregelbundet utbildad (20 cm max., 2 cm min., 20 mätningar), gråvit, skarp. Rostjord klart roströdgul, 11—12 cm. Morän normalt stenig.

8. Gammal granskog, Storliden, Kulbäcksliden. Järnpodsol. Blekjord 10,1 cm (medeltal av 19 mätningar, 21 cm max., 5 cm min.) gråvit, skarp. Rostjord roströdgul, 15—25 cm, i några profiler något mörkare. Morän normalt till svagt stenig. Hällen har på somliga ställen nåtts på 50 à 60 cms djup, på andra ligger den avsevärt djupare, ej nådd på 120 cms djup.

9. *Dryopteris*-skog, Högsvartberget, Svartberget. Järnpodsol med fläckvis övergång till järnhumus-podsol. Blekjord 10,6 cm (medeltal av 21 mätningar, 22 cm max., 7 cm min.) gråaktig och ofta tämligen otidligt begränsad mot rostjorden. Rostjord, roströdgul till rostbrunnröd, c:a 30 cm mäktig. Morän. I 8 av 12 profiler var moränen täckt av ett lager 40—50 cm mäktig, grusig sand, i de övriga 4 gick moränen i dagen. Moränen stenfattig, grundvatten på 150—160 cm. Hällen ej nådd på 160 cm.

Av den meddelade översikten framgår att samtliga de provtytor, som botaniskt höra till *Vaccinium*-typen, ha en markprofil, som benämnes järnpodsol. Endast provytan inom *Dryopteris*-typen visar en tendens till fläckvis utbildning av järnhumus-podsol. Förutom den ringa variationen i moränens mekaniska och mineralogiska sammansättning, som framgår av tab. 4, förefinnes en växling i dess mäktighet. Dessutom är moränen i några provtytor fläckvis överlagrad av ett grusigt sandlager.

Dessa smärre växlingar i provtyornas geologiska beskaffenhet äro sannolikt ej utan inflytande på skogens växt, men då i geologiskt hänseende mycket överensstämmande ytor ha bestånd av mycket olika växtlighet, kunna de funna skillnaderna ej ha en avgörande betydelse för skogens tillväxt. Sambandet mellan humustäckets beskaffenhet, skogens växt och det geologiska underlaget kommer emellertid att längre fram diskuteras.

KAP. III. HUMUSTÄCKETS MÄKTIGHET OCH VIKTSMÄNGD HUMUS PER YTENHET.

För att mäta humustäckets tjocklek har använts en graderad och i spetsen avtrubbad stålstång. Sedan bärris och levande mossor jämte osönderdelad förna avlägsnats, har tjockleken av humustäcket mätts genom att nedsticka stången genom F- och H-skikten tills den avtrubbade spetsen träffat mineraljorden, vilket utan svårighet kunnat iakttagas. Inom varje provyta gjordes femtio olika mätningar. För att bestämma vikten av humustäcket per ytenhet utskuros likaledes av F- och H-skikten stycken om jämnt 4 dm². För utskärningen användes en trämall om 2 × 2 dm, vilken lades på det från levande mossor och osönderdelad förna befriade humustäcket, varefter ett 4 dm² stort stycke utskars genom att föra en kniv utmed trämallens sidor. Med en spade upplyftes det utskurna stycket och befriades genom skrapning med en kniv från medföljande mineraljord. Från de olika provytorna togos 15—25 dylika prov. Sedan proven lufttorkats, plockades de sönder, pinnar och rötter skildes från det finare materialet, vilket maldes. Ur de malda proven togos prov för bestämning av den organiska substansen genom glödning samt för bestämning av assimilerbar kalk, totalkalk och totalkväve. Mätningarna av humustäckets tjocklek kunde utan svårighet utföras på ett flertal punkter (50 st) inom varje yta, arbetena med bestämning av mängden humus (organisk substans) per ytenhet voro däremot så besvärliga och tidskrävande, att det var nödvändigt att sammanslå de enskilda proven i grupper. För varje yta erhöles därför endast fem bestämningar. I tabell 6 återges de vunna resultaten.

Variationen inom de olika ytorna är ganska betydande såväl med hänsyn till mäktighet som viktsmängd per ytenhet. Vad mäktighetsvariationen beträffar illustreras denna av staplarna i fig. 11. Av dessa framgår att med

Tab. 6. Humustäckets mäktighet i cm samt viktsmängd humus (glödförlust) per m². Mächtigkeit der Humusdecke in cm sowie Gewichtsmenge von Humus (Glühverlust) je m².

	Mäktighet	Viktsmängd humus
	Mächtigkeit	per m ²
	cm	Gewichtsmenge von Humus je m ²
		kg
1. Föryngringsyta, Kåtaåsen, bränd 192.....	3,4	4,4 (3,1—5,6)
2. 1918 års bränna, Aggberget.....	1,8	2,4 (1,9—2,9)
3. 1878 » » Storliden.....	2,7	2,9 (2,5—3,5)
4. 1866 » » Brända holmen.....	6,2	5,0 (4,3—6,1)
5. 1853 » » Aggberget.....	2,9	2,3 (1,7—3,1)
6. 1828 » » Högsvaltberget.....	3,7	2,3 (1,8—2,6)
7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet.....	4,9	2,9 (2,2—3,7)
8. » » Storliden.....	5,1	4,0 (3,7—5,0)
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvaltberget.....	5,6	3,4 (2,8—4,0)

hänsyn till mäktighetsvariationen de yngre ytorna, brännorna av åren 1918 och 1853 å Aggberget, år 1878 å Storliden tillhöra en annan typ än ytorna i den gamla granskogen å Stortjärnsreservatet eller Storliden. Ehuru fläckvis humustäcket kan vara rätt mäktigt, dominerar inom de yngre bestånden det tunna humustäcket. Variationskurvan är skev, beroende på en övervikt av observationspunkter med tunnt humustäcke. En mera regelbunden variation omkring medeltalet förete däremot ytorna i de gamla, c:a 200-åriga granskogarna liksom de längre fram beskrivna, med gammal granskog bevuxna

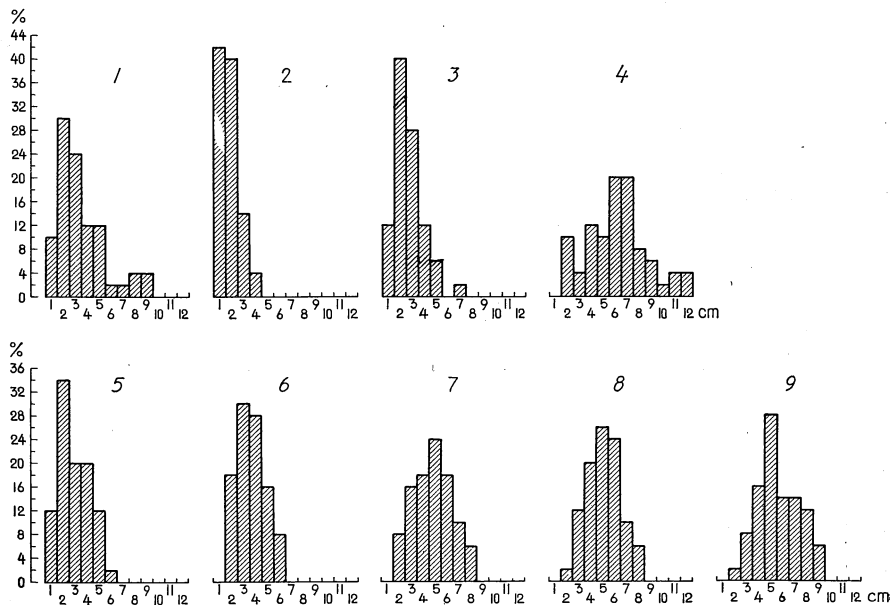


Fig. 11. Mäktigheten av F- och H-skikten å provytorna 1—9 och dennas variation. Die Mächtigkeit der F- und H-Schicht auf Probeflächen 1—9 und deren Variabilität.

ytorna å slutningen invid Storkåtatjärnsbäcken. En förskjutning i variationen mot ett tunnare humustäcke visar likaledes provytan från 1828 års brand å Högsvarterberget inom Svartbergets försökspark. En mera vid variation visar däremot ytan å Brända holmen liksom den risbrända förnygringsytan å Kåtaåsen. På den förra är moränen mycket stenig, å den senare torde risbränningen ej ha tagit så jämnt, som det kunde synas. Men om sålunda variationen i humustäckets mäktighet inom de olika ytorna är ganska vid, torde dock de i fig. 11 meddelade staplarna ganska väl illustrera karakteristiska skillnader mellan humustäcket i äldre och yngre bestånd.

En bestämning av humustäckets vikt per ytenhet är förenad med betydande arbete, såvida man vill ernå någon större noggrannhet. Jag har därför måst nöja mig med att meddela medeltalet av samtliga bestämningar inom en

provyta samt det lägsta och högsta värdet. Varje enskild bestämning grundar sig på en undersökning av 12, 16 eller 20 dm². Viktmängderna avse humustäckets halt av organisk substans, sedan pinnar och levande rötter avlägsnats. Bestämningarna avse sålunda närmast mängden humus, sådan denna definierats i min avhandling av år 1926, »sammanfattning av de organiska rester av växter och djur, som införlivats med jordmånen och där äro underkastade omvandlingsprocesser.» Liksom humustäcket tilltar i mäktighet, tilltar det i stort sett i vikt med beståndets ålder. Anmärkningsvärd är den höga vikten av humus per ytenhet å risbrända ytan. Bränningen hade här dödat risen och det levande mosstäcket, men lämnat F-skiktet så gott som oberört.

I de yngre bestånden har humustäcket en annan struktur än i de äldre, det är luckrare, har en mer eller mindre utpräglad klump- och grynstruktur, medan det i äldre bestånd är mera segt, sammanhållande, filtartat.

KAP. IV. KVÄVE OCH KALK PER YTENHET I HUMUSTÄCKET.

Ur proven från de 12—20 dm² stora ytorna¹⁾ ha uttagits generalprov för bestämning av humusens halt av totalkväve, av assimilerbar kalk och totalkalk. Även i detta hänseende förefinnes inom de enskilda proven en rätt vid variation, framförallt i avseende på kalkhalten beroende såväl på svårigheten att ta verkliga genomsnittsprov i en så inhomogen substans som råhumus som på en lokalt förefintlig variation. Liksom i avseende på mäktigheten anföres angående kväve och kalkhalt medeltalet av fem bestämningar samt högsta och lägsta funna värdet (se tab. 7). Humustäcket i yngre bestånd visar en vidare variation i avseende på humus- och kalkhalt än i äldre, som äga det på kalk och kväve fattigaste humustäcket. Övriga detaljer diskuteras längre fram i avhandlingen.

Med ledning av de här anförda bestämningarna har jag sökt beräkna mängden humus och där bundet kväve och kalk per hektar. Det ligger i bestämningarnas natur att dessa ej kunna tillmätas någon högre grad av precision. Såväl humustäckets mäktighet och vikt som dess halt av kväve och kalk växlar så mycket inom ett och samma bestånd att en noggrann uppskattning skulle fordra ett mycket omfattande och synnerligen tidsödande arbete. Även om sålunda uppskattningarna äro approximativa, torde de dock ge en ganska god föreställning om de storleksordningar, som man härvid har att räkna med (se tab. 8). Mängden humus varierar från 23 ton per hektar i de humusfattigaste till 50 ton i de humusrikaste bestånden. Den totala kvävemängden är lägst 320 kg och högst 770 kg per hektar, mängden assimilerbar kalk lägst 140 kg, högst 500 kg per hektar. Vad som förtjänar anmärkas är

¹⁾ Bestående av 3—5 småytor om 4 dm².

Tab. 7. Humustäckets halt av totalkväve, assimilerbar kalk och totalkalk.
Gehalt der Humusdecke an Totalstickstoff, assimilierbarem Kalk und Totalkalk.

	Kväve	Ass. Kalk	Totalkalk
	Stickstoff	Ass. Kalk	Totalkalk
	%	%	%
1. Föryngringsyta, Kåtaåsen	1,24 (1,16—1,30)	1,13 (0,83—1,47)	1,22 (0,87—1,61)
2. 1918 års bränna, Aggberget	1,84 (1,51—2,19)	1,41 (0,77—2,12)	1,51 (0,75—2,28)
3. 1878 års bränna, Storliden	1,41 (1,23—1,60)	0,71 (0,40—1,30)	0,77 (0,48—1,49)
4. 1866 års bränna, Brända holmen	1,53 (1,48—1,55)	0,67 (0,59—0,78)	0,72 (0,66—0,81)
5. 1853 års bränna, Aggberget	1,37 (1,24—1,52)	0,60 (0,53—0,67)	0,70 (0,63—0,74)
6. 1828 års bränna, Högsvartberget	1,42 (1,22—1,66)	0,86 (0,59—1,03)	0,90 (0,75—1,03)
7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet	1,14 (0,96—1,34)	0,52 (0,41—0,61)	0,58 (0,44—0,73)
8. Gammal granskog, Storliden	1,13 (1,05—1,23)	0,52 (0,44—0,60)	0,51 (0,46—0,56)
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvartberget	1,55 (1,33—1,73)	0,86 (0,65—0,95)	0,91 (0,73—1,13)

att även i yngre bestånd, uppkomna efter brand, den totala kvävemängden kan vara mycket betydande, 410—550 kg per hektar. Totalmängden kalk per hektar är högst på den mark, som avbränts i och för föryngring 1929, men företer för övrigt stor variation.

Någon djupare inblick i de olikheter, som finnas i avseende på humustäcket mellan de olika bestånden, erhåller man ej genom de här anförda siffrorna. Deras värden ligga i att de ge oss en föreställning om de totalmängder humus, kalk och kväve, som äro bundna i själva det ytligt liggande humustäcket. För att få fram mera klart de skillnader, som finnas i humustäcket i de olika bestånden, måste deras kvalitativa egenskaper med hänsyn till reaktionstal, biologiskt-kemiska processer etc. studeras.

Tab. 8. Uppskattade totalmängder humus, kväve och kalk i humustäcket per hektar.
Geschätzte Totalmengen von Humus, Stickstoff und Kalk in der Humusdecke je Hektar.

	Humus	Kväve	Kalk	
			ton	ton
ton	ton	ton	ton	
1. Föryngringsyta, Kåtaåsen	44	0,55	0,50	0,54
2. 1918 års bränna, Aggberget	24	0,44	0,34	0,36
3. 1878 » » Storliden	29	0,41	0,21	0,22
4. 1866 » » Brända holmen	50	0,77	0,34	0,36
5. 1853 » » Aggberget	23	0,32	0,14	0,16
6. 1828 » » Högsvartberget	23	0,33	0,20	0,22
7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet	29	0,33	0,15	0,17
8. » » Storliden	40	0,45	0,21	0,21
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvartberget	34	0,53	0,29	0,31

KAP. V. HUMUSTÄCKETS REAKTIONSTAL.

Humustäcket inom ett och samma, till utseendet mycket likformiga bestånd visar en icke obetydlig variation ej blott i mäktighet utan också i avseende på reaktionstalet. Detta är också helt naturligt. Råhumustäcket visar i smått en ganska varierande sammansättning. Mängden och beskaffenheten av olika multnande beståndsdelar — barr och bladbitar, moss- och rotfragment etc. — varierar från fläck till fläck. Då de i humustäcket ingående beståndsdelarna måste påverka reaktionen, är det helt naturligt att reaktionstalet visar en viss växling. På senare tid ha även framkommit undersökningar, som göra troligt att även årstiden påverkar reaktionstalet och detta icke obetydligt utan t. o. m. mycket kraftigt. Särskilt i Ungern har en forskare FÈHER (1930) starkt framhållit årstidens inverkan.

För att därför få en närmare inblick i den variation, som kan förekomma i humustäcket inom ett och samma bestånd såväl lokalt som under olika årstider, upplades en serie observationer. Inom varje bestånd utmärktes 10 olika platser för provtagning av humus. På dessa togos prov av F- och H-skikten i juni strax sedan tjälen gått ur marken (våren), i juli eller augusti

Tab. 9. Reaktionstalet och dess växlingar vår, sommar och höst på de undersökta provytorna.

Die Reaktionszahl und ihre Schwankungen im Frühjahr, Sommer und Herbst auf den untersuchten Probeflächen.

	Vår	Sommar		Höst	
	Frühjahr	Sommer		Herbst	
1. Föryngringsyta, Kåtaåsen	4,95 (40)	5,25 (40)		5,10 (30)	
2. 1918 års bränna, Aggberget	4,50 (30)	4,63 (30)	4,70 (40)	4,37 (30)	
3. 1878 års bränna, Storliden	F-skikt	4,70 (30)	4,90 (30)	4,95 (40)	4,70 (30)
	H-skikt	4,23 (30)	4,27 (30)	4,38 (40)	4,33 (30)
4. 1866 års bränna, Brända holmen	F-skikt	4,78 (40)	4,93 (30)	4,87 (40)	4,85 (40)
	H-skikt	4,18 (40)	4,27 (30)	4,25 (40)	4,25 (40)
5. 1853 års bränna, Aggberget	F-skikt	4,53 (30)	4,75 (30)	4,90 (40)	4,67 (30)
	H-skikt	4,30 (30)	4,37 (30)	4,52 (40)	4,37 (30)
6. 1828 års bränna, Högsvaltberget	F-skikt	4,52 (40)	4,75 (40)	4,76 (50)	4,72 (40)
	H-skikt	4,22 (40)	4,32 (40)	4,32 (50)	4,35 (40)
7. Gammal granskog, Stortjärns reservatet	F-skikt	4,15 (40)	4,22 (40)	4,24 (50)	4,30 (40)
	H-skikt	3,80 (40)	3,95 (40)	3,92 (50)	4,02 (40)
8. Gammal granskog, Storliden	F-skikt	4,00 (40)	4,07 (30)	4,15 (40)	4,18 (30)
	H-skikt	3,75 (40)	3,73 (30)	3,80 (40)	3,93 (30)
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvaltberget	F-skikt	5,12 (40)	5,28 (30)	5,26 (50)	5,22 (40)
	H-skikt	4,58 (40)	4,58 (40)	4,58 (50)	4,58 (40)
10. Nymyrtjälen, Svartberget	F-skikt	5,06 (50)	5,32 (40)	5,26 (50)	5,12 (40)
	H-skikt	4,52 (50)	4,50 (40)	4,50 (50)	4,48 (40)

Tab. 10. Översikt över den lokala variationen i p_H .
Übersicht über die lokale Variation von p_H . Anzahl

p_H	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
2. 1918 års bränna.																
F+H-skikt	—	—	—	—	—	3	1	1	5	4	2	1	5	3	7	1
3. 1878 års bränna.																
F-skikt....	—	—	—	—	—	—	1	—	2	4	4	5	2	—	2	—
H- »	—	—	—	3	2	5	6	7	5	3	2	—	—	1	2	—
4. 1866 års bränna.																
F-skikt....	—	—	—	—	1	—	—	2	1	3	7	1	1	5	2	2
H- »	—	—	4	2	5	4	5	1	6	4	2	2	—	—	—	2
5. 1853 års bränna.																
F-skikt....	—	—	—	—	—	—	2	1	2	5	1	7	—	3	5	1
H- »	—	—	1	2	—	4	5	1	6	1	4	5	3	—	1	1
6. 1828 års bränna.																
F-skikt....	—	—	—	—	—	2	1	2	4	7	6	5	4	3	5	4
H- »	—	—	—	1	3	5	5	11	2	11	6	6	—	—	—	—
7. Gammal granskog.																
F-skikt....	—	—	—	1	2	8	8	10	8	6	3	2	—	1	—	—
H- »	2	5	4	11	6	9	6	4	1	1	1	—	—	—	—	—
8. Gammal granskog.																
F-skikt....	—	—	—	4	5	4	3	10	8	3	2	—	—	—	—	—
H- »	4	6	9	8	7	2	3	—	—	—	—	—	1	—	—	—
9. <i>Dryopteris</i> -skog.																
F-skikt....	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	1	2	6	5	2
H- »	—	—	1	—	1	3	1	2	4	9	4	2	1	3	3	—

(sommaren) samt i senaste delen av september eller i början av oktober, då björkens löv börjat falla eller fallit (hösten). På detta sätt insamlades för varje gång tio prov av F-, resp. H-skikt, sålunda inalles 20 prov inom varje enskilt bestånd. Prov av F- och H-skikt från samma punkt hölls ihop, så att det var möjligt att för varje gång bestämma skillnaden i avseende på p_H i humustäckets övre och undre del. Dylika provtagningar ha pågått under åren 1930—1934 sålunda under en tämligen lång tid, varför undersökningarna även med hänsyn till årstidsvariationen torde äga ett avsevärt värde. Huvudresultaten äro nedlagda i tabell 9, där siffrorna inom parentes ange antalet observationer. Närmare 3 000 bestämningar ha gjorts.

Den av mig i avhandlingen av 1926 påvisade skillnaden i avseende på F- och H-skiktens reaktionstal har till fullo bekräftats. H-skiktet är så gott som alltid surare än F-skiktet. Skillnaden växlar från c:a 0,25 ända till över

Antal sommarobservationer inom varje p_H -klass.
 der Sommerbeobachtungen in jeder p_H -Klasse.

5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
Aggberget.																	
3	—	I	2	—	—	—	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Storliden																	
5 2	3 I	— I	3 —	I —	2 —	I —	2 —	2 —	—	—	I —	—	—	—	—	—	—
Brända holmen.																	
3 —	3 I	2 I	3 I	2 —	—	I —	I —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aggberget.																	
2 I	I 4	I —	2 I	2 —	—	—	I —	—	—	—	I —	I —	—	—	I —	—	I —
Högsvartberget.																	
3 I	I 2	— I	I —	I —	3 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stortjärnsreservatet.																	
I —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Storliden.																	
I —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Högsvartberget.																	
I I	3 I	4 —	I 2	2 —	6 —	I 2	I —	I —	—	—	—	I —	—	—	—	—	—

0,6 p_H -enheter och är sålunda högst betydande, antydande viktiga olikheter mellan de två skiktens biologiska och kemiska egenskaper. Reaktionsskillnaden är strängt lagbunden. Vid de mycket talrika bestämmningar av humustäckets reaktionstal såväl i norra som södra Sverige, som jag låtit utföra under de senaste åren, har en avvikelse från regeln visat sig vara en sällsynthet.

Den rent lokala variationen i humustäckets reaktionstal inom ett och samma bestånd kan vara högst betydande. För att illustrera detta har jag i tab. 10 sammanställt de under somrarna observerade värdena i några av de undersökta bestånden. En granskning av tabellen ger vid handen att variationen är större i de yngre än i de äldre bestånden. Liksom humustäcket i de äldre bestånden visar större likformighet med hänsyn till mäktigheten, är det mera homogent i avseende på reaktionstalet. Särskilt de björkblandade,

unga bestånden visa en ganska vid variation i humustäckets reaktionstal. Jag har sökt fastställa huruvida det kunde finnas en viss lokal lagbundenhet i variationen, så att vissa fläckar utmärka sig genom relativt låga, andra genom relativt höga reaktionstal. Med undantag av björklövsrika fläckar, varom mera längre fram, har en sådan variation ej kunnat säkert fastställas. Proven under de olika åren äro insamlade på från början utmärkta punkter, men då vid varje provtagning humustäcket blev något rubbat, måste en lokal förskjutning i provtagningen äga rum. Denna förskjutning i förening med växlingen i humustäckets sammansättning gör det svårt att finna en av de yttre förhållandena reglerad lokal variation i humustäcket. Åtminstone är det hittills hopbragta materialet i det hänseendet otillräckligt.

Olika år med sina klimatväxlingar förorsaka en växling i reaktionstalet. Dock är det ännu svårt att finna någon lagbundenhet. Däremot har en växling med årstiden kunnat konstateras. I samtliga undersökta bestånd ligga reaktionstalen genomsnittligt lägst på våren och högst på sommaren, varefter på hösten en mera oregelbunden sänkning äger rum. Närmare data återfinnas i tab. 9, där siffrorna inom parentes ange antalet observationer. I tabellen ingår även ett bestånd av blandad *Dryopteris-Vaccinium*-typ å Nymyrtjälen, Svartberget, ingående i en gallringsserie, anlagd för studiet av gallringens inflytande på humustäcke och marktemperatur. Den i tab. 9 och 11 anförda ytan är en ogallrad jämförelseyta, som närmare studerats åren 1930—1934.

Uttryckas reaktionsförändringarna med årstiden i p_H -värden, visar F-skiktet större förskjutningar än H-skiktet och humustäcket i de yngre bestånden större än i de äldre. Emellertid må man komma ihåg att p_H är ett logaritmiskt uttryck, varför numeriskt lika förändringar ha olika värden inom olika delar av p_H -skalan. Uttryckes surhetsgraden genom gram vätejoner per 1 000 liter, får man fram de verkliga förändringarna i humustäckets surhetsgrad (se tab. 11). En granskning av denna tabell visar, att man i de äldre bestånden har större, absoluta skillnader i humustäckets surhetsgrad vår, sommar och höst än i yngre bestånd samt att de minsta, absoluta förändringarna finnas i yngre bestånd av *Dryopteris*-typ. Jag återkommer i ett följande kapitel till den sannolika orsaken till dessa olikheter.

Trots den variation, som lokalt eller fläckvis förekommer inom de olika provytorna, och den variation, som förorsakas av årstid och år med olika klimat, är det uppenbart, att inom den undersökta serien humustäcket i yngre bestånd är mindre surt än i äldre. Provytorna 1—8 tillhöra alla *Vaccinium*-typen, även nr 2 bör räknas dit, trots en spridd fläckvis förekomst av *Dryopteris Linnaeana*. De representera olika stadier i typens åldersutveckling. Om man undantar den nyligen risbrända förnygringsytan å Kåtaåsen, varierar på sommaren reaktionstalet i F-skiktet från 4,07—4,95. De gamla bestånden ha reaktionstal från 4,07 till 4,24, bestånden om 40 à 50 år med riklig

Tab. II. Årstidsändringar i humustäckets surhetsgrad uttryckt i gram väteioner per 1 000 liter lösning.

Jahreszeitänderungen der Azidität der Humusdecke, ausgedruckt in Gramm Wasserstoffionen pro 1 000 Liter Lösung.

		Skillnad	Skillnad
		Unterschied	Unterschied
		vår—sommar	vår—höst
		Frühjahr—Sommer	Frühjahr—Herbst
1.	Föryngringsyta, Kåtaåsen.....	+0,00558	+0,00326
2.	1918 års bränna, Aggberget.....	+0,0082	—0,011
3.	1878 » » Storliden.....	{ F-skikt +0,0074	{ ±0,000
		{ H-skikt +0,0052	{ +0,0121
4.	1866 » » Brända holmen.....	{ F-skikt +0,0031	{ +0,0025
		{ H-skikt +0,0099	{ +0,0099
5.	1853 » » Aggberget.....	{ F-skikt +0,0117	{ +0,0081
		{ H-skikt +0,0074	{ +0,0074
6.	1828 » » Högsvaltberget.....	{ F-skikt +0,0124	{ +0,0111
		{ H-skikt +0,0124	{ +0,0156
7.	Gammal granskog, Stortjärnsreservatet....	{ F-skikt +0,0105	{ +0,0207
		{ H-skikt +0,046	{ +0,063
8.	» » Storliden.....	{ F-skikt +0,0292	{ +0,0339
		{ H-skikt +0,020	{ +0,061
9.	<i>Dryopteris</i> -skog, Högsvaltberget.....	{ F-skikt +0,00234	{ +0,00156
		{ H-skikt ±0,000	{ ±0,000
10.	» Nymyrtjälen, Svartberget..	{ F-skikt +0,00322	{ +0,00112
		{ H-skikt —0,0014	{ —0,0029

björkinblandning 4,93—4,95. Äldre bestånd med svagare björkinblandning eller nyligen borttagen björk 4,75—4,76. Med åldern eller med björkens försvinnande tilltar surhetsgraden i marken.

Markens geologiska beskaffenhet inom de undersökta provytorna kan svårigen vara orsak till dessa olikheter. Man kan med varandra jämföra beståndet inom 1878 års bränna med den överåriga skogen på samma lid. Olikheterna i moränens sammansättning äro mycket små och snarare till nackdel än till fördel för ungsbogen inom brännan. Reaktionstalen ha under somrarna i genomsnitt gestaltat sig på följande sätt.

	Björkblandad tall-granskog 1878 års bränna	Överårig granskog Bränd 1694
F-skikt.....	4,95 (40)	4,15 (40)
H-skikt.....	4,38 (40)	3,80 (40)

Skillnaderna äro betydande, i F-skiktet 0,80, i H-skiktet 0,58 p_H-enheter och måste angiva betydande olikheter i humustäckenas biologiska och kemiska egenskaper.

Humustäcket i skogar tillhörande *Dryopteris*-typen är i regel mindre surt än i *Vaccinium*-typen. Även i dessa skogar tilltar surhetsgraden med beståndets ålder. Såsom exempel kunna anföras *Dryopteris*-ytan på Högsvarberget, uppkommen efter brand omkring 1800, och en längre fram skildrad *Dryopteris*-yta nära Storkåtatjärnsbäcken på mark, som ej blivit bränd sedan 1694. Sommaren 1933 voro reaktionstalen följande.

	Ytan på Högsvarberget Bränd omkr. 1800	Ytan vid Storkåta- tjärnsbäcken Bränd 1694
F-skikt.....	5,5 (10)	4,4 (15)
H-skikt.....	4,5 (10)	4,1 (15)

Skillnaden är här ännu mer betydande än i *Vaccinium*-typen. Det geologiska underlaget är något gynnsammare vid Storkåtatjärnsbäcken än å Högsvarberget. Åldersinflytandet på humustäckets reaktionstal är även här betydligt.

Till det högre reaktionstal, som utmärker de unga bestånden, bidrager av allt att döma björken, som har en mindre sur förna än barrträden (HESSELMAN 1926). Inom ett och samma bestånd äro fläckar av björklöv genomsnittligt mindre sura än sådana, där mossor förhärska. Såväl i F- som H-skikten märkes under björkbladen en förskjutning mot högre reaktionstal. Saken kan belysas av förhållandena å 1866 års bränna på Brända holmen, där reaktionstalen å fläckar med eller utan björklöv gestaltade sig på följande sätt:

	Vår	Sommar	Höst
Fläckar med björklöv, F-skikt.....	4,80 (24)	4,95 (24)	4,93 (24)
» » » H-skikt.....	4,30 (24)	4,41 (24)	4,38 (24)
» utan » F-skikt.....	4,75 (16)	4,80 (16)	4,75 (16)
» » » H-skikt.....	4,02 (16)	4,02 (16)	4,05 (16)

Medeltal för året

Fläckar med björklöv F-skikt.....	4,89 (72)
» » » H-skikt.....	4,36 (72)
» utan » F-skikt.....	4,77 (48)
» » » H-skikt.....	4,03 (48)

Under hela vegetationsperioden, vår, sommar och höst, är sålunda humustäcket under löv mindre surt än där mossor dominera. Skillnaden är störst i H-skiktet, vilket väl stämmer med mina tidigare observationer. Den uppgår i H-skiktet i genomsnitt till över 0,3 p_H -enheter. Emellertid finns på Brända holmen en faktor, som kan förminska lövets inverkan. I starkt slutna bestånd är vanligen p_H lägre än i glesare. Björken på Brända holmen förekom-

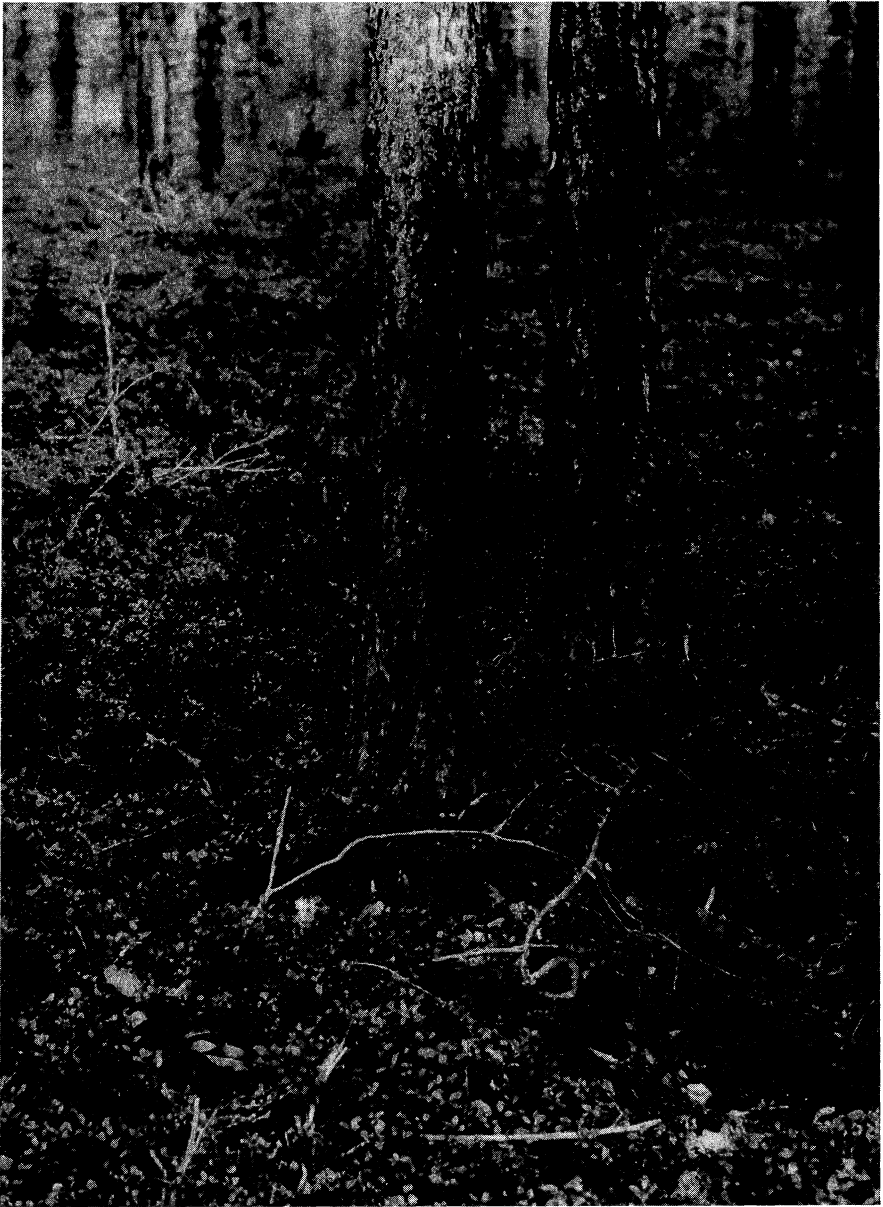
mer i de mera slutna partierna av beståndet, varför humustäcket av denna anledning bör ha en tendens att bli surare än på de öppna partierna. Så mycket anmärkningsvärdare är därför den funna skillnaden.

För björklövets inverkan på humustäckets reaktionstal är följande exempel synnerligen belysande. Inom försöksparken Svartberget finnes omkring vägen Vindeln-Robertsfors en lavrik tallhed, växande på en mo-avlagring. Heden är beskriven av TAMM och MALMSTRÖM i deras redogörelse för geologi och vegetation inom Kulbäcksliden-Svartbergets försökspark (TAMM och MALMSTRÖM 1926). Inom vissa delar av heden förekommer glasbjörk. För c:a 20 år sedan avverkades björken, men från stubbarna utvecklades unga skott, vilka givit upphov till små björkgrupper. Humustäcket under björkgrupperna är mera luckert och mullartat än under tallarna. Skillnaden är ofta starkt framträdande. För närmare undersökning utvaldes 15 st. björkar eller björkgrupper och lika många, nära björkarna växande tallar. Prov av humustäcket under tall och bredvidstående björk insamlades och jämfördes sedan med varandra (se fig. 12 och 13). Genom själva sättet för provtagningen måste all inverkan från eventuella olikheter i markens geologi anses vara utesluten. Resultatet från de 30 provtagningarna, 15 under tall och 15 under björk, gestaltade sig på följande sätt.

	Under tall	Under björk
F-skikt.....	4,0 (4,4—3,8)	5,1 (5,8—4,6)
H-skikt.....	3,9 (4,5—3,6)	4,7 (5,1—4,1)

Skillnaden med hänsyn till reaktionstalet är sålunda betydande, 1,1—0,8 p_{H} -enheter. Inom varje enskilt jämförelsepar hade såväl F- som H-skiktet högre reaktionstal under björken än under tallen, d. v. s. humustäcket var ständigt, när två närliggande provtytor jämfördes med varandra, mindre surt under björken än under tallen. Ett annat exempel kan anföras från Tönersjöheden, Halland. Vid Torared ett stycke N om försöksparken finnes en serie år 1904 av försöksanstalten anlagda kulturförsök på ljunghed. Försöken omfatta bl. a. björk, banksianatall och tall, den senare av olika provenienser.

Björken planterades i hackade gropar, 30×30 cm i kvadrat och 30 cm djupa, banksianatallen likaledes i gropar i ett förband av 1,5×1,5 m. Tallen däremot såddes (MAASS 1910). Ljungheden var före planteringen en s. k. ren ljunghed, bevuxen med ljung, mjölonris, lingon, blåbär, *Genista pilosa* samt gräs och örter såsom *Festuca ovina*, *Sieglingia decumbens*, *Luzula*, *Carex*, *Antennaria dioica* (GUNNAR SCHOTTE 1914). Kulturerna ha gått väl till och bestånden äro nu väl slutna, markbetäckningen utgöres i tallbestånden av mossrik ljunghed, under björk och banksiana-tall spelar förnaavfallet en stor roll.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 12. Tallar å heden inom försöksparken Svartberget. Invid tallstammen mer filt-
artat humustäcke, p_H i F-skiktet 4,1, p_H i H-skiktet 4,0. 1934.

Kiefern in der Heide innerhalb des Versuchsrevirs Svartberget. Humusdecke am Kiefernstamm
mehr filzartig, p_H in F-Schicht 4,1, p_H in H-Schicht 4,0. 1934.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 13. Björk å heden inom försöksparken Svartberget. Under björken ett luckert humustäcke. p_H i F-skikt 5,2, p_H i H-skikt 4,8. 1934.

Birke in der Heide im Versuchsrevier Svartberget. Humusdecke unter der Birke locker. p_H in F-Schicht 5,2, p_H in H-Schicht 4,8. 1934.

Reaktionstalen gestaltade sig på följande sätt.

	Björk (<i>Betula verrucosa</i>)	Tall (<i>Pinus silvestris</i>)	Banksiana-tall (<i>Pinus Banksiana</i>)
F-skikt.....	4,8 (5,1—4,4)	4,5 (4,9—4,1)	4,1 (4,3—3,8)
H-skikt.....	4,4 (4,7—3,9)	4,2 (4,5—3,9)	3,9 (4,2—3,7)

Å varje yta togos prov på 15 olika platser, siffrorna inom parentes ange högsta och lägsta iakttagna reaktionstalet. Bäst jämförbara med varandra i avseende på läge och mark äro ytorna med björk och banksiana-tall, tallytan ligger något högre och kan från början tänkas ha varit av annan beskaffenhet än björkytan. Även om skillnaderna i reaktionstal mellan björk och vanlig tall ej äro statistiskt säkerställda, ha dock iakttagelserna sitt stora värde, då de gå i samma riktning som iakttagelserna i Norrland.

Emellertid händer det att lövet, när den unga björkskogen är mycket starkt slutet, lagrar sig så tätt på marken att det bildar en seg, sammanhängande matta. I så fall kan även ett av björklöv bildat humustäcke bli surt. Ett exempel härpå lämnar Roklidens försöksfält i Piteå revir. På det år 1908 avverkade partiet (se HESSELMAN 1909, sid. 40—42, 1926 sid. 478—485) finnes nu en tät ungskog av björk med insprängd tall och gran. Reaktionstalen i björkungskogen ha i detta fall jämförts med reaktionstalen i den gamla oavverkade granskogen (se även fig. 48 och 50) inom partier så vitt möjligt av samma beskaffenhet som den sommaren 1908 avverkade skogen. Resultatet blev följande.

	Björkungskogen	Gamla granskogen
F-skikt.....	4,0	4,3
H-skikt.....	3,8	3,7

I detta fall är F-skiktet under björken surare än i granskogen, i H-skiktet, som nästan har mullkaraktär, råder motsatsen, men då skillnaden är liten och observationerna ej äro fler än 8, kan man ej lägga någon större vikt härpå. Anmärkningsvärt är dock att iakttagelsen i avseende på H-skiktet stämmer med dem å Kulbäcksliden-Svartberget.

Inom kronoparken Rönnliden ovanför Långvattnet iakttar man samma skillnad som å Kulbäcksliden-Svartberget i avseende på reaktionstalen mellan äldre skog med tjockt humustäcke och yngre björkblandad granskog, uppkommen efter brand. Å Volvoliden var sålunda humustäckets reaktionstal 4,5 i en björkblandad granskog uppkommen efter brand år 1880. Humustäcket var så tunt, att F- och H-skikt ej kunde urskiljas från varandra. Markbetäckningen utgjordes av blåbär, lingon, *Empetrum*, *Deschampsia (Aira) flexuosa*, *Triantalis europaea*, *Chamaenerium*, *Hylocomium parietinum* och *proliferum*, *Dicrana*, *Nephroma arcticum*. I de gamla skogarna på Rönn-

liden ha i det tjocka råhumusskiktet F-skiktet ett p_H av 4,06, H-skiktet ett p_H av 3,80, sålunda värden, som nära överensstämma med dem, som funnits i de gamla granskogarna å Kulbäcksliden. Överensstämmande reaktionstal har jag funnit i de gamla granskogarna å krpk Hästliden inom Bjurholms, f. d. Örå revir, nämligen i F-skiktet 4,1, i H-skiktet 3,9.

Reaktionstal om c:a 4,1 i F-skiktet, 3,8 å 3,9 i H-skiktet synas vara karakteristiska för de gamla råhumusbesvärade granskogarna av *Vaccinium*-typ på kalkfattig mark i Norrland. Dessa reaktionstal äro emellertid i och för sig ingalunda låga. I södra Sveriges högproduktiva, mossrika tall- eller barrblandskogar är humustäcket ofta mycket surare. Såsom exempel kunna nämnas:

Kalmar län:

Näs prästbordsskog vid Vimmerby. Barrblandskog med mossor, blåbär och <i>Majanthemum</i>	F-skikt 3,8 H-skikt 3,2
Vimmerby stadsskog, Nässhult. Barrblandskog. Rent mosstäcke.....	F-skikt 3,8 H-skikt 3,8
<i>Anemone nemorosa</i> , <i>Oxalis</i> , <i>Luzula</i> . Mull.	4,7
Västervik, Åldersbäck. Tallskog å sand. Ljung, lingon blåbär, <i>Hylocomium parietinum</i>	F-skikt 3,9 H-skikt 3,3
Vassmolösa. Tallskog å rullstensås. Mossor	F-skikt 3,6 H-skikt 3,2
Målilla by. Tallskog. Lingon, blåbär, <i>Pteris</i> , mossor	F-skikt 3,5 H-skikt 3,6
Fliseryd, Grimhult. Tallskog. Ljung, lingon, mossor..	F-skikt 3,6 H-skikt 3,4
Västervik, Blekhem. Barrblandskog. <i>Oxalis</i> , <i>Majanthemum</i> , <i>Trientalis</i>	F-skikt 5,4 H-skikt 4,7
Vissefjärda, Skuteryd. Granskog med rent mosstäcke å brunjord.....	F-skikt 5,5 H-skikt 3,7

Kronobergs län.

Bergkvara, Skogsvårdsstyrelsens provyta nr 3. Granskog, kultur 1888. Podsolerad brunjord, mosstäcke av <i>Hylocomium proliferum</i> med insprängd <i>Dicranum scoparium</i> och <i>Hylocomium parietinum</i>	F-skikt 3,6 H-skikt 3,4
Huseby söder om Växjö. Sjuttioårig granskog. Mosstäcke.....	F-skikt 4,3 H-skikt 3,4
Huseby. Granskog. <i>Oxalis</i> . Mull.....	3,8

Malmöhus län.

Dalby krpk. Planterad granskog. Försöksanstaltens prov- yta 54: I.....	F-skikt 4,8 (10)
	H-skikt 4,1 (10)

Kristianstads län.

St. Olof. Planterad granskog. (Prov insamlade av lektor H. CARBONNIER)	F+H-skikt 3,1
	F+H-skikt 2,8
	F+H-skikt 3,3
	F+H-skikt 3,3

Hallands län.

Tönnersjöhedens försökspark. Kulturgranskog å f. d. bokmark.....	F-skikt 3,9 (5)
	H-skikt 3,7 (5)
Kulturgranskog å gammal ljunghed.....	F+H-skikt 4,0 (7)

Av ovanstående framgår att reaktionstal lägre än 4,0 å 4,1 i F- och 3,8 å 3,9 i H-skiktet ingalunda äro ovanliga i södra Sveriges mossrika barrskogar. Detsamma gäller de täta, genom kultur uppdragna granskogarna i södra Sverige, där markbetäckningen bildas av mossor eller barr. Här kan såsom i skogarna i St. Olof, Skåne, reaktionstalen röra sig omkring p_H 3,0. Produktionen i dessa skogar kan dock, som bekant, nå betydande belopp. Något avgörande hinder för en kraftig tillväxt hos granen utgör sålunda icke i och för sig ett lågt reaktionstal i humustäcket.

Den redogörelse, som här lämnats angående humustäckets reaktionstal inom de olika provytorna, torde lämpligen kunna sammanfattas på följande sätt.

Inom de enskilda provytorna finnes en betydande lokal variation i humustäckets reaktionstal. Denna är störst inom de yngre björkblandade bestånden och minst i de äldre björkfria.

Inom samtliga provytor iakttages en tydlig säsongvariation i avseende på reaktionstalet, p_H är genomsnittligt lägst på våren (juni) och högst på sommaren (juli—augusti). På hösten försiggår en mera oregelbunden sänkning. Uttryckes säsongvariationen i p_H -värden, är den större i yngre än i äldre bestånd, uttryckes däremot surhetsgraden i g vätejoner per 1 000 liter lösning, är den störst i de äldre bestånden.

Oaktat en ej obetydlig lokal och av olika år och årstider försakad variation inom humustäcket i ett och samma bestånd iakttages dock ett tilltagande av surhetsgraden med beståndens stigande ålder. Inom *Vaccinium*-typens utvecklingsserie är om sommaren p_H i F-skiktet c:a 4,9 i yngre björk-

blandade bestånd, c:a 4,1 i äldre björkfria; i bestånd av *Dryopteris*-typen c:a 5,5 i yngre, c:a 4,4 i äldre bestånd.

Inblandningen av björk förorsakar en höjning av humustäckets reaktionstal. Bäst kan denna inverkan iakttagas på hedar med inblandad björk, men framträder även vid jämförelse mellan fläckar med och utan björklöv i ett och samma barrblandsbestånd. Inom överslutna björkföryngringar kan av björklöv bildas ett segt humustäcke av utpräglat sur reaktion, $p_H = 4,0$.

I de äldre, råhumusbesvärade granskogarna av *Vaccinium*-typ i Norrland rör sig humustäckets reaktionstal omkring 4,0 i F-skiktet och 3,8 à 3,9 i H-skiktet. Dessa reaktionstal äro i och för sig ej låga. Samma eller lägre reaktionstal återfinnas ofta i mellersta och södra Sveriges tall-, gran- eller barrblandskogar av *Vaccinium*-typ. Då dessa många gånger äro högproduktiva, kan reaktionstalet i och för sig ej gärna vara orsak till den gamla granskogens starkt nedsatta tillväxt och sjukliga utseende.

KAP VI. HUMUSTÄCKETS HALT AV BASISKA BUFFERTÄMNEN OCH ASSIMILERBAR KALK.

I. Basiska buffertämnen.

I avhandlingen om barrskogens humustäcke av år 1926 framhöll jag betydelsen av att bestämma icke blott humustäckets aktuella surhetsgrad, dess p_H , utan ock förändringarna i reaktionstalet vid tillsats av syra eller bas. Dessa förändringar utgöra ett mått på humustäckets halt av basiska och sura buffertämnen.

Bestämningarna ha utförts på principiellt samma sätt som förut, potentiometrisk titrering, men efter något förändrad metodik. Genom att låta jorduppslamningarna, sedan syra eller bas tillsatts, stå ett dygn innan p_H -bestämningarna utfördes, finnas vissa garantier för att en jämvikt inträtt mellan jorden och lösningen. De resultat, som erhållits på detta sätt, skilja sig dock föga från dem, som erhållas genom omedelbar titrering av jorden, uppslammad i en 0,1 n KCl-lösning, vilken metod användes vid de undersökningar, som publicerades 1926. Bestämningarna av de basiska buffertämnena, d. v. s. sådana ämnen, som hindra eller försvåra en reaktionsändring i sur riktning, ha givit klarare och distinktare utslag än bestämningen av de sura. Då dessutom halten av basiska buffertämnen synes spela en större roll i biologiskt hänseende än halten av sura, kommer i det följande endast de förra att diskuteras.

Tab. 12. Humusprovens buffringskapacitet gent emot 0,1 n HCl vid olika p_{H} -värden. Pufferkapacitat der Humusproben gegen 0,1 n HCl bei verschiedenen p_{H} -Werten.

Provyta. Probefläche	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	F+H cc	F+H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc	F cc	H cc
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	—	0,5	—	1,2	—	2,8	0,2	1,0	0,2	0	—	—	—	—	—	0,7	—
4,5	0,6	0,1	2,5	0,4	3,9	1,3	5,4	1,2	2,9	0,8	1,4	0,1	—	—	—	—	3,0	0,8
4,0	2,4	1,2	5,3	1,5	7,2	3,1	8,5	2,7	5,8	2,6	4,6	1,0	0,4	0,2	—	—	5,4	2,7
3,5	5,2	2,5	10,4	3,6	12,8	4,8	11,7	4,9	8,4	4,6	8,7	3,0	1,5	1,0	—	—	12,3	5,0
3,0	8,0	4,9	15,2	6,0	18,5	8,0	15,3	7,0	13,1	7,8	12,4	5,1	4,2	2,9	—	—	16,8	8,9

1. Föryngringsytan. Kataasen, Kulbacksleden. 2. 1918 års bränna. Aggberget. 3. 1878 års bränna Storliden, Kulbacksleden. 4. 1866 års bränna. Brända holmen, Kulbacksleden. 5. 1853 års bränna. Aggberget. 6. 1828 års bränna. Högsvartberget, Svartberget. 7. Gammal granskog. Stortjärnsreservatet, Svartberget. 8. Gammal granskog. Storliden, Kulbacksleden. 9. *Dryopteris*-skog. Högsvartberget, Svartberget.

Resultaten av en potentiometrisk titrering framställas vanligen i form av titreringskurvor, vilket var fallet i avhandlingen av 1926. Då dessa kunna vara besvarligen att överblicka och direkt jämföra med varandra, har jag här använt en framställningsmetod, som först föreslagits av dansken TOVBORG JENSEN (1924). Principen för detta framställningssätt består däri att man jämför den erhallna titreringskurvan med den kurva, som erhålles om man titrerar en buffertfri vätska med samma surhetsgrad (p_{H}) som jorduppslamningen, innan till denna satts saltsyra eller alkali. Genom att undersöka det antal cc 0,1 n HCl, som atgar för att giva den buffertfria vätskan ett visst p_{H} och det antal cc 0,1 n HCl, som atgar för att giva jorduppslamningen samma p_{H} , kan man få ett uttryck för jorduppslamningens buffringskapacitet vid det valda p_{H} . Angående metoden för detta framställningssätt hänvisas till T. JENSENS avhandling. Resultaten äro sammanställda i tab. 12. Av denna framgår buffringskapaciteten hos de olika jordproven vid olika p_{H} , liksom också buffringskapacitetens växlingar inom titreringskurvan.

En granskning av tabellen ger vid handen att humusproven från den risbrända foryngringsytan samt från 1918-års bränna a Aggbergets kronopark ha jämförelsevis låg buffringskapacitet, ehuru kalkhalt och reaktionstal äro tämligen höga. Här har emellertid ännu icke utbildats något sammanhängande humustäcke såsom i de äldre bestanden. Humusskiktet består huvudsakligen av rester av det gamla humustäcket, mineralinblandningen är stor. Humusproven från brännorna förhålla sig vid titrering som den utpräglade mullen. Mullprov kunna ha ett högt p_{H} , en icke obetydlig kalkhalt, men i jämförelse med råhumus en svag buffring gent emot syror. Såsom exempel kunna anföras några mullprov från bokskogarna a Maltesholms ägor i Skåne, tab. 13. Proven äro samlade på trenne olika lokaler i bokskogen kring slottet.

I nedanstående översikt anges karaktärsväxter, p_H , humus- och kalkhalt.

	p_H	Humus %	CaO _{ass} dir. %	CaO _{ass} omr. %
1) <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Asperula odorata</i>	7,5	8,8	0,77	8,73
2) <i>Asperula odorata</i> , <i>Oxalis acetosella</i> ..	6,5	7,8	0,41	5,26
3) <i>Asperula odorata</i> , <i>Stellaria glochidosperma</i>	5,6	11,3	0,37	3,18

Som framgår av tabell 13 har endast den svagt alkaliska mulLEN under *Aegopodium podagraria* någon avsevärd buffringskapacitet gent emot saltsyra, de övriga påminna mest om H-skikten i råhumusproven. Mellan p_H och kalkhalt fins ett starkt samband, likaså mellan kalkhalt och buffringsförmåga gent emot syror.

Jämför man humusproven från bestånden 3—8 med varandra, framträda följande olikheter:

- 1) F-skiktet är i samtliga bestånd rikare på basiska buffertämnen än H-skiktet.
- 2) Proven från bestånden 4 och 5, vilka ha ett väl utbildat humustäcke, vid vars uppkomst björklövet spelar en framträdande roll, har högre buffringskapacitet gent emot syror än proven från övriga bestånd.
- 3) Proven från björk-tall-granskogen å Storliden (nr 3) ha en buffringskapacitet, som mycket nära överensstämmer med kapaciteten hos humusproven från bestånden 4 och 5.
- 4) Vid p_H -värdena 3,5—4,0 är buffringskapaciteten gent emot syror hög hos proven från bestånden med björklöv, sjunker därefter hos proven från de äldre bestånden utan björk och når sina lägsta värden hos proven från den gamla granskogen på Storliden.

Buffringsförmågan gent emot saltsyra, liksom buffringsförmågan mot alkali, är sannolikt i huvudsak bunden vid humusen. Hos humusämnen är adsorptionsförmågan stor. Skall man därför med hänsyn till humusens betydelse ur buffringssynpunkt göra en jämförelse mellan jordprov av olika buffringskapacitet för att bedöma en humus egenskaper bör man jämföra prov

Tab. 13. Buffringskapacitet gent emot 0,1 n HCl vid olika p_H hos mullprov från Maltesholm.

Pufferkapazität gegen 0,1 n HCl bei verschiedenen p_H -Werten bei Mullproben von Maltesholm.

p_H	Prov		
	1 cc	2 cc	3 cc
7	0,8	—	—
6,5	2,6	0,0	—
6,0	3,7	0,9	—
5,5	5,2	1,5	—
5,0	6,7	2,0	0,9
4,5	8,4	3,4	2,2
4,0	10,5	6,0	3,5
3,5	12,2	6,5	4,6
3,0	14,0	7,0	6,0

med så lika humushalt som möjligt. Proven från bestånden 3—8 fylla i det fallet rimliga fordringar.

Humusproven från gran-tall-björkskogen av *Dryopteris*-typ å Högsvartberget förhålla sig vid titrering med saltsyra närmast såsom humusproven från Brända holmen i Degerö stormyr, vilken holme är bevuxen med ett starkt växtligt bestånd av gran, björk och tall.

I föregående kapitel omtalades att humustäckets reaktionstal är underkastat en säsongvariation. Humustäcket är surast på våren, varefter reaktionstalet stiger på sommaren för att sedan oregelbundet och svagt sjunka på hösten. Uttryckt i p_H -enheter är förändringen störst i humustäcket hos medelålders bestånd och i F-skiktet, uttryckt i direkta mått däremot i humustäcket i äldre bestånd. Flera faktorer kunna bidra till dessa olikheter mellan humustäckena i äldre och i yngre, men en närliggande förklaring har man i humustäckenas halt av basiska buffertämnen. De humustäcken, som visa de minsta förändringarna, uttryckta i gram vätejoner per liter lösning, äga den största buffringkapaciteten mot syra (beståndet å Brända holmen; provytan 9, *Dryopteris*-yta), medan de största förändringarna äga rum i det basfattiga humustäcket i den gamla granskogen på Storliden. Humusproven från den gamla granskogen å Stortjärnsreservatet ha en jämförelsevis hög buffringkapacitet, i synnerhet vid p_H -värdena 4,0—3,5. Säsongvariationen i reaktionstal, uttryckt i direkta mått, är hos detta humustäcke relativt liten (se tab. 11). Det är mycket antagligt att humustäckets halt av sura och basiska buffertämnen spelar en roll för säsongvariationen i p_H , men den biologiska verksamheten har säkerligen också sin stora betydelse.

2. Kalkhalt.

Det är flera faktorer, som inverka på humustäckets förändringar vid tillsats av en syra. Det synes mig icke här vara platsen att ingå på en närmare analys av dessa, härför skulle fordras en diskussion av humusämnenas kolloidala struktur, deras kemiska konstitution m.m. Bland de faktorer, som otvivelaktigt spela en roll för humustäckets surhetsgrad och dess förändringar, är emellertid kalkhalten och främst då den adsorptivt bundna kalken. Som det framgår av kapitlet om metodiken utgöres humustäckets kalkhalt till all väsentlig del av adsorptivt bunden kalk eller, som den ofta benämnes, assimilerbar kalk. Denna är också ganska lätt att bestämma, ett större antal prov kunna utan större tidsutdräkt analyseras. För att kalkhaltens roll för humustäckets egenskaper fullt skall framträda, fordras att man noga skiljer på de olika skikteterna i råhumustäcket, förmultningsskiktet (F) och humusämnesskiktet (H). En bestämning av en blandning av båda skikten lämnar endast en ofullständig insikt i den roll, som kalkhalten spelar.

Nedanstående översikt över halten assimilerbar kalk stöder sig på ett större antal bestämningar å prov, samlade under olika år. Samtliga värden äro beräknade i procent av glödförlusten eller humus.

Tabell 14. Humustäckets halt av CaO_{ass} , räknat i procent av glödförlust (humus).
Gehalt der Humusdecke an CaO_{ass} , berechnet in % des Glühverlusts (Humus).

	F + H	
1. Risbrända hygget. Kåtaåsen.....	1,37	
2. 1918 års bränna. Aggberget.....	1,08	
	F	H
3. 1878 års bränna. Storliden.....	1,06	0,67
4. 1866 års bränna. Brända holmen.....	1,10	0,70
5. 1853 års bränna. Aggberget.....	0,88	0,68
6. 1828 års bränna. Högsvaltberget.....	0,85	0,82
7. Gammal granskog. Stortjärnsreservatet.	0,82	0,58
8. Gammal granskog. Storliden.....	0,72	0,53
9. Björk-granskog. <i>Dryopteris</i> -typ.....	1,23	0,71

Beräknad på humus rör sig kalkhalten från 1,37 % på det år 1927 risbrända hygget till 0,72 % i den gamla granskogen på Storliden. Variationen rör sig sålunda inom ganska trånga gränser, men är inom dessa ganska regelbunden i avseende på F-skiktet, där den livligaste förmultningen äger rum. I stort sett sjunker kalkhalten med beståndets tilltagande ålder. Den är i bestånd med utbildat humustäcke högst på Brända holmen, lägst i den gamla granskogen på Storliden. I H-skiktet varierar kalkhalten mera laglöst.

Humustäcket i beståndet av *Dryopteris*-typ har högre kalkhalt i F-skiktet än bestånden av *Vaccinium*-typ, men skillnaden gent emot beståndet å Brända holmen är ej stor.

De i detta kapitel refererade undersökningarna torde lämpligen kunna sammanföras på följande sätt.

I bestånden av *Vaccinium*-typ med fullt utbildat humustäcke (bestånden 3—8) är halten av basiska buffertämnen högre i F- än i H-skiktet, halten är högst i medelålders bestånd med björk och når de lägsta värdena i gamla lavbehängda, oväxtliga bestånd. Halten adsorptivt bunden kalk är större i F- än i H-skiktet och avtar i de utbildade humustäckena på samma sätt som halten av basiska buffertämnen. Den är störst i medelålders bestånd med björk och lägst i de överåriga beståndens humustäcke. Resultaten stämma väl överens med dem, som framgingo ur mina undersökningar, som publicerades i avhandlingen av 1926.

Då de undersökta bestånden kunna betraktas som led i en utvecklinsserie, illustrera de vunna resultatet de förändringar i vissa hänseenden, som humustäcket genomgår under beståndsutvecklingen i den nordiska granskogen eller barrblandskogen. I föregående kapitel framhölls att surhetsgraden är högre i äldre än i yngre och medelålders bestånd. Det torde knappast behöva framhållas att de här funna skillnaderna med avseende på basiska buffertämnen och halt av assimilerbar kalk stå i bästa överensstämmelse med olikheterna i reaktionstal.

Betydelsen av de funna olikheterna mellan yngre och äldre bestånd torde bäst framgå av de olikheter i omsättning, som humustäckena i de olika bestånden visa.

KAP. VII. CELLULOSAN I HUMUSTÄCKET OCH DESS SÖNDERDELNING.

Förnamaterialet är mer eller mindre rikt på cellulosa, i synnerhet är detta fallet med de döda blad och barr, som falla till marken (WAKSMAN 1930 p. 60). I cellväggarna ingår cellulosa som en väsentlig beståndsdel. Men även i själva markförnan, bildad av mossrester, döda rötter etc., finnes cellulosa. Mossornas cellväggar synas alltid innehålla en del cellulosa (CZAPEK 1913). I levande *Sphagnum* fann WAKSMAN (1928, p. 133) ända till 21,1 % cellulosa, förmodligen till avsevärd del inkrusterad med andra ämnen. Dessutom tillföres marken av lignin inkrusterad cellulosa genom kvistar, vedrester etc. Enligt WAKSMANS (1927) undersökningar sönderdelas cellulosa vid fullt lufttillträde ganska snabbt i marken, varvid en del överföres i vatten och kolsyra, medan en annan del användes av de cellulosaförstörande mikroorganismerna för uppbyggande av ny cellsubstans. Då dessa organismer sakna förmåga att upptaga luftens fria kväve, spelar tillgången på kväve i humustäcket en viktig roll för cellulosasönderdelningen.

Det syntes mig vara av ett visst intresse att närmare undersöka, hur cellulosasönderdelningen försiggår i den råhumus, som utmärker den nordiska barrskogen. Det vore kanske en möjlighet att genom att studera denna process erhålla åtminstone ett relativt mått på förmultningshastigheten i humustäcket. För ändamålet användes en metod, som utbildats av CHARPENTIER (1920, 1921) samt av BARTHEL och BENGTESSON (1923) och som visat sig väl användbar vid undersökning av åkerjordar. Metoden består i huvudsak däri, att man i den jord, som skall undersökas, inarbetar ren cellulosa i form av filterpapper, bomull etc. Jorden med cellulosa fuktas och lägges att multna t. ex. i en erlenmeyerkolv, Medelst extraktion med en kopparoxidammoniaklösning, som löser icke inkrusterad cellulosa, vid försökets början och vid

Tab. 15. Humustäckets halt av i kopparoxidammoniak löslig cellulosa.
Gehalt der Humusdecke an in Kupferoxydammoniak löslicher Zellulose.

		% av	% av
		jordens vikt % des Gewichts der Erde	glödförlust % des Glühverlustes
1. Risbrända hygget. Kåtaåsen.....		0,7	1,0
2. 1918 års bränna,		0,9	1,2
3. 1878 » » Storliden.....	{ F-skikt	1,7	2,0
	{ H-skikt	1,3	2,0
4. 1866 » » Brända holmen.....	{ F-skikt	1,7	1,9
	{ H-skikt	1,2	1,9
5. 1853 » » Aggberget.....	{ F-skikt	1,7	1,9
	{ H-skikt	0,9	1,4
6. 1828 » » Högsvaltberget.....	{ F-skikt	1,8	2,3
	{ H-skikt	1,2	2,3
7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet.....	{ F-skikt	1,7	1,8
	{ H-skikt	1,6	2,0
8. » » Storliden.....	{ F-skikt	1,9	2,0
	{ H-skikt	1,2	1,5
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvaltberget.....	{ F-skikt	2,2	2,3
	{ H-skikt	2,1	2,3

dess slut bestämmas mängden av förbrukad cellulosa. Metoden, vilken som nämnt visat sig väl användbar på åkerjord, är ytterst besvärlig när det gäller undersökning av råhumus. Åtskilliga modifikationer ha måst vidtagas, se vidare kap. I sid. 538. Bestämningen av cellulosasönderdelningen i råhumus har därför icke kunnat drivas i någon större omfattning. Vissa resultat ha emellertid vunnits, som synas mig värda att offentliggöras.

I tab. 15 återges de funna värdena på humustäckets cellulosa halt, uträknade dels direkt, dels på glödförlusten, den senare angivande humusens halt av cellulosa. En granskning av tabellen ger vid handen, att cellulosa halten företer mycket små växlingar. Uträknas cellulosa halten direkt, är F-skiktet rikare på cellulosa än H-skiktet, däremot är humusens cellulosa halt i det närmaste densamma i båda skikten (procent av glödförlust). De olikheter, som finnas, ligga inom gränserna för de oundvikliga analysfelen.

Humusen i de undersökta råhumusproven innehåller sålunda omkring 2 % cellulosa, d. v. s. sådan cellulosa, som utan förbehandling löser sig i en kopparoxidammoniaklösning, och denna halt undergår icke någon förändring vid övergång från F- till H-skiktet.

Lägre cellulosa halter visar den humus, som finns på de brända ytorna. Olikheten torde dock vara mera skenbar än verklig, då humusen på de nyligen brända ytorna är rikare på kol än på de äldre ytorna. Kolet, som ingår i glödförlusten, innehåller icke någon cellulosa. Den nybildade humusen kan därför

vara lika cellulosa rik på de brända ytorna som i de medelåldriga bestånden. Det kan vara av intresse att jämföra dessa cellulosa halter med dem, som erhållits i åkerjord. CHARPENTIER (1921) har i en avhandling om stallgödselns inverkan på cellulosa sönderdelning i åkerjord meddelat några siffror, som bidraga till att belysa denna fråga. Hans värden äro, omräknade i procent av organisk substans.

	Procent cellulosa av organisk substans
Lerjord från Ensta.....	1,16 %
» » Experimentalfältet.....	0,16 %
Sandjord.....	1,86 %
Mulljord.....	0,04 %

Den organiska substansen i de undersökta råhumustäckena är sålunda avsevärt rikare på cellulosa än humusen i åkerjorden. WAKSMAN (1928, p. 128) anger betydligt högre cellulosa halter i humus från amerikanska barrskogar och lövblandade barrskogar, men hans analyser avse såväl ren som inkrusterad cellulosa.

Det märkligaste resultatet synes mig vara, att den organiska substansens halt av cellulosa är densamma i F- och H-skikten. Man skulle ha väntat sig en förminskning i H-skiktet, då cellulosa bör vara lätt sönderdelad. Då emellertid samtliga analyser utförts med största omsorg och för de olika humusproven givit sinsemellan överensstämmande resultat, har jag ansett att de böra publiceras. Möjligt är att kopparoxidammoniaken löser ut en del cellulosa, som är bunden av i marken levande organismer och därför icke utsatt för sönderdelning. Vid den kemiska behandlingen dödas dessa organismer och cellulosa utlöses.

Undersökningarna över hur hastigt tillförd cellulosa sönderdelas i marken har i ett par avseenden givit ganska klara resultat (tab. 16). Cellulosa sönderdelningen är svag i humus från de nybrända hyggerna. Då kvävet i dylik humus är lättillgängligt, vilket borde befördra cellulosa sönderdelningen, torde orsaken härtill böra sökas i en mindre rikt utvecklad mikroorganismflora. När beståndet slutit sig och ett normalt humustäcke kommit till utbildning, visar det sig, att cellulosa sönderdelningen genomgående försiggår hastigare i F- än i H-skiktet. Skillnaden är oftast högst betydande. Jag har förut visat (1926), att kvävemobiliseringen genomgående är livligare i förmultnings- än i humusämnesskiktet. I god överensstämmelse härmed står den livligare cellulosa sönderdelningen. Lättillgängligt kväve befördrar de cellulosa sönderdelande mikroorganismernas verksamhet. Även i andra avseenden har F-skiktet visat sig mera aktivt än H-skiktet. ROMELL (1928) fann vid några av honom utförda försök en livligare CO₂-produktion i prov från övre än från undre rå-

Tab. 16. Undersökning av cellulösans sönderdelning i råhumus. De lagrade proven tillsatta med ca 1% kammad, oblekt, tvättad, finpulveriserad bomull.

Untersuchung der Zersetzung der Zellulose im Rohhumus. Den gelagerten Proben ist ca. 1% gekämmter, ungebleichter, gewaschener, feinpulverisierter Baumwolle beigemischt worden.

	Cellulosa beräknad per 10 g torkad jord. Zellulose, berechnet pro 10 g getrockneter Erde.							
	Ur- sprungl.	Efter 1 månad Nach 1 Monat			Efter 2 månader Nach 2 Monater			
		be- funnen gefunden	be- räknad be- rechnet	funnen ge- funden	förbru- kad ver- braucht	be- räknad be- rechnet	funnen ge- funden	förbru- kad ver- braucht
	g	g	g	g	g	g	g	
1. Föryngringsytan. Kätaåsen, Kulbäcksliden.....	F+H-skikt	0,0742	0,1680	0,1608	0,0072	0,1688	0,0844	0,0844
2. 1918 års bränna. Aggberget.....	F+H-skikt	0,0894	0,1825	0,2010	0,0185	0,1755	0,1394	0,0361
3. 1878 års bränna. Storliden, Kulbäcksliden	F-skikt	0,1748	0,2661	0,1808	0,0853	0,2662	0,1710	0,0952
	H-skikt	0,1324	0,2322	0,1664	0,0658	0,2241	0,1376	0,0865
4. 1866. 1866 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden.....	F-skikt	0,1750	0,2675	0,1616	0,1059	0,2623	0,1088	0,1535
	H-skikt	0,1176	0,2073	0,1392	0,0681	0,2105	0,1050	0,1055
5. 1853 års bränna. Aggberget.....	F-skikt	0,1712	0,2628	0,1960	0,0668	0,2607	0,1786	0,0821
	H-skikt	0,0890	0,1754	0,1592	0,0162	0,1803	0,1178	0,0625
6. 1828 års bränna. Högsvarterberget, Svartberget.....	F-skikt	0,1753	0,2748	0,1320	0,1428	0,2737	0,1392	0,1345
	H-skikt	0,1230	0,2116	0,1228	0,0888	0,2283	0,0948	0,1335
7. Gammal granskog. Stortjärnsreservatet, Svartberget.....	F-skikt	0,1698	0,2550	0,1412	0,1138	0,2626	0,1308	0,1318
	H-skikt	0,1610	0,2485	0,1898	0,0587	0,2629	0,1334	0,1295
8. Gammal granskog. Storliden, Kulbäcksliden.....	F-skikt	0,1894	0,2896	0,2448	0,0448	0,2756	0,2126	0,0630
	H-skikt	0,1156	0,2124	0,2120	0,0004	0,2127	0,1638	0,0489
9. <i>Dryopteris</i> -skog. Högsvarterberget, Svartberget.....	F-skikt	0,2152	0,3131	0,1806	0,1325	0,3220	0,1422	0,1798
	H-skikt	0,2068	0,3025	0,2242	0,0783	0,2977	0,1828	0,1149

humustäcket, MELIN (1928, 1934) har dessutom visat att mikroorganismernas aktivitet är livaktigare i F- än i H-skiktet.

Undersöker man närmare cellulosasönderdelningen i humusproven från de olika bestånden, har man svårare att finna någon strängare lagbundenhet. Den svagaste nedbrytningen av cellulosa försiggick i proven från den gamla granskogen å Storliden, men för övrigt är sambandet mellan beståndets beskaffenhet och cellulosasönderdelningen ganska svagt.

Den hittills utförda undersökningen över cellulosasönderdelningen i råhumus, vilket utan tvivel bildar ett mycket viktigt kapitel i råhumustäckets biologi, är sålunda av mera primär natur. Följande resultat synas mig vara förtjänta att framhållas.

1. Råhumus från nordisk barrskog av *Vaccinium*-typ innehåller omkring 2% i kopparoxidammoniak löslig cellulosa. Beräknad på organisk substans är halten densamma i F- och H-skikten.
2. I humus tillförd cellulosa (bomull) sönderdelas hastigare i F- än i H-skiktet.
3. I humus från nyligen bränd mark sönderdelas tillförd cellulosa långsammare än i humus från slutna bestånd.
4. I den undersökta serien av humusprov har intet strängare samband kunnat påvisas mellan humustäckets förmåga att sönderdela tillsatt cellulosa och beståndets beskaffenhet.

KAP. VIII. KVÄVET I HUMUSTÄCKET OCH DESS MOBILISERING.

I. Humustäckets kvävehalt.

Det kväve, som finns i råhumustäcket, torde till väsentlig del härstamma från föran, som alltid är mer eller mindre kvävehaltig. Föranens kväve torde huvudsakligen vara bundet i de proteiner, som bilda resterna av cellernas protoplasma. Huruvida någon assimilation av luftens fria kväve äger rum i råhumustäcket är däremot osäkert. I råhumustäcket har F-skiktet högre kvävehalt (beräknad på organisk substans) än H-skiktet, vilket svårigen låter sig förenas med antagandet av en kväveassimilation under humusbildningsprocessen. Inom de undersökta provytorna och bestånden gestaltar sig humustäckets kvävehalt på följande sätt.

Tabell. 17. Humustäckets kvävehalt på de undersökta provvytorna.
Stickstoffgehalt der Humusdecke auf den untersuchten Probeflächen.

<i>Vaccinium</i> -typ.		Dir.	Omr.
Risbrända ytan. Kåtaåsen.....		0,81	1,27
1918 års bränna. Aggberget.....		1,00	1,38
1878 års bränna. Storliden F.....		1,61	1,89
	H.....	1,03	1,65
1866 » » Brända holmen F.....		2,00	2,21
	H.....	1,17	1,89
1853 » » Aggberget F.....		1,57	1,83
	H.....	1,03	1,81
1828 » » Högsvaltberget F.....		1,44	1,81
	H.....	0,91	1,72
Gammal granskog. Stortjärnsreservatet F..		1,56	1,73
	H..	1,08	1,43
Gammal granskog. Storlidsreservatet F...		1,31	1,38
	H...	0,98	1,38
<i>Dryopteris</i> -typ.			
Björk-tall-granskog. Högsvaltberget F....		1,98	2,16
	H...	1,53	1,88

En granskning av ovanstående siffror ger vid handen att den organiska substans, som finns på det brända hygget eller den nyligen avbrända marken, är fattigt på kväve. Detta är också helt naturligt. Den organiska substansen är bestämd såsom glödförlust och i denna ingå även de finfördelade kolsplittorer som uppstått, när elden gick över marken. Detta kol torde vara fattigt på kväve. Men då marken i båda brännorna innehåller betydande mängder organiskt material (bestämd som glödförlust) är den totala kvävetillgången per ytenhet ganska stor, såsom framgår av tab. 8, sid. 564.

I de bestånd, där ett ordinärt humustäcke kommit till utbildning, är F-skiktets humus rikare på kväve än H-skiktets. Det enda undantaget utgör den gamla granskogen på Storliden, där humustäckets F- och H-skikt ha samma kvävehalt. I viss mån kan man spåra en gång i kvävehalten. I humustäcket på 1878 års bränna uppgår kvävehalten i F-skiktet till 1,89 %, stiger sedan till 2,21 % på 1866 års bränna och sjunker sedan med beståndets tilltagande ålder för att nå de lägsta värdena i den gamla granskogen på Storliden. I det medelåldriga beståndet av *Dryopteris*-typ är humustäckets kvävehalt av samma storleksordning som å Brända holmen.

Huruvida en dylik gång i humustäckets kvävehalt med åldern är en tillfällighet hos denna undersökningsserie eller är uttryck för en viss lagbundenhet, må framtida undersökningar avgöra. En granskning av de analyser, som meddelas i min avhandling av 1926, ger stöd åt den senare uppfattningen,

men observationerna äro för fåtalina och ofta ej samlade så att en direkt jämförelse är möjlig. Det må emellertid påpekas att mellan humustäckets p_H och dess kvävehalt finns en tydlig korrelation; med stigande p_H stiger kvävehalten, ehuru avvikelser från regeln ej äro ovanliga (HESSELMAN 1926, sid. 301—306). Även i denna undersökningsserie finns ett samband mellan p_H och kvävehalt i F-skiktet. F-skikt med högre p_H ha högre kvävehalt än F-skikt med lägre p_H .

2. Humuskvävets mobilisering.

För växterna är det av avgörande betydelse, hur det i marken bundna kvävet göres tillgängligt. När det gäller växter, som hämta sin näring ur ett råhumustäcke, är detta ett synnerligen komplicerat problem. Det egendomliga samliv, som äger rum mellan de högre växternas rötter och markens svampflora och som resulterar i mykorrhizor eller svamprötter av olika konstitution, gör att upptagandet av näringen ur råhumustäcket kan gestalta sig på ett annat sätt än hos andra växter. Det är både möjligt och sannolikt att växter med mykorrhiza kunna tillgodogöra sig kväve i en form, som för andra växter är otillgängligt eller mycket svårtillgängligt. Emellertid har det visat sig av experiment (HESSELMAN 1927, GAST 1937), att det finnes ett samband mellan kvävemobiliseringen i form av ammoniak och salpeter i råhumus och tallplantans utveckling. Kväve, som tillföres i form av ammoniumnitrat, upptages också med lätthet av tallen (jfr t. ex. GAST och där anförd litteratur). Kvävets tillgänglighet för tall och gran i råhumustäckena inom de olika provytorna har därför studerats genom att undersöka bildningen av ammoniak och nitrat. Härvid ha tre metoder använts.

1. Lagringsprov i erlenmeyerkolvar, varvid bildningen av ammoniak och nitrat studerats i råhumus dels direkt utan tillsats, dels efter tillsats av kalk och infektion med salpeterbildande jord.
2. Lagringsprov i erlenmeyerkolvar med och utan den i råhumus förekommande lumbriciden *Dendrobaena octaedra*.
3. Uppdragning av tall- och granplantor i krukor med en blandning av sand och råhumus.

a. Kvävemobilisering i lagringsprov med eller utan kalk och infektionsjord.

Vid mina första undersökningar över råhumustäckets beskaffenhet i våra skogar fann jag avsevärda skillnader mellan äldre och yngre bestånd i avseende på den lätthet, varmed kvävet i humustäcket kunde överföras till ammoniak eller salpeter. Kvävet var över huvud taget mera lätttröligt i de yngre än i de äldre beståndens humus. För att illustrera detta återges ur avhandlingen av 1926 några resultat i tabell 18 och figurerna 14—17.

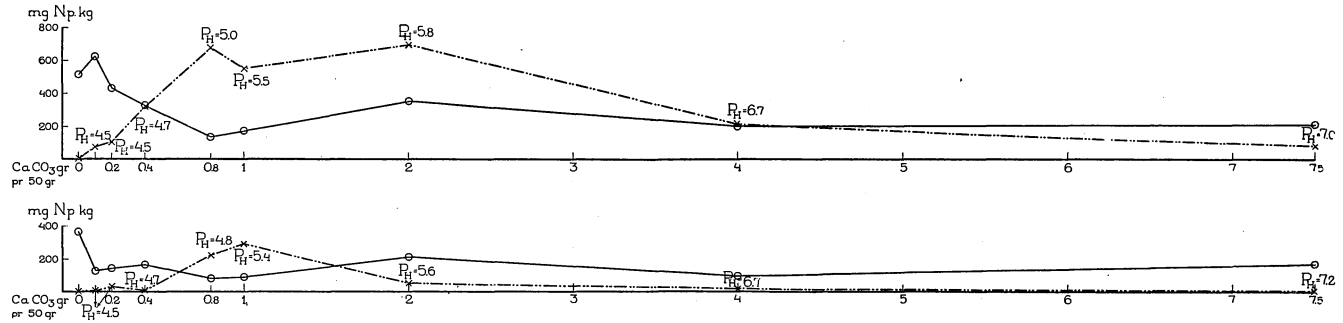


Fig. 14. Inverkan av CaCO₃ och infektion med nitrificerande jord på kvävemobiliseringen i råhumus från gammal, lavbehängd granskog av *Vaccinium*-typ. Kulbäcksliden. Gamla försöksfältet vid Degerö stormyr (se HESSELMAN, 1926, sid. 350 och tab. 18, prov 2). Övre figuren F-skikt, nedre H-skikt. o—o Am-N, x—...—x S—N-inf.

Einwirkung von CaCO₃ und Infektion mit nitrifizierender Erde auf Stickstoffmobilisierung im Rohhumus aus einem alten, mit Flechten überwucherten Fichtenbestand vom *Vaccinium*-Typ. Kulbäcksliden. Altes Versuchsfeld bei Degerö stormyr. (S. HESSELMAN 1926, S. 350 und Tab. 18, Probe 2.) Obere Figur F-Schicht, untere H-Schicht.

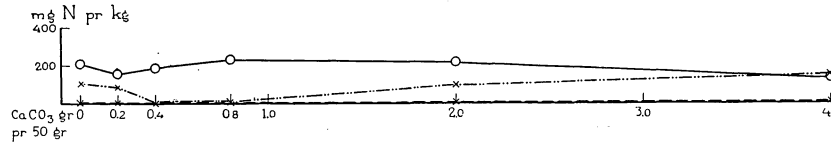


Fig. 15. Inverkan av CaCO₃ och infektion med nitrificerande jord på råhumus från gamla granskogen å Storliden. Kulbäcksliden. (Se HESSELMAN, 1926 sid. 351 och tab. 18 humusprov 3.) o—o Am-N, x—...—x S-N, x—...—x S-N-inf.

Einwirkung von CaCO₃ und Infektion mit nitrifizierender Erde auf Rohhumus aus einem Fichtenaltbestand in Storliden. Kulbäcksliden. (S. HESSELMAN 1926, S. 351 und Tab. 18, Humusprobe 3.)

Tab. 18. Försök över inverkan av CaCO₃ och infektionsjord på kvävemobiliseringen i humusprov från äldre och yngre granbestånd av *Vaccinium*-typ å Kulbäcksliden (Hesselman 1926, sid. 355—356).

Versuch über die Einwirkung von CaCO₃ und Infektionserde auf die Stickstoffmobilisierung in Humusproben aus älteren und jüngeren Beständen von *Vaccinium*-Typ. Kulbäcksliden (HESSSELMAN. 1926, s. 355—356.)

		Gram CaCO ₃ pr 50 gram prov								
		0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,0	2,0	4,0	7,5
Humusprov 2										
F-siktet										
P _H ¹	efter 2 dagar.....	3,9	3,7	4,1	4,5	4,8	5,1	6,6	7,4	7,6
P _H	» 3 månader.....	4,0	4,2	4,4	4,4	4,7	5,1	6,0	7,3	7,6
P _H inf.	» 3 » ».....	4,6	4,5	4,5	4,7	5,0	5,5	5,8	6,7	7,0
Am-N dir.	» 3 » mg/kg.....	514,1	625,3	430,6	342,4	138,2	173,9	354,7	203,4	209,8
» omr.	» 3 » ».....	590,2	717,9	494,4	372,4	158,7	199,7	402,2	233,5	240,9
S-N dir.	» 3 » ».....	spår	1,4	1,7	1,8	1,6	1,8	2,4	5,4	4,8
» omr.	» 3 » ».....	spår	1,6	2,0	2,1	1,8	2,1	2,8	6,2	5,5
S-N inf. dir.	» 3 » ».....	5,4	75,3	108,5	322,0	679,0	556,5	700,0	214,2	85,4
» » omr.	» 3 » ».....	6,2	86,5	124,6	369,7	779,6	638,9	803,7	245,9	98,0
Inf. jord:										
S-N dir.	efter 3 månader mg/kg.....	377,5	384,4	403,2	409,4	312,6	405,0	420,0	418,3	506,3
H-skiktet										
P _H	efter 2 dagar.....	4,0	4,0	4,2	4,5	5,0	5,3	6,9	7,6	7,6
P _H	efter 3 månader.....	3,9	3,9	4,1	4,3	4,8	5,1	5,9	7,5	7,7
P _H inf.	» 3 ».....	4,4	4,5	4,5	4,7	4,8	5,4	5,6	6,7	7,2
Am-N dir.	» 3 » mg/kg.....	368,3	131,6	95,0	158,4	87,7	94,5	261,4	97,7	168,2
» omr.	» 3 » ».....	468,9	167,5	120,9	201,7	111,6	120,3	332,8	124,4	214,1
S-N dir.	» 3 » ».....	spår	1,2	1,2	1,2	0,8	0,6	2,5	3,5	3,5
» omr.	» 3 » ».....	spår	1,5	1,5	1,5	1,0	0,8	3,2	4,5	4,5
S-N inf. dir.	» 3 » ».....	1,6	13,2	22,2	18,2	226,3	291,0	53,4	13,8	5,5
» » omr.	» 3 » ».....	2,0	16,8	28,3	23,2	288,1	370,5	68,0	17,6	7,0
Inf. jord:										
S-N dir.	efter 3 månader mg/kg.....	377,5	384,4	403,2	409,4	312,6	405,0	420,0	481,3	506,3
Humusprov 3										
P _H	efter 2 dagar.....	4,2	—	4,3	4,5	5,2	—	7,3	7,8	—
P _H	» 3 månader.....	3,7	—	3,7	4,3	4,4	—	6,2	6,8	—

Am-N dir.	» 3 »	mg/kg.....	208,7	—	156,6	186,3	231,0	—	216,3	134,1	—
» omr.	» 3 »	» ».....	533,0	—	400,0	475,9	590,0	—	552,5	342,5	—
S-N dir.	» 3 »	» ».....	0,6	—	0,6	1,4	1,1	—	2,8	5,6	—
» omr.	» 3 »	» ».....	1,5	—	1,5	3,6	2,8	—	7,2	14,3	—
S-N inf. dir.	» 3 »	» ».....	106,4	—	84,0	1,7	2,0	—	89,6	145,6	—
» » omr.	» 3 »	» ».....	271,8	—	214,6	4,3	5,1	—	228,9	371,9	—
Inf. jord:											
S-N dir.	efter 3 månader mg/kg.....		1 170,0	—	1 050,0	1 800,0	1 320,0	—	1 560,2	—	—
Humusprov 4											
P _H	efter 2 dagar.....		5,1	—	5,7	—	7,3	—	7,8	—	—
P _H	» 3 månader.....		6,0	—	6,1	—	6,6	—	6,3	—	—
Am-N dir.	» 3 »	» ».....	3 222,0	—	2 521,0	—	2 080,0	—	138,2	—	—
» omr.	» 3 »	» ».....	5 449,0	—	4 263,5	—	3 517,7	—	233,7	—	—
S-N dir.	» 3 »	» ».....	12,5	—	22,4	—	264,0	—	1 387,0	—	—
» omr.	» 3 »	» ».....	21,1	—	37,9	—	446,5	—	2 345,7	—	—
S-N inf. dir.	» 3 »	» ».....	1 008,0	—	1 320,0	—	2 160,0	—	2 160,0	—	—
» » omr.	» 3 »	» ».....	1 704,7	—	2 232,4	—	3 653,0	—	3 653,0	—	—
Inf. jord											
S-N dir.	efter 3 månader mg/kg.....		672,0	—	624,0	—	735,0	—	864,9	—	—
Humusprov 5											
P _H	efter 2 dagar.....		5,1	—	5,3	6,1	6,9	—	7,4	7,8	—
P _H	» 3 månader.....		5,3	—	5,1	5,5	6,0	—	6,5	7,3	—
Am-N dir.	» 3 »	mg/kg.....	1 039,0	—	633,1	495,5	103,3	—	109,8	89,3	—
» omr.	» 3 »	» ».....	1 585,0	—	966,0	756,0	157,6	—	167,5	136,3	—
S-N dir.	» 3 »	» ».....	79,2	—	348,0	408,0	840,0	—	1 008,0	1 200,0	—
» omr.	» 3 »	» ».....	120,8	—	531,0	622,5	1 281,7	—	1 538,0	1 830,9	—
S-N inf. dir.	» 3 »	» ».....	1 176,0	—	1 056,0	1 140,0	1 230,0	—	1 470,0	3 360,0	—
» » omr.	» 3 »	» ».....	1 794,3	—	1 611,2	1 739,4	1 876,7	—	2 242,9	5 126,9	—
Inf. jord:											
S-N dir.	efter 3 månader mg/kg.....		1 170,0	—	1 050,0	1 800,0	1 320,0	—	1 560,0	—	—

Humusprov 2 från gammal, lavbehängd granskog å mark bränd 1694, humusprov 3 från provyta 8, Storliden, humusprov 4 från 1866 års bränna, Brända holmen, största björkinblandning, humusprov 5 från samma bränna, svag björkinblandning.

Humusprobe 2 aus mit Flechten überzogenen Fichtenaltbestand auf Brandfläche 1694; Humusprobe 3 von Probefläche 8, Storliden; Humusprobe 4 von der Brandfläche aus dem Jahre 1866, Brända holmen, starke Beimischung von Birke; Humusprobe 5 von derselben Brandfläche, schwache Beimischung von Birke.

¹ P_H bestämd på extrakt, vätgaselektrod.

I de gamla lavbehängda granskogarna av *Vaccinium*-typ utmärkes humustäcket av svag ammoniakbildning. Tillsättning av CaCO_3 , varigenom reaktionstalet höjes, förmår ej åstadkomma nitrifikation. Ingen eller svag nitrifikation framkallas av inblandning med salpeterbildande jord. Härför fordras såväl kalkning som infektion med nitrificerande jord. Effekten kan även

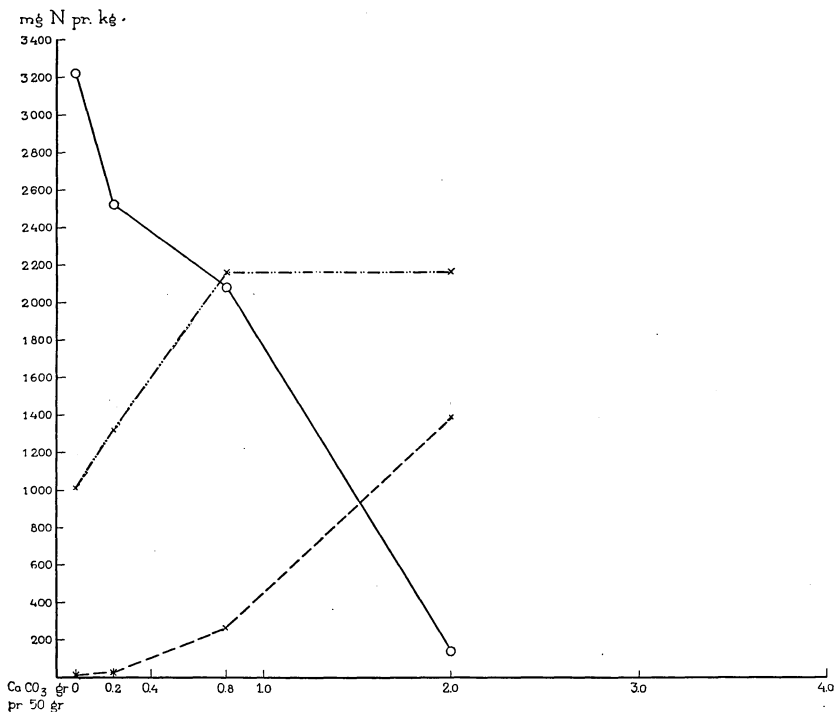


Fig. 16. Inverkan av CaCO_3 och infektion med nitrificerande jord å råhumus från 1866 års bränna. Brända holmen i Degerö stormyr. Kulbäcksliden. Riklig björkinblandning. Provyta 4 (se HESSELMAN 1936, sid. 352 och tab. 18 humusprov 4) o—o Am-N, × ——— × S-N, × —·— × S-Nnif. Einwirkung von CaCO_3 und Infektion mit nitrifizierender Erde auf Rohhumus von einer Brandfläche aus dem Jahre 1866. Brända holmen in Degerö stormyr. Kulbäcksliden. Reichliche Beimischung von Birke. Probestfläche. 4. (S. HESSELMAN 1926, S. 352 und Tab. 18, Humusprobe 4.)

under sådana omständigheter vara ganska obetydlig och avsevärt mindre än vad som ernås med enbart kalk eller enbart infektion i ett humustäcke från yngre bestånd. Förhållandet belyses väl av ett ganska stort antal undersökningar av humustäcket från äldre och yngre bestånd å Kulbäcksliden och dess omgivning, publicerade i avhandlingen av 1926. I yngre bestånd med inblandning av björk eller asp är det ofta nog att tillsätta kalk för att framkalla en livlig nitrifikation, i äldre bestånd har en sådan åtgärd i detta avseende ingen effekt.

Skillnaden mellan humustäcket i yngre och äldre bestånd belyses ytterligare av de analyser, som sammanställts i tab. 19. Humustäcket i den gamla granskogen på Stortjärnsreservatet skiljer sig tydligt med hänsyn till kvävet mobiliseringsmöjligheter från humustäcket i 1928 års bränna. Ammoniakbildningen är i prov med kalk svagare i det gamla råhumustäcket än i det yngre

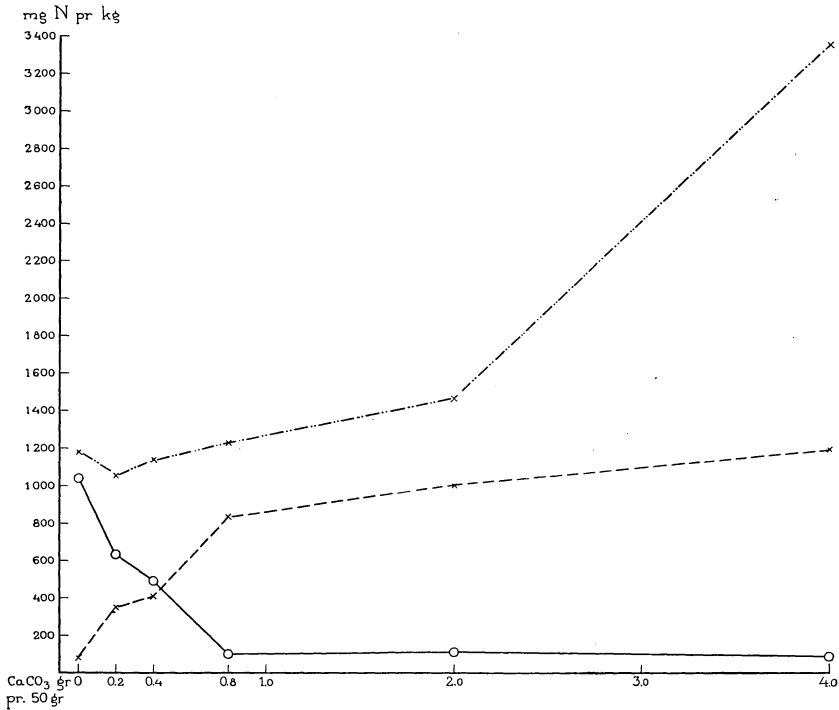


Fig. 17. Inverkan av CaCO_3 och infektion med nitrificerande jord på råhumus från 1866 års bränna å Brända holmen i Degerö stormyr, Kulbäcksliden, svag björkinblandning. Provyta 4 (se HESSELMAN 1926, sid. 353 och tab. 18 humusprov 5). o—o Am-N, × — — × S-N, × — · — · × S-N-inf.

Einwirkung von CaCO_3 und Infektion mit nitrifizierender Erde auf Rohhumus von einer Brandfläche aus dem Jahre 1866 auf Brända holmen in Degerö stormyr, Kulbäcksliden, Schwache Beimischung von Birke, Probestfläche 4. (S. HESSELMAN 1926, S. 353 und Tab. 18. Humusprobe 5)

enbart kalkning har ingen eller svag effekt på nitrifikation. Kalkning i förening med nitrifikation har en avsevärt mindre inverkan på det gamla än på det yngre humustäcket. I det medelåldriga beståndet av *Dryopteris*-typ, där björklövet spelar en stor roll i humusbildningen, är kvävet relativt lättörsligt. Ammoniakbildningen är särdeles livlig. Livlig nitrifikation framkallas av enbart kalkning, ännu större effekt har kalkning i förening med infektion. I proven framträder i regel en skillnad mellan F- och H-skikten, kvävet i F-skiktet är mera lättörsligt än i H-skiktet. Ett undantag utgör dock humustäcket i

Tab. 19. Undersökning av kvävemobiliseringen och
Untersuchung der Stickstoffmobilisierung und deren

	Skikt Schicht	Glöd- förlust Glühverlust	Ca O _{ass} %		N tot. %	
			dir.	omr.	dir.	omr.
6. 1828 års bränna, Högsvartberget....	F	69,4	0,74	1,07	1,15	1,66
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
S-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						
	H	59,2	0,39	0,66	0,65	1,10
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
S-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						
7. Gammal granskog, Stortjärnsreservatet	F	93,3	0,54	0,58	1,31	1,40
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
S-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						
	H	84,8	0,53	0,63	1,18	1,39
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » »						
S-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						
9. <i>Dryopteris</i> -skog, Högsvartberget....	F	90,0	1,33	1,48	1,70	1,89
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
S-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						
	H	48,9	0,53	1,08	1,07	2,19
PH efter 2 dagar.....						
» » 3 månader.....						
Am-N, dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
S-N dir. efter 3 månader.....						
» » omr. » 3 »						
l. efter 3 månader.....						

l = metmaskar (*lumbricider*).

OM HUMUSTÄCKETS BEROENDE AV BESTÄNDETS ÄLDER 595

dess beroende av CaCO₃ och infektion.
 Abhängigkeit von CaCO₃ und Infektion.

Ca CO ₃ per 50 gr jord					Ca CO ₃ per 50 gr inf. jord				
0,0	0,4	0,8	1,0	2,0	0,0	0,4	0,8	1,0	2,0
4,8	5,5	6,2	6,1	6,4	4,8	5,6	6,1	6,1	6,4
4,9	5,7	6,1	6,4	6,3	4,4	4,4	5,1	5,3	5,9
566	959	727	778	614	—	—	—	—	—
815	I 382	I 048	I 121	885	—	—	—	—	—
0	0	73	31	146	622	I 093	I 118	I 096	I 056
0	0	105	44	210	—	—	—	—	—
0	6	5	3	5	5	4	I	6	2
4,3	5,9	6,3	6,6	6,6	4,3	5,7	6,3	6,4	6,8
4,9	5,7	5,8	6,2	6,6	4,5	4,7	5,6	6,0	6,1
556	362	102	306	232	—	—	—	—	—
939	611	172	516	392	—	—	—	—	—
5	8	320	252	I 152	154	237	566	770	627
8	14	241	595	I 946	—	—	—	—	—
3	3	I	5	0	3	I	I	3	4
4,1	4,8	5,5	5,6	6,5	4,2	4,8	5,5	5,6	6,2
4,2	4,3	5,0	5,3	5,5	4,3	4,5	4,4	4,7	5,9
873	524	418	524	543	—	—	—	—	—
936	562	448	562	582	—	—	—	—	—
0	0	0	108	0	3	117	718	I 023	798
0	0	0	116	0	—	—	—	—	—
I	0	I	3	0	I	3	3	I	I
3,9	4,3	5,1	5,5	6,0	4,0	4,7	5,3	5,5	6,3
4,2	4,5	5,1	5,0	5,4	4,2	4,3	4,3	4,7	5,5
890	528	275	264	285	—	—	—	—	—
I 049	623	324	311	336	—	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0	156	374	605	538
0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
I	I	0	0	I	0	2	0	0	0
6,5	6,4	6,6	6,8	6,8	6,0	6,7	6,6	6,5	6,8
6,0	6,1	6,2	6,3	6,0	4,7	4,5	5,0	5,4	6,0
I 508	I 393	I 016	920	273	—	—	—	—	—
I 675	I 548	I 129	I 022	304	—	—	—	—	—
64	192	288	384	I 152	I 357	I 500	I 974	I 277	I 434
71	213	320	427	I 280	—	—	—	—	—
I	2	I	I	I	2	5	2	2	0
4,5	5,3	6,0	6,1	6,6	4,5	5,2	6,1	6,4	6,6
4,9	5,4	5,8	6,0	6,4	4,5	4,5	4,5	4,9	5,9
I 060	720	643	644	709	—	—	—	—	—
2 I 67	I 473	I 315	I 316	I 450	—	—	—	—	—
0	0	12	41	34	237	644	916	793	618
0	0	25	83	69	—	—	—	—	—
2	0	4	4	2	I	2	2	3	2

Tab. 20. Undersökningar över metmaskars (*Dendrobena*)
 Untersuchung über die Einwirkung der Regenwürmer (*Dendrobena*)

	Provets ursprungliga beskaffenhet Ursprüngliche Beschaffenheit der Probe						Två månader utan Zwei Monate ohne				
	pH	Glöd- förlust Glih- verl.ust	NH ₃ -N mg/kg		NO ₃ -N mg/kg		pH	l	NH ₃ -N mg/kg		
			dir.	omr.	dir.	omr.			dir.	omr.	m
3. 1878 års bränna. Storliden	4,4	80,8	47	58	9	11	4,8	I	221	274	251
							4,8	I	185	229	
4. 1866 års bränna. Brända holmen	4,8	86,8	47	55	0	0	5,5	4	I 774	2 044	I 988
							5,4	I	I 695	I 953	
5. 1853 års bränna. Aggberget	4,2	79,7	37	47	14	18	4,6	I	472	593	484
							4,5	O	297	373	
6. 1828 års bränna. Högsvar- berget	4,3	84,9	13	16	2	3	4,3	I	25	30	19
							4,3	O	7	8	
7. Stortjärnsreservatet. Svartberget	4,0	93	36	39	3	3,5	4,3	O	62	66	101
							4,3	I	129	136	
8. Storlidsreservatet. Kul- bäcksliden	3,9	88,9	14	16	0	0	3,9	O	0	0	7,5
							3,9	O	14	15	
9. <i>Dryopteris</i> -skog. Högsvar- berget	4,6	87,8	31	35	9	10	4,9	O	703	801	826
							4,8	I	748	852	

l = metmaskar (*lumbricider*), m = medeltal av dubbelprov.

† Ammoniak och nitratkväve bestämt enligt Carsten Olsens metod.

brännan från 1828, vars H-skikt vid kalkning visar livligare nitrifikation än F-skiktet. Sammanfattar man emellertid resultaten av ammoniak- och nitratbildning under inflytande av enbart kalkning och kalkning med nitrificerande jord visar sig här samma resultat som i de tidigare försöken. I de yngre bestånden, framförallt i sådana med löv, är humustäckets kväve mera lättrörligt och överföres lättare i salpeter än i äldre bestånd. Liknande skillnader finnas mellan F- och H-skikten.

b. Kvävemobilisering i lagringsprov under inverkan av metmaskar (*Dendrobæna octaedra*).

I naturen förekommer varken kalkning eller infektion med nitrificerande jord. Dessa laboratorieingrepp kunna därför anses mindre naturliga, de ge dock vissa upplysningar om humustäckenas natur. De olika sätt, varpå de reagera mot dessa ingrepp, måste dock bottna i olika egenskaper hos de samma. Jag har emellertid försökt pröva en annan metod för att belysa olikheterna i humustäckena. I humustäcket i den norrländska granskogen eller barrblandskogen förekommer ofta en liten lumbricid eller metmask,

octaedra) inverkan på humuskvävet mobilisering.¹

octaedra) auf die Mobilisierung des Humusstickstoffes.

maskinfektion Regenwürmer			Två månader med 10 maskar Zwei Monate mit 10 Regenwürmern									Ökning i N-mobilisering Zunahme der N-Mobilisierung	
NO ₃ -N mg/kg			p _H	l	NH ₃ -N mg/kg			NO ₃ -N mg/kg			NH ₃ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	
dir.	omr.	m			dir.	omr.	m	dir.	omr.	m			
0	0		5,1	14	957	1 185		7	8				
7	8	4	5,2	9	992	1 228	1 206	23	28	18	955	11,5	
25	29		5,5	12	2 287	2 636		50	57				
23	26	27,5	5,6	10	2 394	2 759	2 697	37	42	48	709	20	
24	30		5,0	8	1 055	1 324		16	21				
23	29	29,5	4,8	1	976	1 225	1 274	26	32	26,3	790	— 3	
7	8		4,6	8	345	406		7	9				
7	8	8	4,5	6	382	450	428	20	23	16	409	8	
0	0		4,5	10	615	657		12	13				
7	7,8	3,9	4,5	8	489	522	589	15	16	14,5	488	10,6	
3	4		4,1	6	239	269		3	4				
7	8	6	4,0	6	261	294	281,5	34	38	21	284	15,0	
25	29		5,0	8	1 440	1 641		32	37				
30	34	31	5,2	4	1 564	1 782	1 711	16	18	22,5	885	— 8,5	

Dendrobaena octaedra, även andra arter ha påträffats på Kulbäcksliden-Svartberget såsom *Dendrobaena subrubicunda* och en *Lumbricus*-art, allt enligt bestämmingar av dr BERLIN. I synnerhet har jag funnit dem ganska mycket under milda, fuktiga höstar. Vanligast äro de i humustäcken med löv. Maskarna, huvudsakligen *Dendrobaena octaedra*, ha också stundom uppträtt i lagringskolvarna, där de kunna tänkas ha påverkat omsättningen. De ha medföljt jordproven antingen i form av ägg eller små individ, som vid fyllandet av kolvarna undgått uppmärksamheten. Dels för att undersöka maskarnas betydelse över huvud för kvävemobiliseringen, dels olika humustäckens förhållande gent emot maskarna anordnades en serie försök. Dessa utfördes som lagringsprov, varvid proven i den ena serien försattes med tio maskar, medan den andra serien renplockades från maskar. Försökstiden omfattade två månader, varvid p_H, ammoniak- och salpeterkväve bestämdes vid försökets början och dess slut. Vid försökets slut räknades maskarna i de olika kolvarna. Det visade sig då att maskar uppenbarade sig även i sådana kolvar, där proven renplockats. De ha då inkommit som ägg eller småindivid, som undgått uppmärksamheten. Resultaten äro nerlagda i tab. 20 och kunna sammanfattas på följande sätt.

1. I samtliga prov har maskarnas verksamhet medfört en förskjutning i p_H mot det alkaliska hållet. Förskjutningen kan uppgå till 0,4 p_H -enheter.
2. I samtliga prov har maskarnas verksamhet medfört en kraftig stegring i kvävemobiliseringen i form av ammoniak.
3. Denna ökning i kvävemobiliseringen är vida större i humus från yngre än från äldre bestånd. I de äldre bestånden uppgår ökningen till c:a 280—490 mg per kg, i de yngre till 710—960 mg per kg.
4. Mycket stora skillnader finnas mellan humustäckena i intill varandra belägna yngre och äldre bestånd såsom mellan 1878 års bränna och Storlidsreservatet. I den förra uppgick ökningen till c:a 960, i den senare till 280 mg per kg.

Av undersökningen framgår sålunda icke blott vad som förut framhållits, nämligen att kvävemobiliseringen är livligare i humus från yngre än från äldre bestånd utan också att sådana maskar, som ofta uppträda i granskogens råhumustäcke, kraftigare påverka kvävemobiliseringen i de yngre än i de äldre beståndens humustäcke. Även om maskarna i försöken uppträtt i större antal per viktsenhet jord än vad som torde vara vanligt i naturen, visa dock dessa undersökningar att mellan humustäckena i yngre och äldre bestånd finnas viktiga och fundamentala skillnader. Materialet i de yngre humustäckena bearbetas av maskarna lättare och kraftigare än i de äldre. För omsättningen i naturen måste dessa skillnader spela en viktig roll.

Maskarna uppehålla sig gärna i humustäcken med björklöv, möjligen utgör det multnande lövet för dem en lämplig näring. Av intresse är då att den kraftigaste kvävemobiliseringen iakttages i humus med björkblad, proven 2—5, och att bland de gamla humustäckena det från Stortjärnsreservatet visar livligare kvävemobilisering än de båda övriga. I Stortjärnsreservatet ingår mer björk än i bestånden på Storliden och 1828 års bränna.

Lagringsproven ha sålunda gett samstämmiga resultat, vilka kunna sammanfattas på följande sätt.

I humustäcket i yngre bestånd är ammoniakbildningen hos lagringsprov livligare än i humus från äldre bestånd. I de yngre humustäckena kan enbart kalkning eller infektion med salpeterbildande jord framkalla en livlig nitrifikation. I äldre humustäcken fordras härför såväl kalkning som infektion. Effekten blir även under sådana förhållanden ofta ganska svag.

I råhumustäcket levande maskar åstadkomma en ökad mobilisering av humuskvävet. Denna ökning är vida livligare i yngre än i äldre beståndens humustäcken.

3. Uppdragning av tall- och granplantor i en blandning av sand och råhumus.

För att närmare undersöka den betydelse, som kvävemobiliseringen i humustäcket kan ha för tall- och granplantans första utveckling, anställde jag för flera år sedan en serie försök. Tall- eller granplantor uppdrogos i krukor, innehållande en blandning av $\frac{1}{3}$ vol. humus och $\frac{2}{3}$ vol. sand. De första försöken, som publicerades i Meddelanden 1927, avsågo att söka utreda inverkan på plantutvecklingen av den omvandling, som råhumustäcket genomgår på ett kalhygge. Resultaten blevo i flera avseenden betydande. Emellan tallens skottlängd och kvävemobiliseringen i jorden, bedömd genom lagring av blandningen sand-humus, var sambandet tydligt och starkt. De plantor, som uppdrogos i en blandning av sand och humus från ett hygge med spridda hallon- och *Chamaenerium*-plantor, blevo vida kraftigare än de som uppdrogos i en blandning av sand och råhumus från en gammal lavbehängd granskog på samma slags mark som hygget och i omedelbar närhet av detta. I en blandning av sand och humus, taget under björk och gran i en fjällgranskog, blevo granplantorna vida kraftigare än i en blandning av sand och humus under bredvidstående gran, men utan björkbladsinblandning. En vattning med en svag ammoniumnitratlösning ökade plantornas skottlängd, ehuru skillnaderna mellan de olika krukorna ej upphävdes genom de använda koncentrationerna. Det kan sålunda ej råda något tvivel om att kvävemobiliseringen i de olika krukorna spelade en mycket viktig roll för plantutvecklingen, även om andra faktorer kunna ha medverkat. Dessa äro med all sannolikhet att söka i samlivet mellan rötterna och humusens svampflora, som gestaltar sig olika i olika humusformer.

Mot dessa försök kan anmärkas att de ej fullt motsvara de naturliga förhållandena. Genom humusens inblandning i sand skapas omsättningsbetingelser, som ej ha sin fulla motsvarighet i naturen. De skillnader mellan olika humustäcken, som framkommo i försöken, måste dock bero på olika egenskaper hos de olika humustäckena. Lagringsproven med humus utan sand gåvo med hänsyn till kvävemobiliseringen resultat överensstämmande med sand-humusblandningarna. Försöken belysa sålunda de relativa skillnaderna mellan de olika humusformerna. Allt talar för att dessa ha sina motsvarigheter hos humustäckena i deras naturliga miljö. Genom sandinblandning upphäves i väsentlig mån de fysikaliska skillnaderna mellan humustäckena. De biokemiska, yttrande sig i den olika hastighet, varmed kvävet mobiliseras, kunna därför mera ostört komma till uttryck.

De relaterade försöken avsågo huvudsakligen att utreda skillnaden mellan det nitrificerande humustäcket på ett hygge med den oomvandlade råhumu-

sen i ett gammalt granbestånd. Kunde man påvisa liknande samband mellan kvävemobilisering och plantutveckling hos humustäcken i bestånd av samma typ och på samma slags mark, men av olika ålder, skulle en del frågor rörande beståndens föryngringsvillkor kunna belysas. Denna fråga har behandlats dels genom ett mindre omfattande ett-årigt försök, dels i en försöksserie, som varade två år och omfattade humusprov från flertalet av de bestånd, som ingå i denna undersökning.

I den första kortvariga försöksserien ingå humusprov från

1. 1866 års bränna. Brända holmen. Degerö stormyr.

2. Gammal granskog på Storliden, Kulbäcksliden.

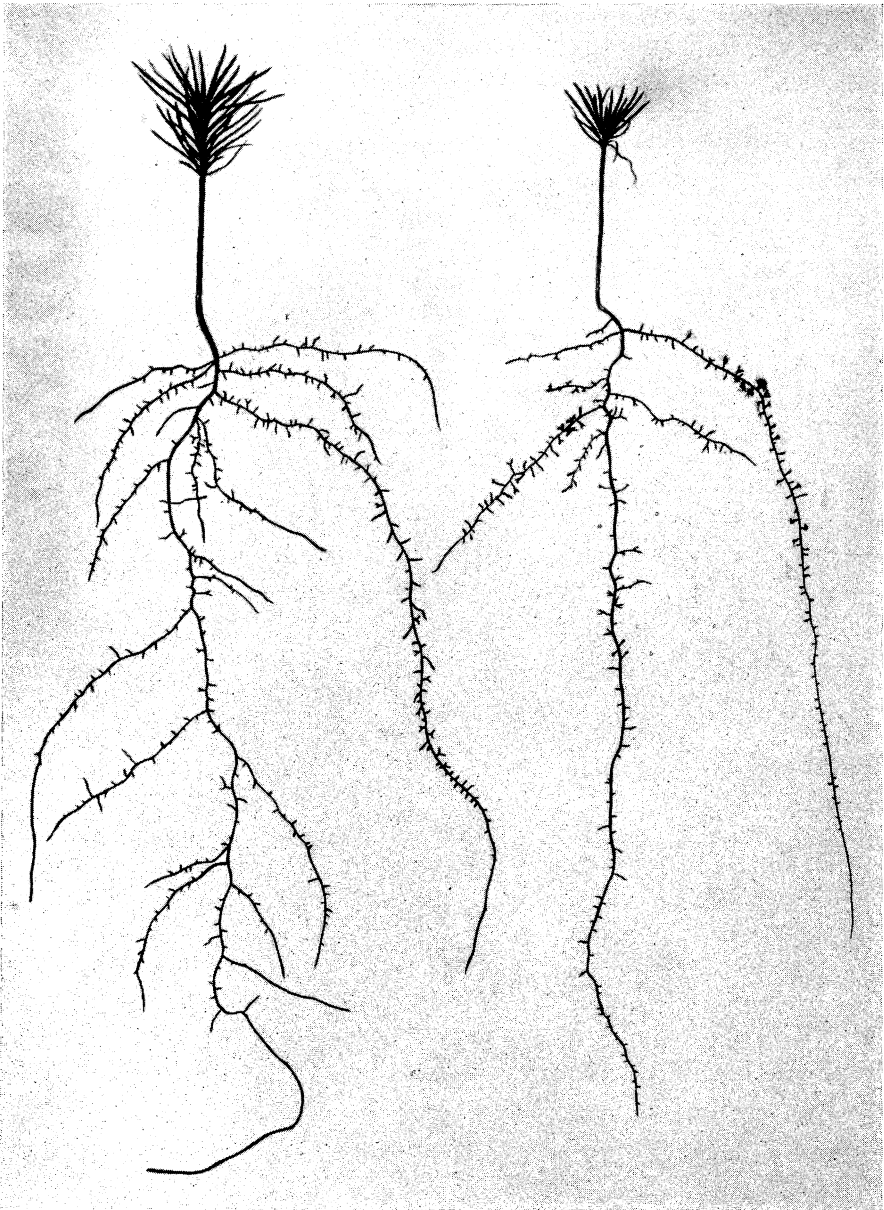
De olikheter, som finnas i humustäckena i dessa bestånd, belysas väl av de å sid 590 och i tab. 18 meddelade undersökningarna. Kvävemobiliseringen är vida livligare i humustäcket på Brända holmen än i gamla granskogen på Storliden. Plantutvecklingen i sand-humus kulturer med humus från dessa platser ha ingående undersökts och analyserats av GAST i hans avhandling i förra häftet av anstaltens meddelanden.

De av mig anordnade försöken omfattade, vad tall beträffar, fem krukor av varje jordslag, i avseende på gran fem krukor med god, fyra med dålig råhumus. I varje kruka funnos i regel sex plantor, en kruka med tall innehöll 7, en med gran 5 plantor. Resultaten av försöken framgå av nedanstående tabell.

Tab. 21. Tall- och granplantor uppdragna i blandning av sand och humus sommaren 1930.

	Tall	Gran
	Friskvikt	Friskvikt
	mg.	mg.
1865 års bränna. Brända holmen.....	112	26
Storlidsreservatet.....	35	19

Såväl tall- som granplantorna voro vida kraftigare i försöken med råhumus från Brända holmen än från den gamla granskogen å Storliden, fig. 18 och 19. Skillnaderna äro högst betydande, vilket väl stämmer med de resultat, som GAST meddelat i sin avhandling 1937. Hos både tallen och granen äro såväl de ovanjordiska skotten med barren som rotsystemet kraftigare hos plantorna i råhumus från Brända holmen än från Storliden. Även mykorrhizorna äro bättre utvecklade. I råhumus från Storliden får tallen rikliga pseudomykorrhizor, granens rotsystem synes även hindrat i sin utveckling av mer eller mindre parasitiska svampangrepp, i råhumus från Brända holmen äro däremot sugrötterna hos såväl tall som granplantor väl utvecklade med goda mykorrhizor. Resultatet överensstämmer med försöken med tallplantorna i sand-humuskulturen med humus från hygge och från gammal granskog, i hyggeshumus dominerade A-mykorrhizorna, i humus från gammal granskog



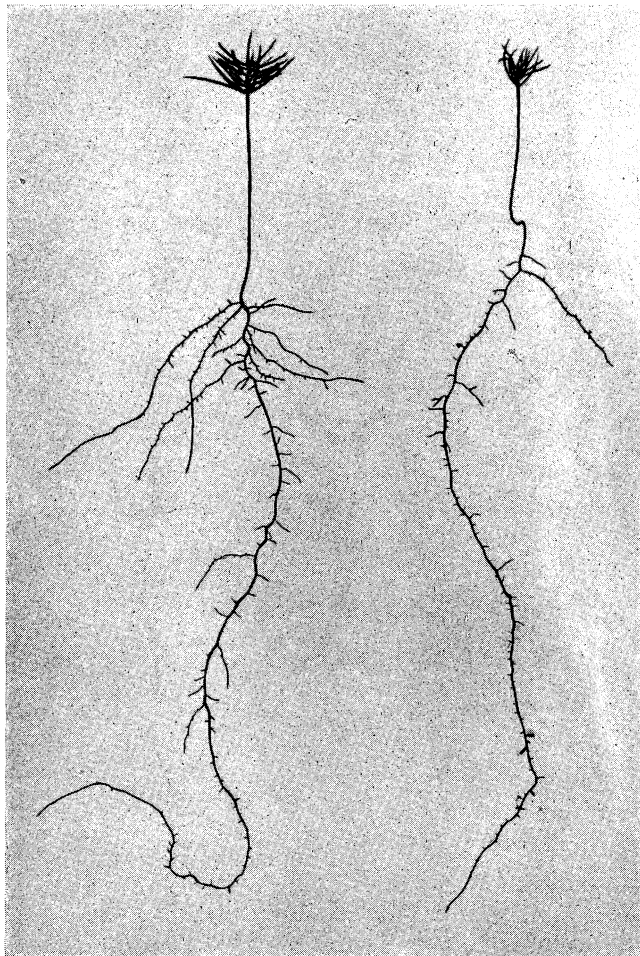
Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Teckn. av EKBLOM.

Fig. 18. Ettåriga tallplantor uppdragna i blandning av sand och humus. Plantan till vänster humus från Brända holmen, till höger humus från gamla gran-skogen, Storliden.

Einjährige, im Gemisch von Sand und Humus aufgezogene Kiefernpflanzen. Die Pflanze links Humus von Brända holmen, rechts Humus aus altem Fichtenbestand, Storliden.

pseudomykorrhizorna (se HESSELMAN 1927 och MELIN 1927). Kvävemobiliseringsen i krukorna med dålig råhumus (Storliden) var vida sämre än i dem med god (Brända holmen). Den visade sig vara livligare på hösten under



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Teckn. av EKBLÖM.

Fig. 19. Ettåriga granplantor, uppdragna i blandning av sand och humus. Till vänster humus från Brända holmen, till höger från gamla granskogen, Storliden.

Einjährige, im Gemisch von Sand und Humus aufgezogene Fichtenpflanzen. Links Humus von Brända holmen, rechts aus altem Fichtenbestand, Storliden.

månaderna oktober—december hos lagringsproven med jord från krukorna, som stått ute sommaren 1930, än i den jordblandning, som omedelbart sattes till lagring i juni 1930. Sannolikt får denna olikhet förklaras på så sätt att

Tab. 22. Kvävemobilisering i lagringsprov med blandning $\frac{1}{3}$ vol. humus + $\frac{2}{3}$ vol. sand. Stickstoffmobilisering i Lageringsproben mit der Mischung: $\frac{1}{3}$ Volumteile Humus + $\frac{2}{3}$ Volumteile Sand.

	P _H urspr.	P _H	NH ₃ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	
Sommaren 1930					
1866 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden	4,7	5,7	6,4	11	
Storlidsreservatet, Kulbäcksliden	4,4	4,9	1,3	0	
Oktober—December 1930					
1865 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden	Tall	5,3	4,4	1,6	
1865 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden	Gran	5,4	4,6	2,5	
Storlidsreservatet, Kulbäcksliden	Tall	5,4	5,0	5,0	
»	»	5,4	5,2	6,0	
»	»	5,4	5,2	6,0	
»	»	5,4	5,2	6,0	
Kväve-, CaO _{ass} -halt samt glödförlust hos humusproven.					
	CaO _{ass}		N total		Glödförlust
	dir.	omr.	dir.	omr.	
1866 års bränna. Brända holmen, Kulbäcksliden	0,76	1,08	0,44	0,63	70,4
Storlidsreservatet, Kulbäcksliden ...	0,38	0,54	0,94	1,03	70,9

blandningen sand-humus så småningom genomgår sådana förändringar, att kvävemobiliseringen till en tid ökar (se tab. 22).

Sommaren 1931 anordnades ett nytt försök med uppdragning av tall- och granplantor i blandning av sand och humus, en undersökning som avslutade först senhösten 1932. Humusproven togos från följande platser.

1. 1918 års bränna. Aggberget.
2. 1878 års bränna. Storliden.
3. 1853 års bränna. Aggberget.
4. 1828 års bränna. Högsvartberget.
5. Gammal granskog. Stortjärnsreservatet.
6. Gammal granskog. Storliden.
7. *Dryopteris*-skog. Högsvartberget.
8. Råhumus under gran. Krpk Rönnliden.
9. Råhumus mellan granar. Krpk Rönnliden.

I denna serie ingå förutom humusprov från den undersökta serien av bestånd även sådana från krpk Rönnliden i V:a Stensele revir. Proven äro tagna från den delen av Rönnlidens krpk, som ligger mellan sjön Långvattnet

och Storuman, c:a 450 m ö. h., några km syd om Grottsjön. Det är en gammal granskog med döende gamla tallar. På de öppna partierna mellan grangrupperna finnes ett ganska mäktigt, segt och filtartat råhumustäcke, i huvudsak bildat av mossor, under de vida, långt ned mot marken gående, gröna grankronorna däremot ett visserligen mäktigt men luckert humustäcke. Även under björkgrupperna är humustäcket luckert. Såväl med hänsyn till strukturen som de kemiska egenskaperna råder stor olikhet mellan dessa olika slag av humustäcken, såsom nedanstående översikt visar.

Tabell 23. Råhumusprov. Krpk. Rönnliden.
Prov samlade i september 1934.

	Öppet parti mellan granar		Under grankrona		Under björk	
	P _H	CaO _{ass}	P _H	CaO _{ass}	P _H	CaO _{ass}
F-skikt	3,6	0,38	5,6	1,50	4,6	0,91
H-skikt	3,6	0,31	5,3	1,16	4,0	0,50

Prov samlade i oktober 1931.

	Öppet parti mellan granar		Under granar			
	P _H	CaO _{ass}	P _H	CaO _{ass}		
F + H-skikt	4,0	dir. 0,46	omr. 0,49	5,9	dir. 1,32	omr. 1,50

Olikheterna i avseende på reaktionstal och kalkhalt motsvaras av skillnader i kvävemobilisering. Denna är vid lagring avsevärt mycket livligare hos humusproven tagna under gran än hos dem, som tagits mellan granar, vilket bl. a. framgår av en serie lagringsprov under sommaren 1931.

Tabell 24. Lagringsprov juni—september 1931.

	P _H		H ₃ N-N	NO ₃ -N
	urspr.	3 månaders lagring	mg/kg ¹	mg/kg
1918 års bränna. Aggberget	4,1	4,8	416	0
1878 » » Storliden	4,2	5,2	796	0
1853 » » Aggberget	4,4	5,6	1 362	0
1828 » » Högsvartberget	4,1	4,8	883	0
Gammal Granskog. Stortjärnsreservatet	3,8	4,4	465	0
» » Storliden	3,5	3,9	137	0
Dryopteris-skog. Högsvartberget	4,2	5,0	762	0
Mellan granar. Rönnliden	3,4	3,7	36	0
Under » »	4,3	5,2	1 116	0

¹ Kvävemängderna uträknade med hänsyn till jordens totalvikt, ej med hänsyn till humushalten; därav den låga kvävemobiliseringen i prov från 1918 års bränna.

Resultaten av denna serie lagringsprov visar en ganska god överensstämmelse med dem, där maskar medverkade vid omsättningen. Endast 1828 års bränna å Högsvartberget avviker mera avsevärt. Kvävemobiliseringen är i detta prov i jämförelse med övriga högre än i maskförsöket. Såsom längre fram visas, företer plantutvecklingen i sand med humus från detta bestånd mindre god överensstämmelse med kvävemobiliseringen än övriga försök i denna serie.

Kvävemobiliseringen i sand-humus undersöktes genom lagring omedelbart efter blandningens iordningsställande sommaren 1931, dels ock våren 1933. I senare fallet togos prov av jorden i de krukor, där tall- och granplantorna dragits upp. Härigenom erhöles en viss inblick i de förändringar, som kvävemobiliseringen i sand-humus så småningom undergår.

I den färska blandningen av sand och humus gestaltade sig kvävemobiliseringen under tre månader (medio juni—medio september 1931) på följande sätt.

Tabell 25. Kvävemobilisering i lagring av sand-humusblandning, sommaren 1931.
Mobilisierung von Stickstoff im Gemisch von Sand und Humus, Sommer 1931.

	P _H		H ₃ N-N	NO ₃ -N
	urspr.	3 månaders lagring	mg/kg	mg/kg
1918 års bränna. Aggberget	5,6	6,0	2,4	67
1878 » » Storliden	5,4	6,0	3,3	53
1853 » » Aggberget	5,7	5,9	3,7	72
1828 » » Högsvartberget	5,3	6,0	4,1	30
Gammal granskog. Stortjärnsreservatet	5,5	6,6	3,3	0
» » Storliden	5,3	6,4	1,2	0
<i>Dryopteris</i> -skog. Högsvartberget	5,7	5,9	3,3	89
Mellan granar. Rönnliden	5,2	6,1	1,2	0
Under » »	5,5	6,2	2,0	34

Blandningarna av sand och humus från de gamla granbestånden på Kulbäcksliden och Svartberget liksom från de öppna platserna mellan granarna på Rönnliden ha en svag kvävemobilisering, nitrifikation förekommer ej. En avsevärd nitrifikation finnes däremot i blandningen av sand och humus från 1828 års bränna å Högsvartberget liksom när humusen samlats under granarna på Rönnliden. En livlig salpeterbildning förekommer när humus samlats i bestånd, där marken nyligen avbränts eller där björken spelar en större roll i beståndet. Nitrifikationen kan då bli mycket livlig.

Tall- och granplantorna fingo stå i krukor i växthuset från juni 1931 till vintern 1932—33, då de upptogos, undersöktes, mättes och vägdes. Av jorden i krukor gjordes lagringsprov för att få ett mått på kvävemobiliseringen. Det ligger i sakens natur att en dylik bestämning ej kan ge några exakta värden på de kvävekvantiteter, som stått plantorna till buds under deras

Tab. 26. Tallplantans utveckling i sand-humus-kulturer och kvävemobiliseringen i sand-humus efter försökets slut, sommaren 1933.

Die Entwicklung der Kiefernplanze in Sand-Humus-Kulturen und die Stickstoffmobilisierung im Sand-Humus nach dem Abschluss des Versuchs, Sommer 1933.

	Totalvikt Totalgewicht	Enkelvikt Einzelgewicht	H ₃ N-N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	Total N mg/kg
1918 års bränna, Aggberget.....	71,5	2,3	2,5	28,7	31,2
1878 » » Storliden, Kulbäcksliden...	60,4	1,6	2,4	26,0	28,4
1853 » » Aggberget.....	87,0	2,6	2,1	36,0	38,1
1828 » » Högsvartberget, Svartberget.	49,7	1,3	2,7	34,5	37,2
Gammal granskog, Stortjärnsreservatet, Svartberget.....	36,2	1,3	2,2	15,7	17,9
Gammal granskog, Storlidsreservatet, Kulbäcksliden.....	36,2	1,0	2,4	18,6	21,0
<i>Dryopteris</i> -skog, Högsvartberget, Svartberget..	65,0	2,1	2,0	28,8	30,8
Rönnliden, under gran.....	80,8	2,7	2,9	31,3	34,2
» råhumus mellan granar.....	14,0	0,3	3,2	8,6	11,8

Tab. 27. Granplantans utveckling i sand-humus-kulturer och kvävemobiliseringen i sand-humus efter försökets slut, sommaren 1933.

Die Entwicklung der Fichtenplanze in Sand-Humus-Kulturen und die Stickstoffmobilisierung im Sand-Humus nach dem Abschluss des Versuchs, Sommer 1933.

	Totalvikt Totalgewicht	Enkelvikt Einzelgewicht	H ₃ N-N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	Total N mg/kg
1918 års bränna, Aggberget.....	18,5	0,6	2,7	25,0	27,7
1878 » » Storliden, Kulbäcksliden...	22,6	0,7	1,2	23,0	24,2
1853 » » Aggberget.....	41,9	1,3	2,6	29,6	32,2
1828 » » Högsvartberget, Svartberget	14,4	0,4	2,0	22,9	24,9
Gammal granskog, Stortjärnsreservatet, Svartberget.....	15,8	0,5	2,8	15,9	18,7
Gammal granskog, Storlidsreservatet, Kulbäcksliden.....	12,3	0,3	1,8	19,2	21,0
<i>Dryopteris</i> -skog, Högsvartberget, Svartberget..	28,3	0,9	1,7	23,2	24,9
Rönnliden, under gran.....	27,3	0,9	2,4	34,0	36,4
» råhumus mellan granar.....	6,3	0,2	2,2	9,9	12,1

utveckling i krukorna. Temperatur- och fuktighetsbetingelserna äro ej desamma i lagringsproven som i krukorna i växthuset. Därtill kommer att humusen i krukorna så småningom genomgår förändringar i avseende på kvävemobiliseringen. Lagringsproven ge därför endast approximativa värden på de kvävekvantiteter, som frigöras i krukorna. Trots detta kunna de på så sätt vunna värdena på ett synnerligen intressant sätt belysa villkoren för plantutvecklingen.

I varje försök ingingo fem krukor med tall och fem med gran, i varje enskild kruka inplanterades 10 tall- resp. 10 granplantor. Då under försökets gång en del plantor gingo ut och då nyanplantering i de utgångnas ställe skulle ha verkat starkt störande på försöket har resultatet uträknats dels

med hänsyn till samtliga plantors totalvikt, dels med hänsyn till den enskilda plantans medelvikt (tab. 26—27).

Emellan kvävemobilisering och plantutveckling i de enskilda krukorna, som innehöllo samma blandning av sand och humus, var sambandet mindre starkt. Samma erfarenhet gjorde GAST (1937) vid sina försök. Förklaringen kan enligt min erfarenhet sökas uti att kvävemobiliseringen i blandningen

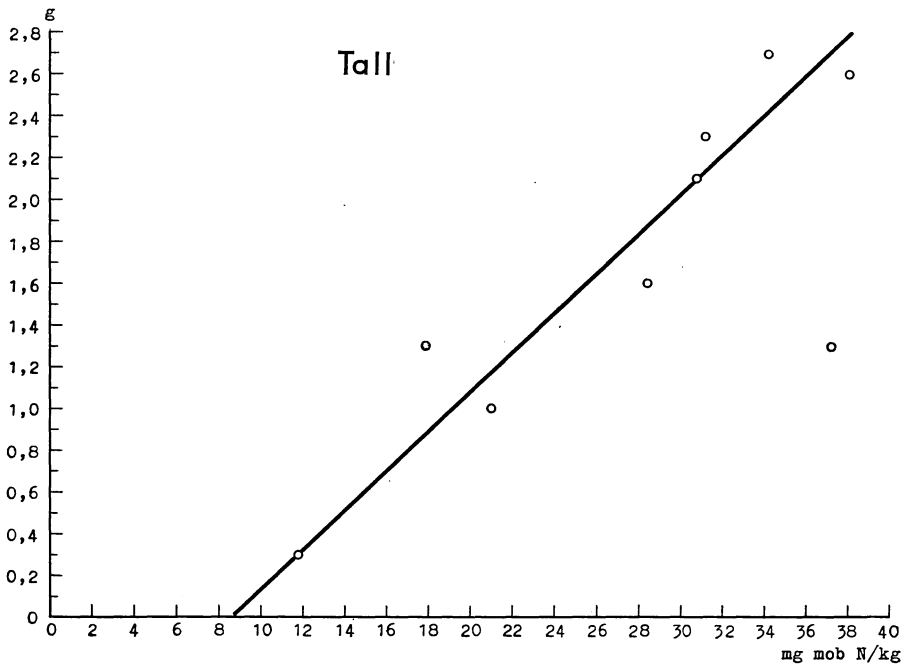


Fig. 20. Sambandet mellan de enskilda tallplantornas friskvikt och kvävemobiliseringen i krukförsöken. Humus från äldre och yngre bestånd. Se tab. 26.

Zusammenhang zwischen dem Frischgewicht einzelner Kiefernpflanzen und der Stickstoffmobilisierung bei Topfversuchen. Humus aus älteren und jüngeren Beständen. S. Tab. 26.

sand-humus ej kunde undersökas samtidigt i proven från de olika krukorna. Detta måste influera på resultatet då, som förut visats, kvävemobiliseringens hastighet förändras med tiden. Tager man däremot plantornas totalvikt eller den enskilda plantans medelvikt i de krukor, som innehålla samma blandning av sand och humus, och medeltalet av kvävemobiliseringen i dessa krukor, framträder däremot ett synnerligen starkt samband mellan plantutvecklingen och kvävemobilisering och detta såväl beträffande tallen som granen. Mellan tallplantornas totalvikt och kvävemobiliseringen i de olika sand-humus blandningarna är sambandet mycket starkt, i avseende på granen är sambandet otvivelaktigt men ej så starkt som hos tallen (se tab. 26 och

27 och fig. 20—23). Liknande samband råder mellan de enskilda plantornas medelvikter och kvävemobiliseringen. Endast i ett fall finnes någon större avvikelse. Plantorna i blandningen av sand och humus från 1828 års bränna äro relativt små i förhållande till den vid lagring funna kvävemobiliseringen. I synnerhet gäller detta tallen. Varpå detta beror kan jag ej säkert besvara. Här finnas emellertid stora skillnader mellan kvävemobiliseringen i lagringsproven från tall- och grankrukorna, tydande på vissa oregelbundenheter i

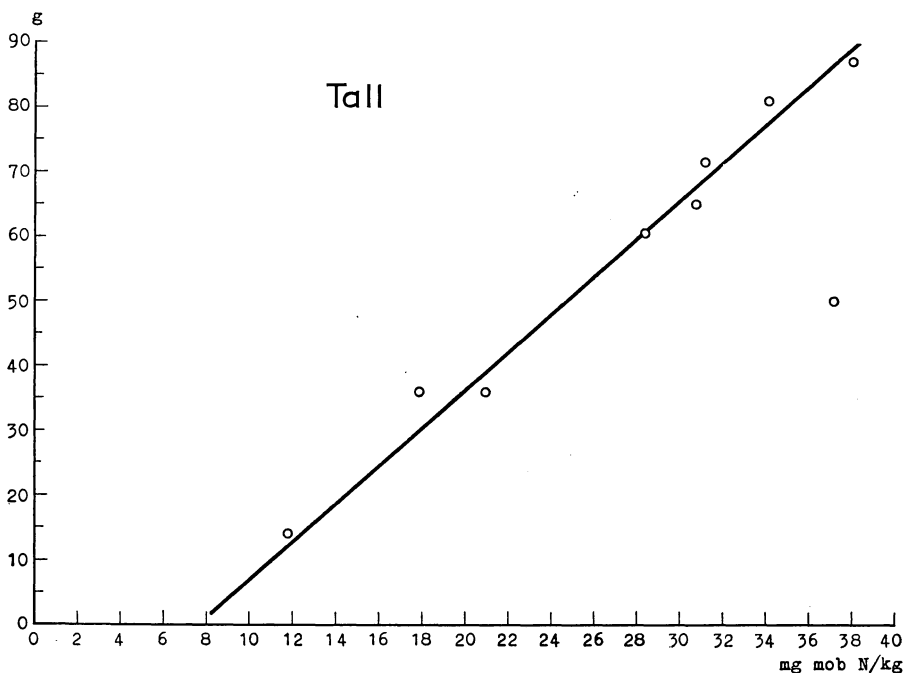


Fig. 21. Sambandet mellan samtliga tallplantors totalvikt och kvävemobiliseringen i krukförsöken. Humus från äldre och yngre bestånd. Se tab. 26.

Zusammenhang zwischen dem Gesamtgewicht sämtlicher Kiefernpflanzen und der Stickstoffmobilisierung bei Topfversuchen. Humus aus älteren und jüngeren Beständen. S. Tab. 26.

kvävet's frigörelse. I lagringsproven med maskar var kvävemobiliseringen i humus från detta bestånd ganska svag. Vissa iakttagelser tyda dessutom på att humustäcket i detta bestånd är ganska mosaikartat, möjligen ha förefintliga olikheter ej kunnat utjämnas trots omsorgsfull blandning av jorden före försökens igångsättande.

De här relaterade försöken visa sålunda att mellan tallens och granens plantutveckling och humuskvävet's mobilisering föreligger samma samband, när humusen tas från bestånd av olika ålder men på samma slags mark, som när den tages från gamla bestånd och öppna hyggen. Den luckra humusen i de

unga björkblandade bestånden alstrar i krukorna vida bättre tall- och granplantor än den sega filtartade i de gamla, lav-behängda. Den luckra humusen under grankronorna i en svårt råhumusbesvärad skog alstrar likaledes större och kraftigare

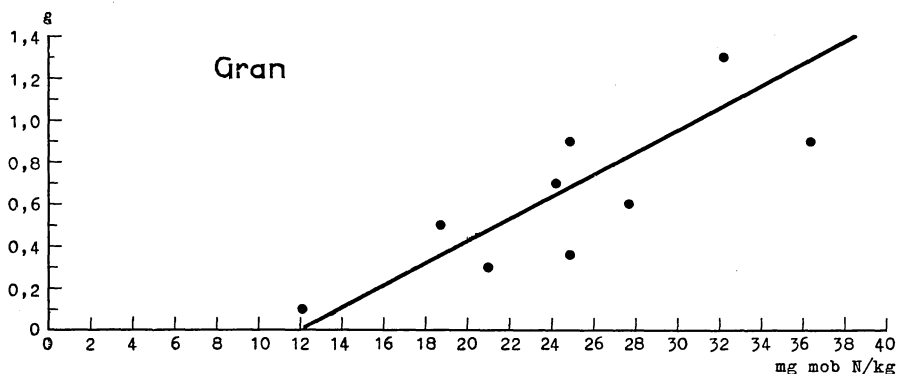


Fig. 22. Sambandet mellan de enskilda granplantornas friskvikt och kvävemobiliseringen i krukförsöken. Humus från äldre och yngre bestånd. Se tab. 27. Zusammenhang zwischen dem Frischgewicht einzelner Fichtenpflanzen und der Stickstoffmobilisierung bei Topfversuchen. Humus aus älteren und jüngeren Beständen. S. Tab. 27.

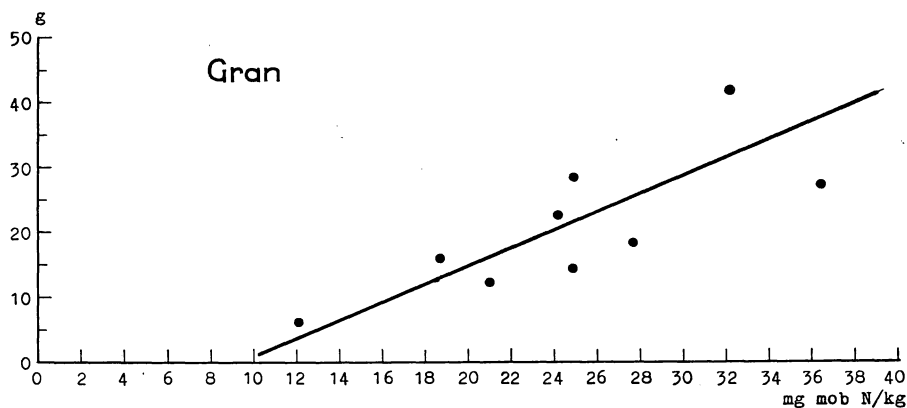


Fig. 23. Sambandet mellan samtliga granplantors totalvikt och kvävemobiliseringen i krukförsöken. Humus från äldre och yngre bestånd. Se tab. 27. Zusammenhang zwischen dem Gesamtgewicht sämtlicher Fichtenpflanzen und der Stickstoffmobilisierung bei Topfversuchen. Humus aus älteren und jüngeren Beständen. S. Tab. 27.

plantor än den filtartade på de öppna platserna mellan trädgrupperna. Dessa skillnader framträda även när det geologiska underlaget är detsamma i de gamla och unga bestånden. Sambandet med kvävemobiliseringen är starkt. Vilken roll kvävet spelar framgår dessutom av försöken från 1927, då plantorna i jord med svag kvävemobilisering tydligt reagerade vid vattning med en svag ammoniumnitratlösning.

KAP. IX. SAMMANFATTNING AV DE FÖRÄNDRINGAR, SOM HUMUSTÄCKET GENOMGÅR UNDER BESTÅNDSUTVECKLINGEN.

Kasta vi nu en blick tillbaka på de hittills refererade undersökningarna framgår ur dem följande.

Under beståndsutvecklingen på den en gång brända eller på annat sätt kalagda marken genomgår humustäcket i den nordiska granskogen av *Vaccinium*-typ så småningom åtskilliga förändringar yttrande sig i.

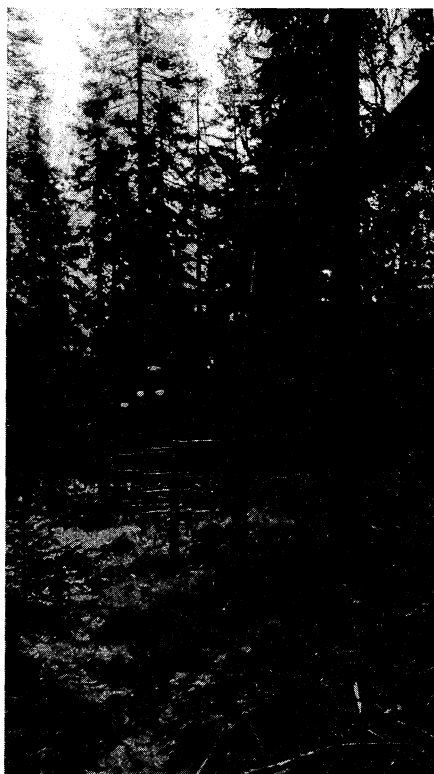
1. Förändringar i strukturen. I det unga slutna, vanligen björkblandade beståndet är humustäcket luckert, något mullartat, i den gamla lavbehängda granskogen segt, filtartat.
2. Förändringar i reaktionstalet. I de yngre bestånden är humustäcket mindre surt än i de äldre. Förändringen rör sig, vad F-skiktet beträffar, från p_H 4,8 à 4,9 till p_H 4,1 à 4,3.
3. Förändringar i humustäckets halt av basiska buffertämnen. Humustäcket i de yngre, vanligen björkblandade bestånden är rikare på basiska buffertämnen än humustäcket i de äldre.
4. Förändringar i humuskvävets mobilisering. Humusprov från yngre bestånd visa vid lagring på laboratoriet en livligare kvävemobilisering än sådana från äldre. Tillsats av kalk framkallar i humus från yngre bestånd lättare nitrifikation än i humus från äldre. Analog skillnader visa sig vid metmaskarnas inverkan på humusens sönderdelning.
5. Förändringar i villkoren för ungplantornas utveckling. Uppdrager man tall- och granplantor i en blandning av sand och humus från bestånd av olika ålder bliva plantorna i sand och humus från yngre bestånd kraftigare än i sand med humus från gamla. Mellan plantornas vikt och kvävemobiliseringen i blandningen av sand och humus, bedömd genom lagringsprov, finnes ett starkt samband. Analog skillnader finnas mellan det sega humustäcket på de öppna platserna i de gamla glesa, starkt råhumusbesvärade granskogarna på kalkgrund och de luckra råhumustäckena under de yviga grankronorna.

Vilken betydelse kunna nu dessa förändringar i humustäcket ha för beståndet och dess tillväxt? Kan man tänka sig att samma faktorer, som försvåra de unga plantornas utveckling i humus från de äldre bestånden, inverka

på de äldre trädens liv. Kan den stagnation i tillväxt, som utmärker den äldre nordiska granskogen, vara förorsakad av ett olämpligt marktillstånd? För de unga tall- och granplantornas tillväxt är uppenbarligen humuskvävet mobilisering en faktor av avgörande betydelse. Utan vidare kan man emellertid ej säga att vad som i detta fall gäller ungpantorna även skall gälla träden. Kvävebehovet under utvecklingen kan ju vara växlande. Emellertid tyda åtskilliga iakttagelser på att kvävemobiliseringen även för de äldre träden spelar en viktig roll. Granbestånd på god mark med gott mullartat humustillstånd bibehålla även i Norrland när de överskridit en ålder av 200 år sin tillväxt, grankronorna äro friska och gröna, lavarna spela en underordnad roll. Men dylika jämförelser kunna ej lösa frågan. Endast experimentet kan bli avgörande.

KAP. X. EXPERIMENTELL PRÖVNING AV KVÄVETS ROLL FÖR DEN GAMLA, OVÄXTLIGA OCH LAVKLÄDDA GRANSKOGEN.

Skall man söka pröva den roll, som mobiliseringen av kvävet i humustäcket kan ha för de gamla trädens tillväxt, måste man så mycket som möjligt efterhärma processerna i naturen. En tillförsel på en gång av större kvävekvantiteter, som man gör vid gödsling i åkerbruket, kan enligt mitt förmenande ej tillämpas vid ett experiment i skogen och detta förnämligast av två skäl. En större gödselgiva skulle kunna framkalla åtskilliga förändringar i marken, t. ex. genom att döda en del av markvegetationen eller markfloran i humustäcket. De döda växtresterna skulle därpå kunna vid förmultningen avgiva växtnäringsämnen, vilkas inverkan på träden vore svår att skilja från den direkta kväveverkan. En större gödselgiva av kväve skulle också tvättas ut ur marken, utan att träden skulle kunna tillgodogöra sig den tillförda näringen. En ofta upprepad gödsling med smärre kvävekvantiteter är svår att utföra. Det är ej lätt att giva gödselmedlet en jämn spridning. Under perioder av torr väderlek skulle man därtill få en anhopning av kvävesalter i den översta markytan, vilket uppenbarligen bör undvikas. Man kan närmast föreställa sig kvävemobiliseringen i humustäcket som en sakta förlöpande process, vilken oupphörligt ställer små kvävemängder till den högre vegetationens förfogande. Det förfaringssätt, som närmast skulle motsvara förhållandena i naturen, vore därför att tillföra marken starkt utspädda kvävelösningar. Härför fordras emellertid betydande vattenkvantiteter, då man med de starkt utspädda lösningarna bör kunna genomdränka humustäcket på försöksparcellerna. Detta gav anledning till följande anordning av försöket.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml. Foto. L. TIRÉN.

Fig. 24. Vattenrännan från Storkåtatjärnsbäcken till tunnorna ovanför bevattningsförsöken. 1934.

Wasserrinne von Storkåtatjärnsbäcken zu den Tonnen für Bewässerungsversuch. 1934.

1. Kvävetillförselns utförande och dess inverkan på bestånd och markbetäckning.

Från Degerö stormyr och den där belägna tjärnen, Storkåtatjärnen, nedrinner över Flakatjälens norra sluttning Storkåtatjärnsbäcken. Omgivningarna kring bäcken intagas av gamla granskogar, ofta med starkt lavbehängda kronor. Markbetäckningen utgöres av en mosaik av *Vaccinium*- och *Dryopteris*-typen, den senare dock övervägande. Inom vissa partier är granskogen rätt växtlig, inom andra så gott som oväxtlig, kronorna äro starkt lavbehängda.

Genom trärännor (fig. 24) leddes bäckvattnet till en i sluttningen uppbyggd träställning, på vilken placerats två tunnor om 200 liter (se fig. 25). Den ena tunnorna användes för framställning av en starkt utspädd ammoniumnitratlösning, den andra för bevattning med rent bäckvatten. I tunnornas sida strax ovanför botten hade insatts en avtappningskran, på vilken en bevattningsslang

kunde påskruvas. Denna ledde vattnet till de nedanför belägna provytorna. Tack vare trycket kunde vattnet genom ett spridarmunstycke jämnt och likformigt fördelas som ett fint duggregn över den yta, som bevattnades. Vattnet i Storkåtatjärnsbäcken är mycket fattigt, den sannolika mängden av $MgO + CaO + Na_2O + K_2O$ är enligt TAMMS undersökningar (1932, sid. 261) 5,2 mg per liter, totalhalten av oorganiska beståndsdelar c:a 15 mg. Enligt av MALMSTRÖM (1923, sid. 69) meddelade analyser innehåller vattnet i Vargstubäcken, som likaledes kommer från Degerö stormyr, 3,3 mg CaO och 1,2 mg K_2O per liter eller 6,8 mg av $MgO + CaO + Na_2O + K_2O$. De båda analyserna av vattnen från Degerö stormyr stämma sålunda med varandra, de äro mycket näringsfattiga.

Våren 1924 utsattes av docenten L. G. ROMELL, som då var assistent



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. TAMM.

Fig. 25. Tunnorna för bevattning med svag ammoniumnitratlösning och rent bäckvatten. 1932.

Tonnen für Bewässerung mit schwacher Ammoniumnitratlösung und reinem Bachwasser. 1932.

vid anstalten, samt skogsmästaren OSCAR HENRIKSSON tvenne ytor, vardera om 100 m². Bägge ytorna skulle bevattnas, den ena med kvävelösning, den andra med rent vatten. Provytorna utmärktes med pålar i hörnen, ytan, som fick kvävelösning, med blåmålade, ytan, som endast fick vatten, med vitmålade. Tunnan med kvävelösning erhöill blå, den med rent bäckvatten vita band. Mellan pålarna spändes ståltråd och mellan ytorna grävdes ett dike för att genom rötternas avskärande isolera bestånden från varandra. Undersökningarna utsträcktes sedermera till tvenne 100 m² stora ytor omedelbart ovan bevattningsytorna. Å dessa ytor undersöktes endast marken och beståndens grundyta, ålder och tillväxt.

I tabell 28 finns en analys av markvegetationen enligt LAGERBERG-RAUNKIOERS system (15 cirkelytor om 1/10 m². Täckningen skattad i tiondelar

Tab. 28. Analys av markvegetationen (Raunkjær-Lagerberg) å kväveytan samt jämförelseytan.

Bodenvegetationsanalyse (Raunkjær-Lagerberg) der Stickstoff- sowie der Vergleichsflächen.

	I2		I3		I4		I5	
	F %	A %	F %	A %	F %	A %	F %	A %
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	—	+	—	+	—	+	—
<i>Vaccinium myrtillus</i>	100	7	100	15	100	11	100	10
» <i>vitis idaea</i>	73	2	94	1	100	5	93	—
<i>Linnaea borealis</i>	87	3	80	—	100	—	80	—
<i>Pyrola secunda</i>	73	—	40	—	47	—	7	—
<i>Empetrum nigrum</i>	7	—	7	—	—	—	7	—
<i>Lycopodium annotinum</i>	7	—	—	—	60	—	47	—
<i>Dryopteris Linnaeana</i>	7	1	13	—	87	—	87	3
<i>Trientalis europaea</i>	7	—	7	—	—	—	—	—
<i>Goodyera repens</i>	+	—	7	—	7	—	13	—
<i>Majanthemum bifolium</i>	—	—	7	—	—	—	—	—
<i>Aira flexuosa</i>	60	33	94	3	87	—	93	—
<i>Carex globularis</i>	—	—	—	—	93	1	40	—
<i>Hylocomium proliferum</i>	100	47	100	56	100	46	100	36
» <i>parietinum</i>	86	4	100	17	100	10	100	12
<i>Hypnum crista castrensis</i>	66	9	73	1	40	4	20	—
<i>Polytrichum commune</i>	66	19	94	5	100	13	100	9
<i>Dicrana</i>	13	—	47	1	30	—	53	—
<i>Jungermania</i>	13	—	40	—	+	—	26	—
<i>Sphagnum Girgensohnii</i> + <i>Russowii</i>	—	—	—	—	+	—	47	7

12) Kväveytan. 13) Ovanför kväveytan. 14) Vattenytan. 15) Ovanför vattenytan.

av småytorna). Markbetäckningen utgöres av blåbär, lingon, de vanliga husmossorna, främst *Hylocomium proliferum*, linnea, *Dryopteris Linnaeana* förekommer inom alla ytorna, minst i den yta, som erhållit ammoniumnitrat. Spridd förekomst inom yta 14 av *Carex globularis* och *Sphagnum Girgensohnii* och *Sph. Russowii* visar att marken är rätt fuktig. Inom yta 12, som erhöill ammoniumnitrat utgöres markbetäckningen till övervägande del av blåbär, lingon, linnea och de vanliga husmossarterna och tillhör sålunda i huvudsak den rena *Vaccinium*-typen.

Marken utgöres av en i ytan av vågorna bearbetad morän, moränen är avsevärt rikare på ler och annat finmaterial än i de förut beskrivna ytorna med bestånd av *Vaccinium*- och *Dryopteris*-typ å Högsvarterberget, även basmineralindex är högre, såsom framgår av nedanstående tabell.

Grov-grus	Fin-grus	Grov-sand	Mellan-sand	Grov-mo	Fin-mo	Grov-mjåla	Fin-mjåla	Ler	Basmineralindex
6,6	7,4	15,0	19,2	17,6	14,4	8,5	5,8	5,5	11,8

Markprofiltypen är en järnhumuspodsol med kraftigt utvecklad blekjord. Humustäcket är ganska mäktigt. Det är på ytorna i genomsnitt 9 å 10 cm

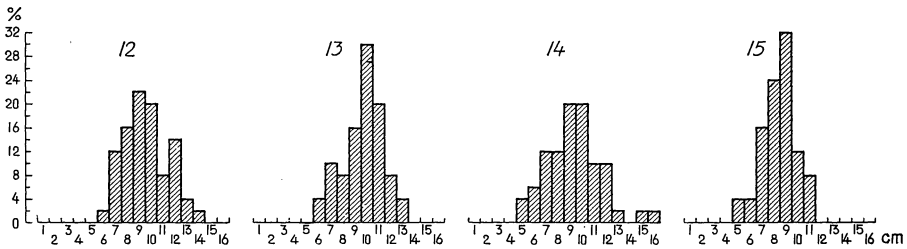


Fig. 26. Måktigheten av F- och H-skikten å provytorna 12—15 och dennas variation.
Die Mächtigkeit der F- und H-Schicht auf Probeflächen 12—15 und deren Variabilität.

tjockt med tämligen jämn variation kring medeltalet (se diagram fig. 26)
Genom en serie prov om 4 dm² kring den ammoniumnitratbevattnade ytan
ha följande värden för denna beräknats.

Humus per hektar	Kväve per hektar	CaO _{ass} per hektar
60 ton	780 kg	370 kg

Reaktionstalet å de fyra ytorna gestaltade sig på följande sätt (medel-
tal av bestämningar på 15 punkter).

	Kväveytan	Vattenytan	Ovanför kväveytan	Ovanför vattenytan
	P _H	P _H	P _H	P _H
F.....	4,4	4,4	4,2	4,4
H.....	3,9	4,0	3,8	4,1

Halten av assimilerbar kalk var

	Kväveytan	Vattenytan
F.....	0,61%	0,89%
H.....	0,61 »	0,61 »

Mängden av basiska buffertämnen i humus på kväveytan framgår av
följande bestämning av buffringskapaciteten gentemot 0,1 n HCl.

P _H	F-sk. cc	H-sk. cc
4,5	1	
4,0	3,2	0
3,5	8,0	2,6
3,0	11,8	6,2

Med hänsyn till mängden buffertämnen intaga humusproven från kväve-
ytan en mellanställning mellan proven från Störtjärnsreservatet och Stor-
lidsreservatet, sålunda mellan de två fattigaste i den undersökta serien från
skogar av ren *Vaccinium*-typ.

Tab. 29. Stamantal och grundtytor samt grundtytans tillväxt å provytorna 12—15. Stammzahl und Grundfläche sowie Grundflächenzuwachs auf Probeflächen 12—15.

Yta Fläche n:r	Samtliga träd på ytan (1 ar) år 1932 Sämtl. Bäume auf der Fläche (in a) 1932		Borrade granar Auf Zuwachs untersuchte Fichten					
	Stam- antal Stamm- zahl st.	Grund- yta på bark Grund- fläche mit Rinde m ²	Antal Zahl st.	Grundtyte- medelstam- mens diameter på bark 1932 Durchmesser des Grundflächen- mittelstammes mit Rinde 1932 cm	Grundtytemedelstammens årliga diametertillväxt i. b. Jährlicher Durchmesserzuwachs des Grundflächenmittelstammes			
					Perioden 1913—1924		Perioden 1925—1932	
					mm	% enligt Pressler	mm	% enligt Pressler
12	33	0,41	29	11,0	0,41	0,45	0,54	0,56
13	21	0,30	14	12,3	0,27	0,25	0,34	0,31
14	26	0,47	23	13,5	0,40	0,34	0,30	0,25
15	19	0,37	14	10,1	0,35	0,41	0,26	0,29

Enligt lagringsprov överensstämmar kvävemobiliseringen närmast med råhumus från Stortjärnsreservatet, infektion med salpeterbildande jord lämnar ingen effekt. Infektionsjordens egen nitratbildning blir starkt nedtryckt.

Ehuru markbetäckningen växlar något, är beståndet inom de fyra ytorna synnerligen jämnt, bildat av gran med inslag av tall och björk. Brösthöjdsåldern växlar hos tallen från 180—225 år, hos granen från 58—220 år. Då marken övergicks av eld sista gången 1694 enligt TIRÉNS (1937) undersökningar äro de äldsta granarna och tallarna omkring 235 år. Beståndet är att anse som ett restbestånd av tätt uppvuxen, undertryckt och slutligen starkt lavbehängd gran. Grundtytan är betydande, 0,30—0,47 m² per 100 m² (tab. 29). De högsta granarna nå en höjd av 16,5 m, tallen en höjd av 17 m (se fig. 27). Vid provytornas utläggande voro grankronorna på samtliga ytor starkt lavbehängda, framförallt var detta fallet med den yta, som sedermera fick ammoniumnitrat, här voro vissa träd helt inhöljda i en slöja av gråvita lavar (*Alectoria sarmentosa* Ach).

Bevattningen: Bevattningen ägde rum under vegetationsperioden en gång i veckan, i regel på lördagarna. Ammoniumnitratet tillsattes i form av en 44 % ammoniumnitratlösning, utportionerad i små flaskor. Under åren 1924—1929 blev koncentrationen av den lösning, som utspriddes över kväveytan, 8 g ammoniumnitrat per 100 liter. Varje gång vattnades med 100 liter lösning, varefter slangen eftersköldes med 100 liter bäckvatten, som utspolades över ytan. Kontrolltytan erhöi samtidigt 100 liter bäckvatten. Som nedan nämnes avbrötos försöken med utgången av 1929. De återupptogs emellertid i augusti 1932, då vattningen skedde med 400 liter lösning innehållande tillsammans 80 g ammoniumnitrat, slangen eftersköldes med 100

liter vatten, kontrollytan fick då 500 liter bäckvatten. Med dessa kvantiteter vattnades somrarna 1933—1934. Från och med 1935 ökades ammoniumnitratmängden till den dubbla genom koncentrationsökning, lösningskvantiteten blev densamma. Från och med 1934 utfördes bevattningen endast under månaderna juni—augusti.

Tillförda kvävemängder: De kvävekvantiteter, som finnas i humus-

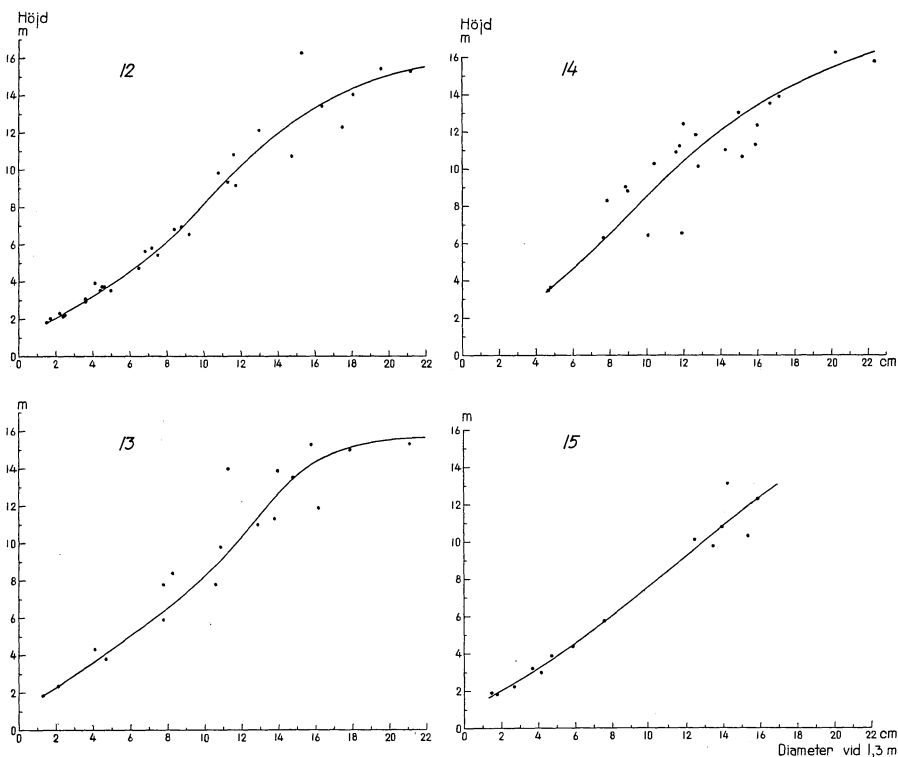


Fig. 27. Sambandet mellan granens höjd och diameter å provytorna 12—14.
Zusammenhang zwischen der Höhe und dem Durchmesser der Fichte auf Probeflächen 12—14.

täcket per ytenhet, äro i det närmaste desamma på Brända holmen och kväveytan, 770 resp. 780 kg pr hektar. Skillnaden är så obetydlig, att den helt ligger inom felgränserna. Emellertid är kvävemobiliseringen, så långt lagringsproven kunna upplysa därom, vida livligare på Brända holmen än på kväveytan. Ammoniakbildningen är c:a 4 ggr livligare, en tydlig men i regel svag nitrifikation uppträder ofta vid lagring i humusprov från Brända holmen, men ej i prov från kväveytan. Medan humus från Brända holmen kommer i livlig nitrifikation genom tillsats av infektionsjord, blir i humus från kväveytan infektionsjordens egen nitrifikation nedsatt, vilket enligt min erfaren-

het utmärker särskilt ogynnsamma humustäcken. Humus från Brända holmen visar vid försöken på laboratoriet alla de egenskaper, som utmärka humustäcken med livlig omsättning, från kväveytan däremot sådana, som utmärka humustäcken med svag omsättning. Dock tyder allt på att humustäcket på kväveytan är något bättre än humustäcket i gamla granskogen på Storliden.

Under månaderna juni—augusti, sålunda under den egentliga vegetationsperioden, tillfördes kväveytan om 100 m² åren 1924—29, 1933—34 genom vattning med ammoniumnitratlösning en årlig kvantitet av c:a 364 g kväve, vilket motsvarar c:a 4,7 % av totalkvävet i humustäcket. Betraktar man det tillförda ammoniumnitratet såsom det i marken lättillgängliga kvävet är 4,7 % en icke särdeles hög mobiliseringskoefficient. Under lagring på laboratoriet kunna prov från aktiva humustäcken nå avsevärt högre belopp. Det går naturligtvis ej att utan vidare överföra dylika värden på förhållandena i naturen. Markbetäckningens ringa förändring på kväveytan, vilket längre fram skall skildras, vittnar dock om att de tillförda kvävemängderna ej varit på något sätt abnorma.

Åren 1924—29 och 1932—33 tillfördes ammoniumnitrat till kväveytan även under september månad, vilket i regel motsvarar 102 g kväve pr år och månad. Fråga är om denna kvävekvantitet på hösten kan ha haft någon roll; träden avsluta i september sin tillväxt och det sent tillförda kvävet torde uttvättas av höstregnen.

Under somrarna 1935—36 ha kvävekoncentrationen höjts till 80 g ammoniumnitrat på 200 liter. Då bevattningen på kväveytan fortfarande utgjordes av 400 liter lösning och 100 liter bäckvatten, tillfördes kväveytan under juni—augusti 724 g kväve, motsvarande 9,4 % av markens totalkväve.

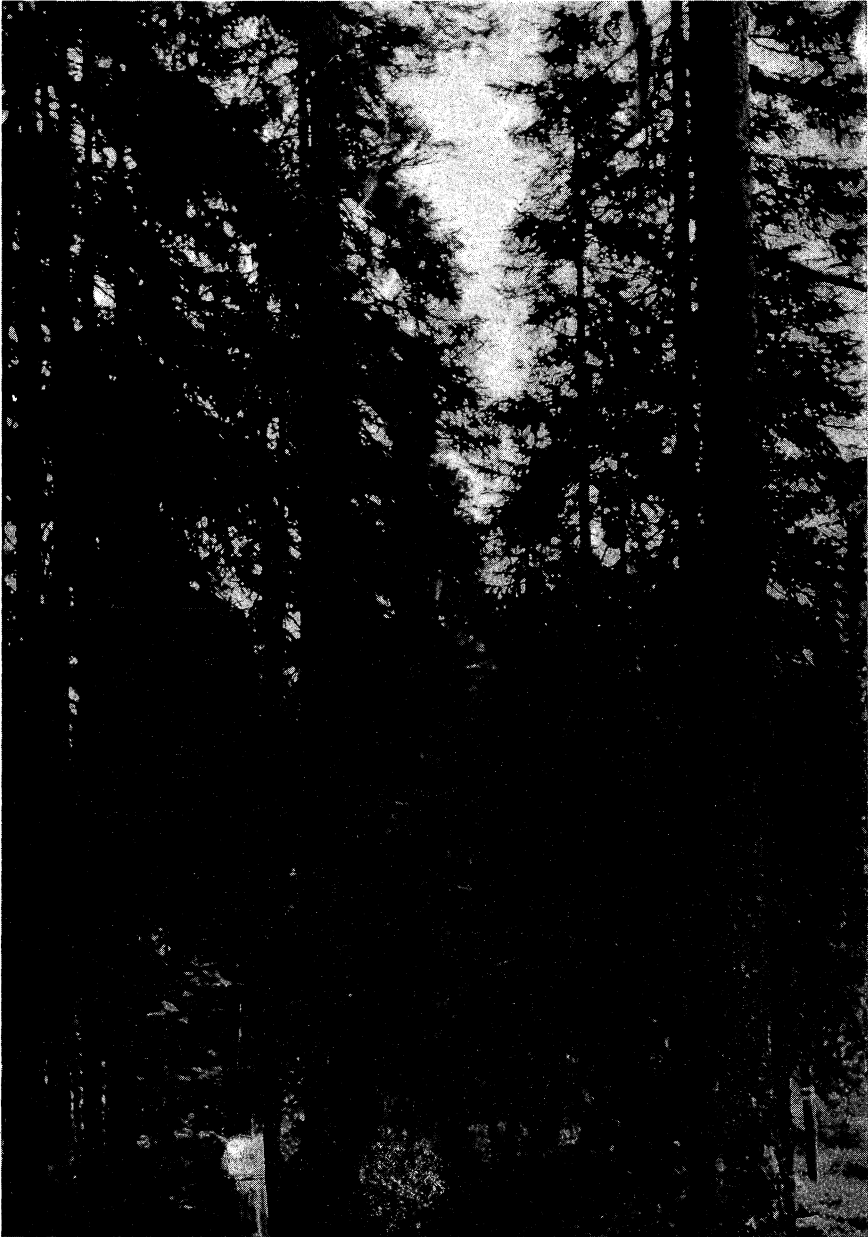
Beståndets reaktion emot kvävetillförseln. Som det framgår av den lämnade beståndsbeskrivningen var beståndet utpräglat oväxtligt, kronorna starkt lavbehängda. Granar med 200 årsringar vid brhd hade en diameter på bark av 18 cm, årsringarna voro nästan papperstunna. Det är ej att vänta att ett dylikt bestånd så lätt skall förändra karaktär och reagera mot förbättringar i marken, i synnerhet som det dessutom är väl slutet för att ej säga överslutet. De första åren voro de yttre, synbara förändringarna små. Vad som närmast föll i ögonen var att grankronorna på försommaren hade en mörkare grön färg än träden på jämförelseytorna. Denna olikhet utjämnades dock fram emot eftersommaren. Ännu på hösten 1929 var det svårt att säkert konstatera en förändring i beståndet. Försöket avbröts därför en tid. Sommaren 1932 observerades dock en bestämd yttre förändring. Lavbehängningen på trädskronorna hade avsevärt minskat, barren hade en friskare grön färg. Bevattningen upptogs därför på nytt i augusti 1932. Hösten 1934, då kväveytan under somrarna 1933 och 1934 erhållit

samma totalkvantiteter som somrarna 1924—1929, fanns det ej längre något tvivel om en stark positiv reaktion hos beståndet. Många grankronor, som förut varit höljda i en svepning av gråa lavar, voro lavfria eller nästan lavfria. Då träden började växa starkare än förut (se nedan), förlorade lavarna så småningom sitt fäste på grenarna genom den döda barkens snabbare avskiljande. Liksom lavbeklädnaden är ett symptom på dålig, starkt nedsatt tillväxt (jmf. ROMELL 1922), är dess avkastande ett tecken på en ökning i tillväxten. Många granar började skjuta nya, kraftiga årsskott. Barrskruden blev tätare och mörkare än förut. Ytan, som vattnats med bäckvatten, liksom de övriga kontrollytorna (varken vatten eller kväve) företedde icke några förändringar. Olikheterna mellan kväve- och vattenytan belysas av bilderna i fig. 28—33.

Även tallarna och björkarna synas visa små förändringar. Tallkronorna på kväveytan förefalla något grönare än i omgivningen, björkarna bibehålla om hösten längre sina blad. Förändringarna äro dock ej särdeles påtagliga.

Ett i siffror uttryckbart mått på beståndsförändringen lämnar undersökningen av årsringsbredderna under åren 1913—1934. Huvudresultaten äro framlagda i fig. 34. Granarnas genomsnittliga radietillväxt är på ytorna 12, 14 och 15 under åren 1913—1924 mycket nära densamma på samtliga ytor. En växling under de olika åren förekommer, men ytorna följa mycket nära varandra. Särskilt är detta fallet med ytorna 12 och 14, kväveytan och vattenytan. Å yta 15, belägen ovanför vattenytan, äro likaledes årsringsbredderna i det närmaste desamma som å ytorna 12 och 14. Å yta 13¹ äro årsringsbredderna under åren 1913—1921 något mindre än å övriga ytor, men en sakta förbättring försiggår, som gör att under åren 1922—1924 de nå samma storlek som å ytorna 14—15. År 1924, då bevattningen började, visar ingen förändring och knappast heller år 1925. Under år 1926 skiljer sig emellertid med hänsyn till den genomsnittliga årsringsbredden kväveytan från de övriga, skillnaden stegras under de följande åren. Samtidigt härmed följa ytorna 13—15 mycket nära varandra. Under perioden 1913—1921 företedde, som nämnts, ytan 13 en svag förbättring, under åren 1924—1934 är den årliga radietillväxten så gott som identiskt densamma på ytorna 13—15. Kurvorna, som åskådliggöra årsringsbreddernas storlek och variation å ytorna 13—15, bilda ett tätt knippe, som skarpt skiljer sig från kurvan för ytan 12, kväveytan. För att ytterligare diskutera förändringen i kväveytans tillväxt borrades 13 mera växtliga träd mellan denna yta och ett c:a 30 m från detta år 1927 upptaget hygge. Dessa träd växte å samma höjdnivå som ytan 12. Dessa granar förete ingen annan tendens i utvecklingen än den som är förknippad med växlingen av goda och dåliga år, åren 1913—1917, 1933—1934 en stegring i tillväxten

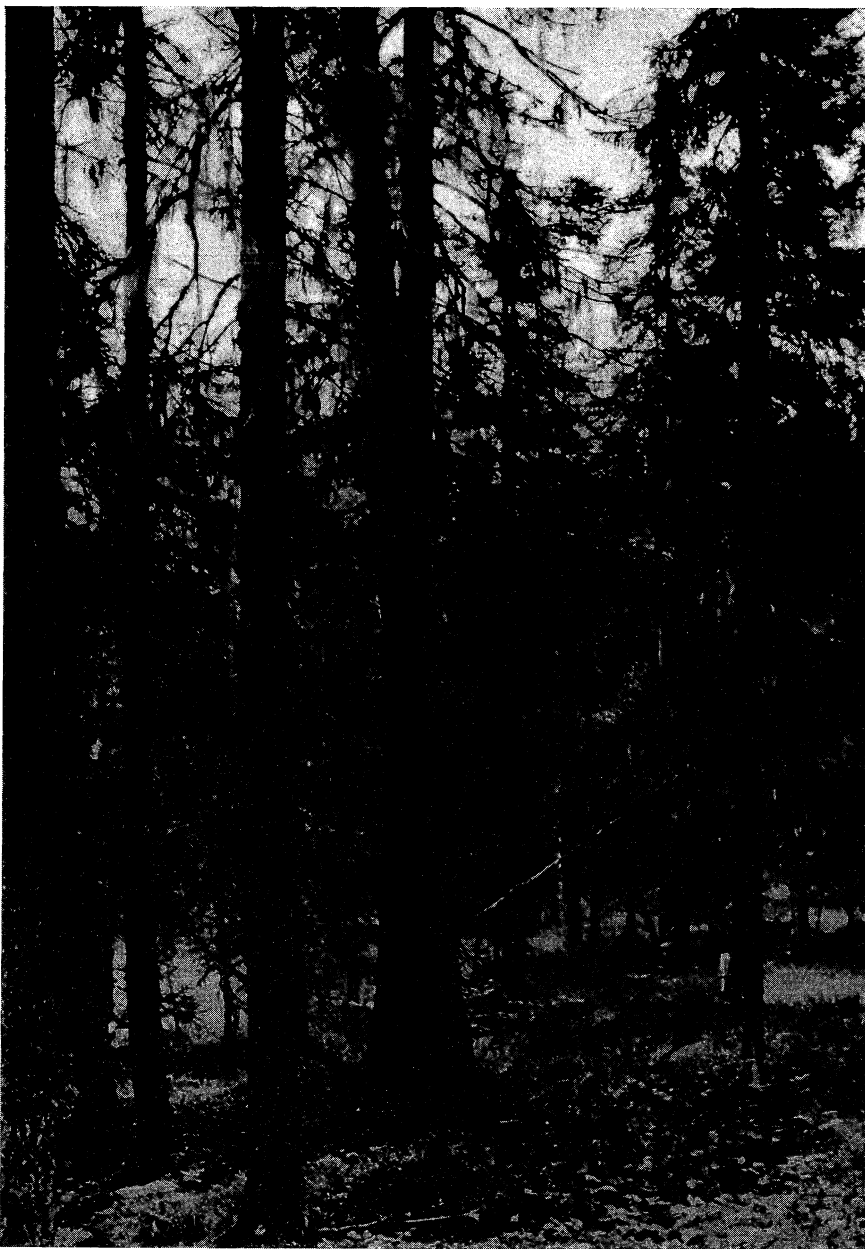
¹ Då något avskiljande dike ej finnes mellan ytorna 12 och 13 ha granarna inom yta 13 invid gränsen till yta 12 ej medtagits i undersökningen.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 28. Den ammoniumnitratvattnade ytan, yta 12. Lavbeklädnaden å de gamla granarna har nästan försvunnit. Många granar ha god höjdtillväxt. 1934.
 Die mit Ammoniumnitrat bewässerte Fläche Nr. 12. Der Flechtenüberhang an den alten Fichten ist fast verschwunden. Viele Fichten haben guten Höhenzuwachs. 1934.

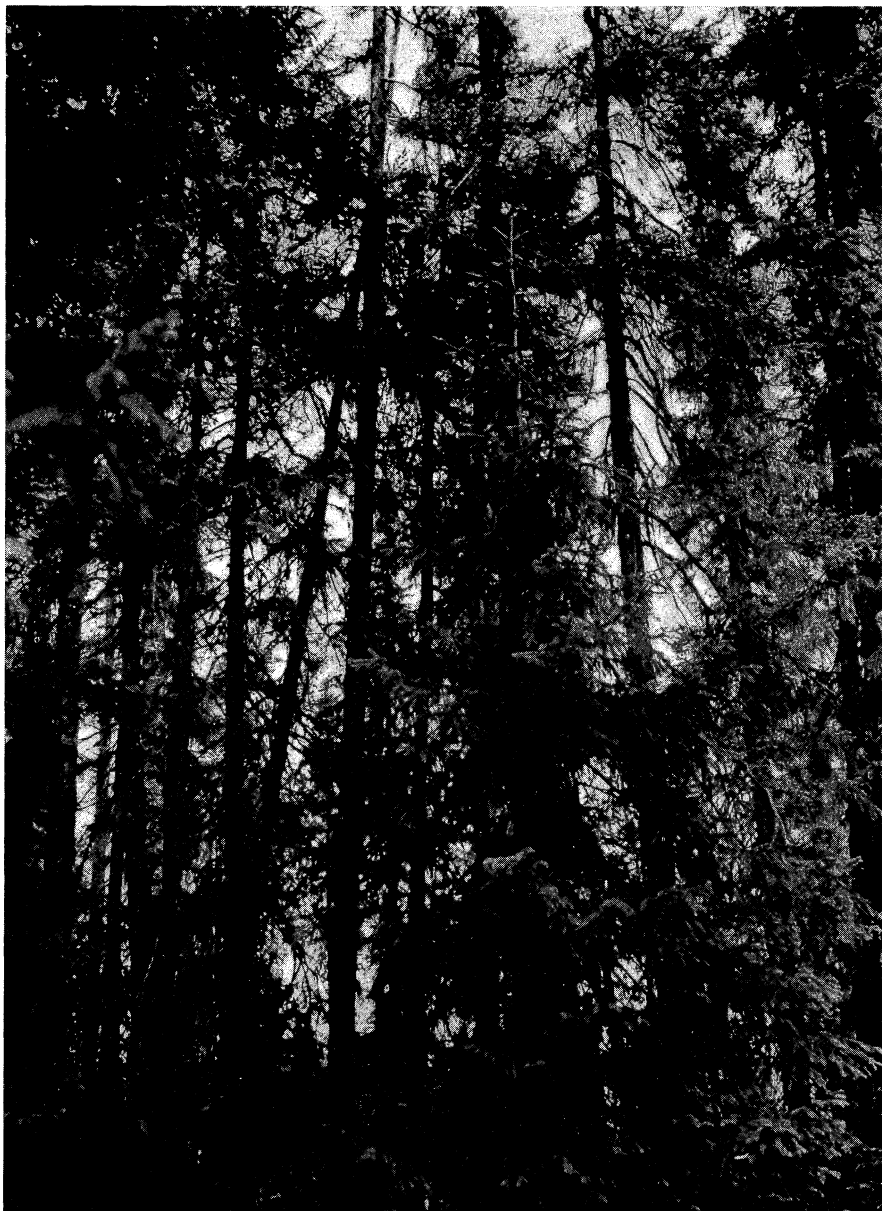


Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 29. Provyta 14, som vattnats med enbart bäckvatten. Tillväxten oförändrad, lavbeklädnaden kvarstår. 1934.

Probefläche 14, die nur mit reinem Bachwasser bewässert wurde. Zuwachs und Flechtenbekleidung unverändert. 1934.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto L. TRÉN.

Fig. 30. Bild från ytan som erhållit ammoniumnitrat (yta 12). Granen i bildens mitt var före ammoniumnitratvattningen starkt inhöljd i lavar, lavslöjan nu avkastad, god höjdtillväxt. 1934.

Teil der Fläche, die mit Ammoniumnitrat bewässert wurde, Fläche 12. Die Fichte in der Mitte des Bildes war vor der Ammoniumnitratbewässerung stark mit Flechten überwuchert; der Flechtenschleier ist jetzt abgeworfen. Guter Höhenzuwachs. 1934.

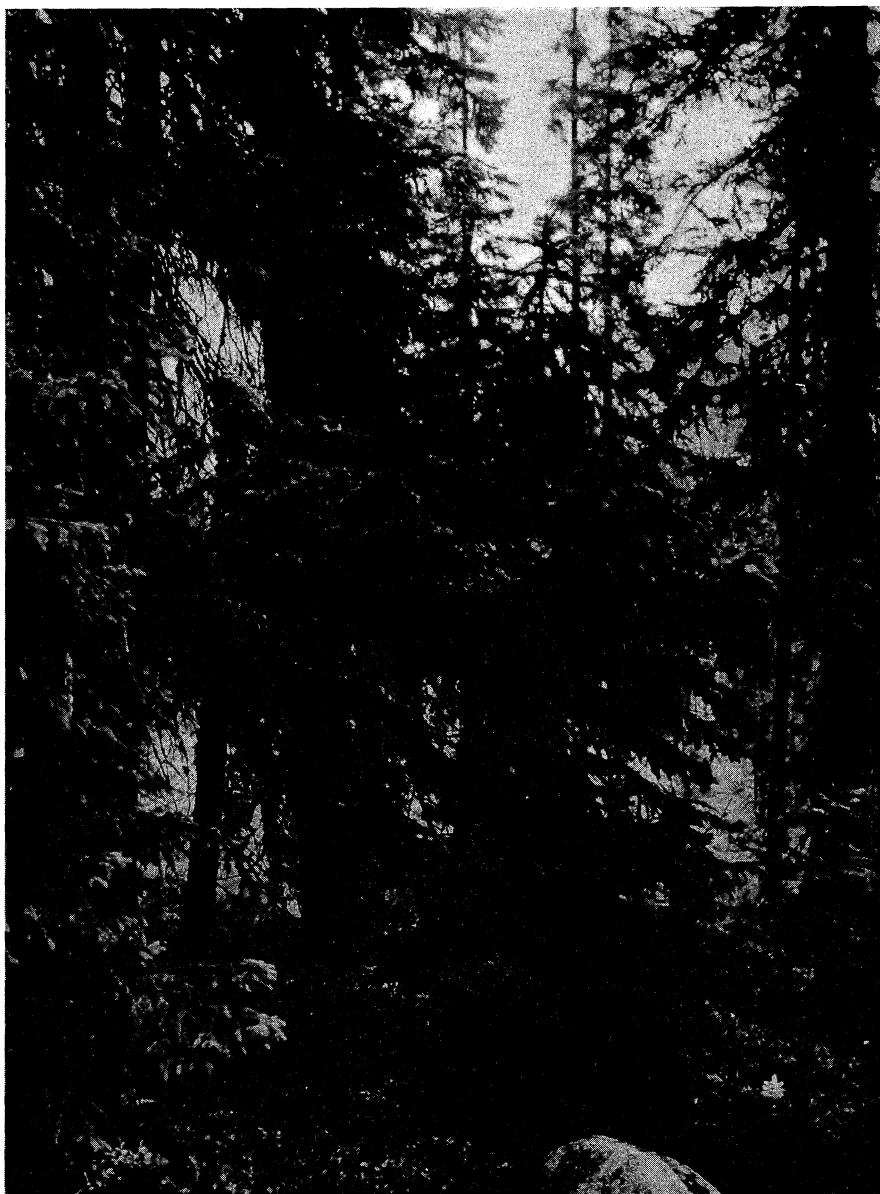


Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 31. Bild från yta 14, som vattnats med rent bäckvatten. Granen i bildens mitt har ej förändrats, höjdtillväxt minimal. 1934.

Teil der Fläche 14, die mit reinem Bachwasser bewässert wurde. Die Fichte in der Mitte des Bildes zeigt keine Veränderung; Höhenzuwachs ist minimal. 1934.

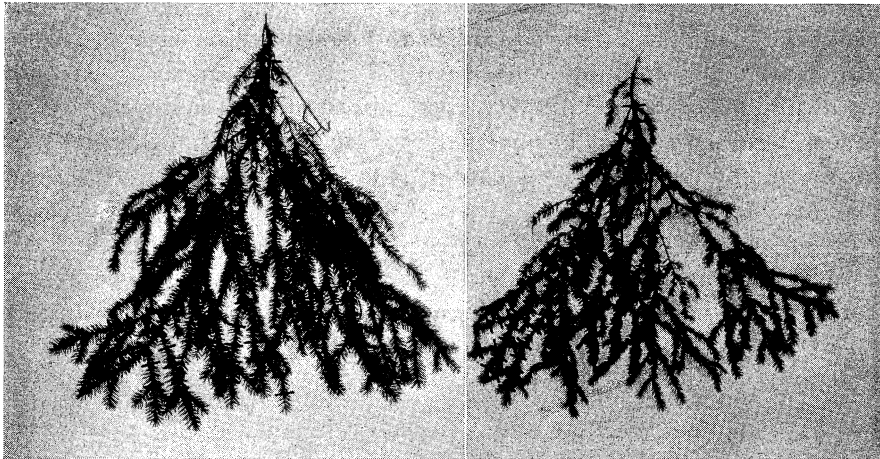


Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 32. Bild från yta 12, som vattnats med ammoniumnitratlösning I förgrunden en avbruten, böjd, år 1924 starkt lavbehängd gran, som avkastat lavslöjan och börjat växa på höjden. 1934.

Teil der Fläche 12, die mit Ammoniumnitratlösung bewässert wurde. Im Vordergrund eine gebrochene, niedergebeugte, im Jahre 1924 von Flechten stark überwucherte Fichte, die den Flechtenüberhang abgeworfen hat und nun wieder in die Höhe wächst. 1934.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Fig. 33. Prov av typiska grangrenar från försöken angående kvävet inverkan på den gamla granskogen. Till vänster gren från ammoniumnitratytan (12), till höger från vattenytan (14). Tvärstrecken utmärka årsleder.

Typische Fichtenzweige von den Versuchen über die Einwirkung des Stickstoffs auf alten Fichtenwald. Links ein Zweig von der Ammoniumnitratfläche (12), rechts von der Wasserfläche (14). Querstriche geben die Länge der Jahrestriebe an.

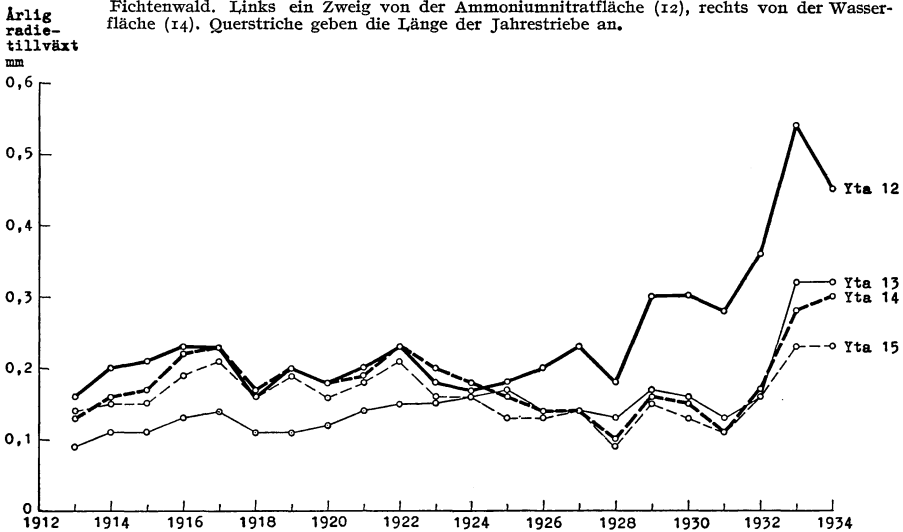


Fig. 34. Den genomsnittliga årsringsbredden hos granen å provytorna 12—14 under tiden 1913—1934. År 1924 började bevattningen med ammoniumnitrat.

Yta 12 = ammoniumnitratytan.

Yta 14 = vattenytan.

Yta 13 och 15 jämförelseytor utan något som helst ingrepp i bestånd eller mark (se fig. 36).

Die durchschnittliche Jahrringsbreite bei der Fichte auf den Probeflächen 12—14 während der Zeit 1913—1934. Im Jahre 1924 begann die Bewässerung mit Ammoniumnitrat.

Fläche 12 = Ammoniumnitratfläche.

Fläche 14 = Wasserfläche

Flächen 13 und 15 = Vergleichsflächen ohne jeglichen Eingriff in Bestand oder Boden.

liksom å ytorna 12—15, åren 1928 och 1931 en sänkning (se fig. 35). Enligt vad jägmästare TIRÉN, som under de senare åren synnerligen ingående studerat skogarna å Kulbäcksliden, meddelat mig, utgöra de smala årsringarna åren 1928 och 1931 liksom de breda 1933 och 1934 en allmän företeelse inom försöksparken.

Som huvudresultat av denna undersökning framgår följande. Årsringsbredderna å kväveytan, yta 12, hade under åren 1913—1925 så gott som samma bredd som å ytorna 14—15. Diametertillväxten å yta 13 var under åren 1913—1922 något svagare än å övriga ytor. Från och med 1926 visar kväveytan en kraftig ökning i diametertillväxten, varigenom den skiljer sig från övriga ytor, som ytterst nära följa varandra i avseende på diametertillväxtens

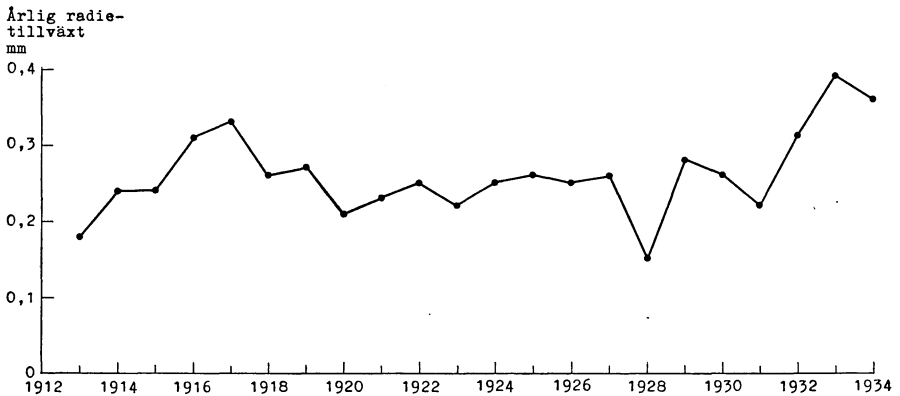


Fig. 35. Årsringsbreddens årliga storlek och variation under åren 1913—1934 hos granar växande mellan provyta 12 och 1927 års hygge.

Laufend-jährliche Jahrringsbreite und deren Variation während der Jahre 1913—1934 bei zwischen Probefläche 12 und dem Schlag 1927 wachsenden Fichten.

storlek och gång. Mera växtliga träd på västra sidan om kväveytan förete ingen tendens till en sådan ökning i årsringsbredden som iakttages å kväveytan. Växlingarna i årsringsbredden under olika år äro desamma å samtliga ytor och äro karakteristiska för granskogarna å Kulbäcksliden.

Av denna undersökning framgår med full klarhet, att den ökning i diametertillväxten i jämförelse med övriga ytor, som iakttages å kväveytan, är en följd av det tillförda kvävet. Ytan nr 14, som erhöi rent bäckvatten, har med hänsyn till tillväxten under åren 1924—1934 noga följt ytorna 13 och 15.

En närmare granskning av träden inom kväveytan visar att tillväxtökningen hos granen är allmän, av 26 undersökta granar visa 22 en bestämd ökning i årsringsbredden växlande från 4,8 % till 133 %. Granar med 200 årsringar vid brhd kunna visa en ökning av 66 %, en gran med 190 årsringar vid brhd visar en ökning med 96 %. Den största ökningen 133 % visar en gran med 128 årsringar vid brhd, den har en höjd av 7,4 m och en diameter på bark av 9 cm. Å ytan 13 visa av 11 granar 8 en tillväxtökning, 3 en till-

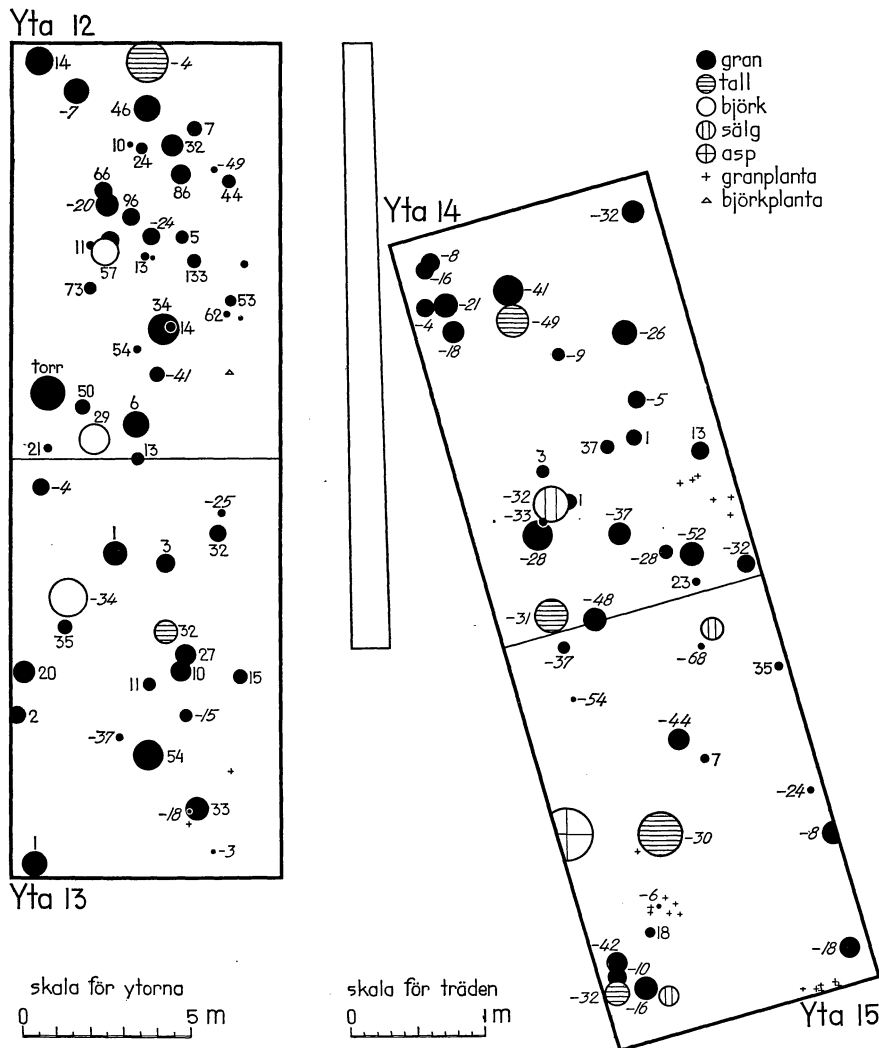
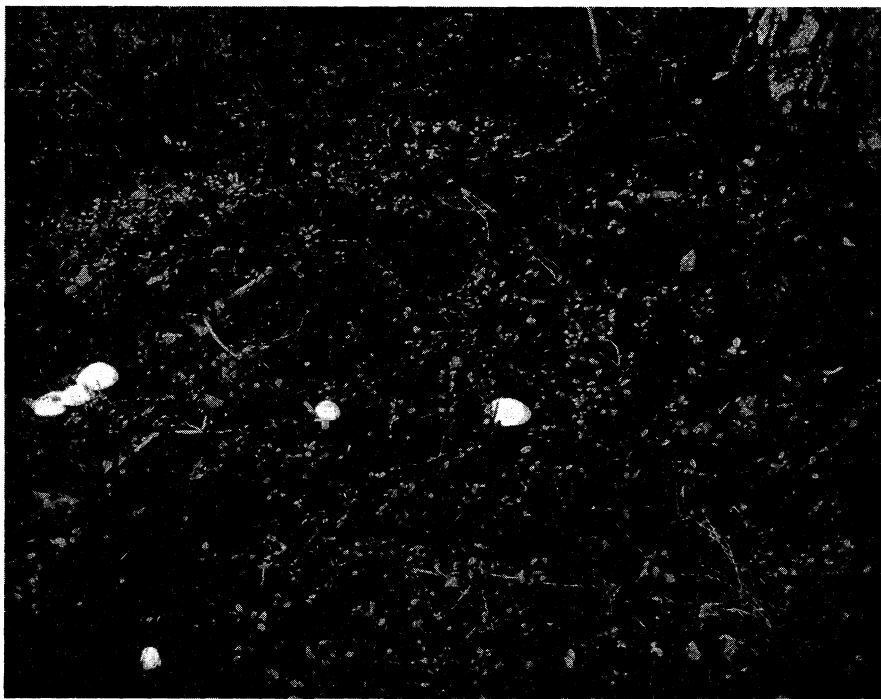


Fig. 36. Karta över trädfördelningen å provytorna 12—14. Siffrorna invid cirklarna årsringsbreddens procentiska ökning, lodräta siffror, eller minskning, lutande siffror, under perioden 1925—1934 i förhållande till föregående tioårsperiod. Jmfr fig. 34.

Karte über die Baumverteilung auf den Probeflächen 12—14. Die Ziffern an den Kreisen geben die procentuale Zunahme, lotrechte Ziffern, bzw. Abnahme, schräge Ziffern, der Jahrringsbreite während der Periode 1925—1934 im Verhältnis zur vorhergehenden Zehnjahresperiode. Vgl. Fig. 34.

växtminskning, högsta tillväxtökning är 54 % hos en gran om 200 år; å yta 14 visa av 23 granar 6 st. en tillväxtökning, max. 37 %, övriga en tillväxtminskning; å yta 15 av 14 granar 3 en tillväxtökning, övriga en tillväxtminskning. Å ytan 12 äro de granar, som förete en tillväxtökning jämnt spridda över ytan (se fig. 36).



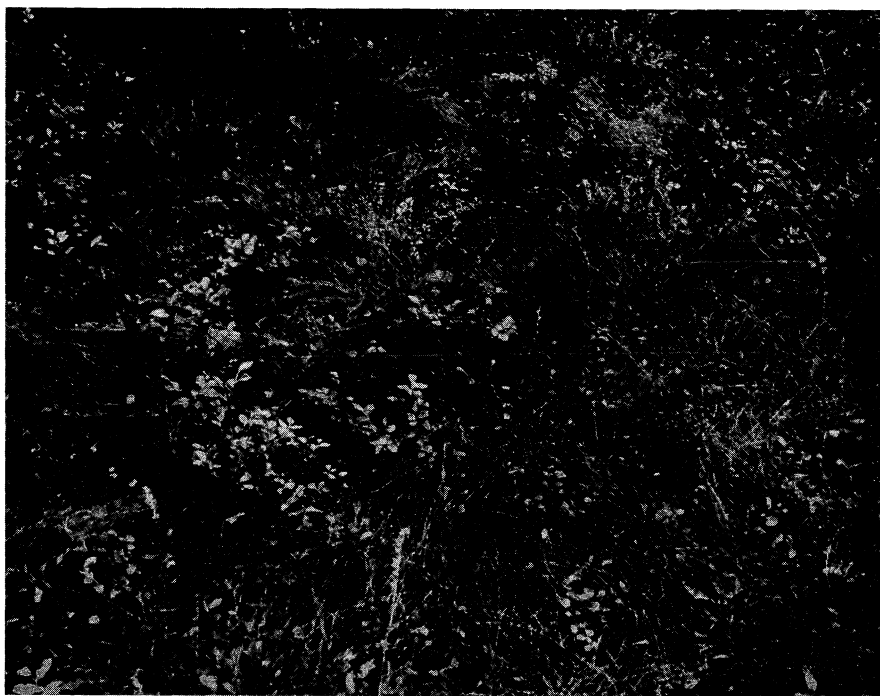
Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 37. Bild av markbetäckningen å ammoniumnitratytan, yta 12. Lingonrismattan har ej förändrats på grund av kvävetillförseln. 1934.

Bodenvegetation auf der Ammoniumnitratfläche, Fläche 12. Preiselbeerdecke hat sich infolge der Stickstoffzufuhr nicht verändert. 1934.

Förändringarna i markbetäckningen: Efterspolningen med rent bäckvatten, sedan ammoniumnitratvattningen avslutats, avsåg ej endast att rensola slangen utan också att skölja bort den lösning, som vid bevattningen fastnade å markbetäckningens blad. Man kunde eljes befara att under perioder av torr väderlek en liten tunn saltskorpa skulle uppstå å bladen, vilket skulle kunna skada och döda markvegetationen. Något sådant har emellertid ej iakttagits. Förändringarna i markvegetationen äro å kväveytan obetydliga, på vattenytan till synes obefintliga. Å kväveytan ha inga nya växter inkommit, ej heller ha några försvunnit. Lingon, linnea, *Pyrola secunda*, *Lycopodium annotinum*, *Empetrum nigrum* och *Goodyera* ha samma utseende som på kontrollytorna, fig. 37. Detta gäller även *Trientalis*. *Deschampsia flexuosa* däremot har ökat i mängd, fläckvis finns av den en rätt tät markbetäckning, den har möjligen något tillbakaträngt mossorna, fig. 38. Blåbärsriset har fått större blad och kraftigare, längre skott än å kontrollytorna, bladen äro något mörkare i färgen. Blåbärsriset överensstämmer med hänsyn till bladstorlek, skottens längd etc. närmast med blåbärsriset i bestånd av god *Dryopteris*- eller enklare



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

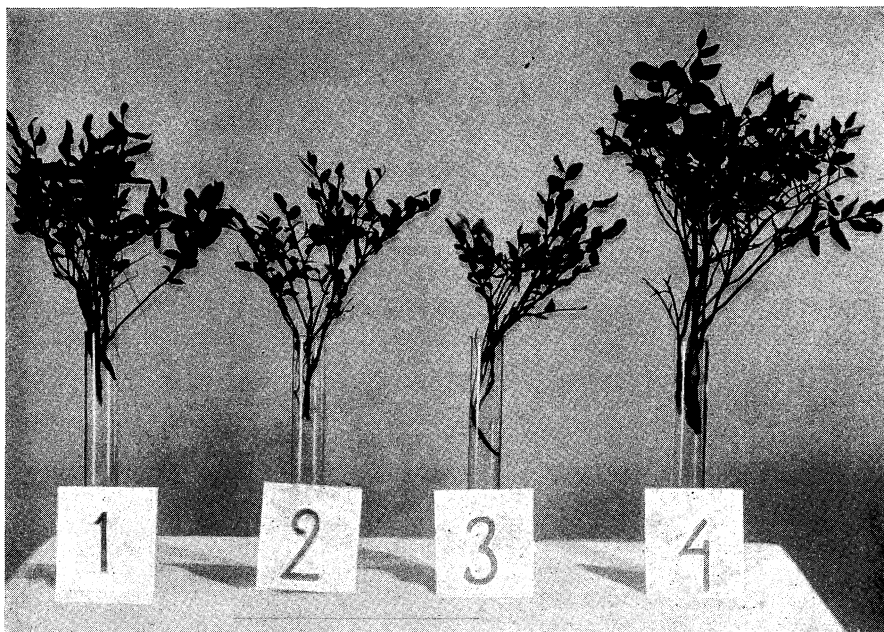
Foto O. LANGLET.

Fig. 38. Bild av markbetäckningen å ammoniumnitratytan, yta 12. Genom kvävetillförseln har *Deschampsia (Aira) flexuosa* ökat.

Bodenvegetation auf der Ammoniumnitratfläche. Fläche 12. *Deschampsia (Aira) flexuosa* hat infolge der Stickstoffzufuhr zugenommen.

Geranium-typ (se fig. 39). *Dryopteris Linnaeana* är något mera mörkgrön än å kontrollytorna.

De förändringar i markbetäckningen, som kvävebevattningen medfört, äro sålunda ej stora, vilket enligt min uppfattning visar, att de använda kvävemängderna ej på något sätt varit abnormala för den frågavarande skogstypen. De förändringar, som kunna konstateras, ha gjort markbetäckningen mera lik den, som utmärker *Vaccinium*- eller *Dryopteris*-typen med ett gott, aktivt humustäcke. Skulle man få döma av markbetäckningen, skulle sålunda de genom bevattning tillförda kvävekvantiteterna ha utjämnat skillnaderna mellan ett gott aktivt och ett dåligt, relativt inaktivt humustäcke. Detta var ju också utgångspunkten för beräkningen av de kvävemängder, som skulle tillföras. Beräkningarna voro baserade på de vid lagringsprov mobiliserade kvävekvantiteterna. Det vore onekligen överdrivet att på grund av den här funna överensstämmelsen mellan beräkning och erhållen effekt tillmäta utslagen av lagringsproven några absoluta värden. Resultatet tyder dock på att deras relativa värde, således den ordning sins emellan med hänsyn till



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Fig. 39. Prov av blåbärsris, illustrerande dess utveckling å försöksytorna. 1 från yta 12, vattnad med ammoniumnitrat, 2 från yta 14, vattnad med bäckvatten, 3 från yta 13 ovanför yta 12. 4 från granskog å Flakatjärens sluttning av *Dryopteris-Gevanium*-typ.

Proben von Blaubeerkraut zur Beleuchtung von dessen Entwicklung auf den Versuchsflächen. 1. von der Fläche 12, bewässert mit Ammoniumnitrat; 2. von der Fläche 14, bewässert mit Bachwasser; 3. von der Fläche 13 oberhalb der Fläche 12; 4. aus Fichtenbestand von *Dryopteris-Gevanium*-Typ am Abhang von Flakatjälen.

kvävemobilisering, som framgår av lagringsproven, är ett användbart mått, då det gäller att bedöma olika humustäckens aktivitet i avseende på kvävet mobilisering.

Den förändring, som granarna undergått genom kvävetillförseln, inskränker sig emellertid ej blott till ökad tillväxt, kronornas förbättring, mörkare färg hos barren och lavarnas avkastande utan också i förändringar med hänsyn till rötternas mykorrhizor. Förändringen observerades av mig vid markundersökningar 1934. För att få ett omfattande och så vitt möjligt objektiva material, insamlades gran- och tallrötter på 15 olika punkter inom var och en av ytorna 12—15. Proven togos på så sätt att medelst en spade utskuros ur humustäcket ungefär 4 dm² stora prov, omfattande såväl F-skiktet som H-skiktet ända ner till gränsen mot mineraljorden. Ur de så upptagna proven utplockades omsorgsfullt förefintliga gran- och tallrötter. Det på så sätt hopbragta materialet har med stor omsorg undersökts av fil. mag. ERIK BJÖRKMÄN i Uppsala, som lämnat följande redogörelse för sina undersökningar.

2. Om inverkan av ammoniumnitrat på granmykorrhizans utbildning i råhumusmark.

AV ERIK BJÖRKMAN.

Materialet för nedanstående undersökning härstammar från försöksytan 12, som vattnats med ammoniumnitrat, jämte tillhörande kontrolltytor (13—15). Dessa ytor benämnas här på följande sätt:

»Ammoniumnitratytan», under 8 somrar bevattnad med en ammoniumnitratlösning,

»Vattenytan», som på motsvarande sätt vattnats med enbart vatten från en närbelägen bäck,

»Ovanför ammoniumnitratytan» och

»Ovanför vattenytan», vilka icke utsatts för någon bevattning men utlagts i skogen invid de båda föregående.

Enligt meddelande av professor HESSELMAN utskars på 15 olika punkter inom varje yta ett parti av humuslagret, täckande vardera c:a 4 dm², och hopsamlades alla däri befintliga granrötter. Genom denna insamling av prov från skilda punkter inom varje observationsfält ha tillfälliga faktorer, som kunnat utöva inflytande på mykorrhizabildningen, i möjligaste mån borteliminerats och en genomsnittsbild av rotbildningen inom varje särskild provyta har sålunda kunnat erhållas.

Bearbetningen av materialet har utförts på Botaniska laboratoriet i Uppsala under ledning av professor E. MELIN.¹ Sedan rötterna rensplats, utfördes analyserna med tillhjälp av ett binokulärt preparermikroskop, varvid alla kortrötter granskades. De urskilda typerna mikrotomsnittades och undersöktes mikroskopiskt. Såvitt möjligt ha endast årgamla rötter medtagits. Från var och en av de fyra provytorna ha över 10 m långrötter med därpå sittande kortrötter undersökts.

Som bekant uppträder mykorrhizan hos barrträden i ett stort antal former, beroende dels på de svampar, som i varje särskilt fall ingå i symbiosen, dels på vissa yttre faktorer (MELIN, 1925, 1927). Vid rotanalyser är det emellertid ändamålsenligt att urskilja endast ett fåtal typer, vad trädens kortrötter beträffar (MELIN, 1927). Jag följer här i huvudsak MELINS (l. c.) typindelning.

Mykorrhiza A. Optimalt utvecklad mykorrhiza, vanligen försedd med hyfmantel och ett väl utbildat nätverk av hyfer mellan barkcellerna. I motsats till förhållandet hos MELINS A-mykorrhiza finnas ofta hyfsträngar utbildade.

Mykorrhiza B. Kombinerad A-mykorrhiza och pseudomykorrhiza, där den senare upptar den basala huvuddelen.

¹ Bidrag har lämnats ur Fonden för Skogsvetenskaplig forskning, till vilken jag ber få uttala min stora tacksamhet.

Mykorrhiza *C*. Denna typ, som synes förekomma endast hos tall, har ej observerats.

Mykorrhiza *D*. Till mykorrhizatyp *D* räknar MELIN (l. c., s. 436) den till färgen svartbruna — svarta mykorrhiza, hos vilken hyfmanteln består antingen av ett inre skikt hyalina och ett yttre skikt svartbruna hyfer eller enbart av dessa senare. Det svartbruna mycelet tillhör enligt MELIN svampar med parasitisk tendens, framför allt *M. R. atrovirens*. *D*-mykorrhizan har senare av HATCH (1934) uppdelats i två makroskopiskt lätt åtskiljbara typer. Den utgöres dels av en *A*-mykorrhiza, som blivit övervuxen av *M. R. atrovirens*, vilken bildar en sekundär mantel, och dels av en typ med ett liknande svartbrunt mycel, benämnt *M. R. nigrostrigosum*. I det följande kallar jag dessa båda mykorrhizatyper mykorrhiza *Da* och mykorrhiza *Dn* med resp. *atrovirens*- och *nigrostrigosum*-mycel. Hos båda typerna utgå från manteln svartbruna hyfer, men habituellt skiljes typ *Dn* (fig. 44) lätt från typ *Da* genom grövre och rikligare utstrålade hyfer (HATCH 1934).

Pseudomykorrhizorna ha oftast mörkbrun färg. Ett av de viktigaste av de i densamma ingående mycelen är *M. R. atrovirens* (MELIN, 1923).

De faktorer, som äro bestämmande för utvecklingen av olika former av mykorrhiza hos tall och gran, ha även ingående behandlats av MELIN (1917, 1923, 1925, 1927). En av de viktigaste faktorerna är markens beskaffenhet. Sålunda äro i en godartad råhumus praktiskt taget alla kortrötter utbildade som mykorrhizor, och knappast några pseudomykorrhizor förekomma. På näringsfysiologiskt dåliga skogsmarker däremot med stor brist på lösligt kväve äro pseudomykorrhizorna mer eller mindre dominerande. Några siffror ur MELINS undersökning 1927 med tallar i sand-humus-kulturer med prov från två extrema humustyper äro ägnade att belysa dessa förhållanden. Det första provet («Humusprov I») är taget från öppna, svårförnygrade partier i en tallhed med långsam nedbrytning, det andra («Humusprov IV») från ett kalhygge i en granskog av *Dryopteris*-typ med livlig sönderdelning av det organiska kvävet. Den procentuella fördelningen mellan mykorrhizor av typ *A* och pseudomykorrhizor var har följande:

	<i>A</i> -mykorrhiza	Pseudomykorrhiza
Humusprov I.....	0—5 %	63—91 %
Humusprov IV.....	87—97 %	0—7 %

Detta försöksresultat jämte flera andra berättiga till MELINS slutsats (s. 485), att en livlig kvävemobilisering eller faktorer, som nära sammanhånga med denna, gynnar uppkomsten av optimalt utvecklade mykorrhizor.

Resultatet av den av mig utförda undersökningen av det ifrågavarande rotmaterialet har sammanställts i tab. 30 och 31. Av dessa framgår, att kortrötterna utgöras av mykorrhizor eller pseudomykorrhizor; några oinfekterade kortrötter ha icke iakttagits.



Foto ERIK BJÖRKMAN.

Fig. 40. Mykorrhiza av *A*-typ med hyfer och hyfsträngar utstrålande från den tjocka manteln. De basala delarna ha pseudomykorrhizastruktur. Ammoniumnitratytan. 10 × 1.

Mykorrhiza vom *A*-Typ mit von dem dicken Mantel ausstrahlenden Hyphen und Hyphensträngen. Die basalen Teile haben eine Pseudomykorrhizenstruktur. Ammoniumnitratfläche. 10 × 1.

Värdena för de olika provytorna i tabell 31 kunna möjligen vara förknippade med vissa felkällor, emedan det undersökta rotmaterialet icke kan anses fullt homogent med hänsyn till långrötternas ålder. Dock har vid undersökningen största möjliga likformighet i detta avseende eftersträfvats, varför tabellens siffror torde kunna anses som ett fullt användbart uttryck för kortrötternas utbildning på de fyra försöksytorna.

Tab. 30. Kortrötternas utbildning hos gran i bevattningsförsöken vid Kulbäcksliden. Die Ausbildung der Kurzwurzeln der Fichte an den Versuchsflächen 12—15 im Versuchspark Kulbäcksliden.

Provyta	Lång- rötternas längd mm	Myk. <i>A</i>		Myk. <i>B</i>		Myk. <i>Da</i>		Myk. <i>Dn</i>		Pseudo- myk.	
		Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%
12. Ammoniumnitratytan . . .	14 060	1 049	15	1 189	17	486	7	498	7	3 795	54
13. Ovanför ammoniumnitrat- ytan	12 650	471	10	420	9	659	15	328	7	2 681	59
14. Vattenytan	11 120	282	7	386	10	574	14	184	5	2 542	64
15. Ovanför vattenytan	10 480	316	8	375	10	550	14	238	6	2 356	62



Foto ERIK BJÖRKMAN.

Fig. 41. Vål utvecklad mykorrhiza av *A*-typ utan utstrålande hyfsträngar. Kortrötterna till vänster utbildade huvudsakligen såsom pseudomykorrhiza. Ovanför vattenytan. 10×1.

Gut entwickelte Mykorrhiza von *A*-Typ ohne ausstrahlende Hyphenstränge. Die Kurtzwurzeln hauptsächlich als Pseudomykorrhiza ausgebildet. Oberhalb der Wasserfläche. 10×1.

Pseudomykorrhizorna äro dominerande på alla provytorna. Deras antal varierar mellan 54—64 %. Intressant är en jämförelse med MELINS nämnda analyser från försöket i krukor med sand och humus från äldre, trögväxande gran-skog vid Fagerheden. Pseudomykorrhizafrekvensen var här i medeltal 69 %.

I det undersökta materialet visar ammoniumnitratytan ett procentuellt mindre antal pseudomykorrhizor än kontrollytorna, ehuru skillnaden är obetydlig. De äro enkla, till färgen mörkbruna och sakna i regel rothår. På ammoniumnitratytan äro 15 % av kortrötterna utbildade såsom *A*-mykorrhiza, på de övriga ytorna 7—10 %. Motsvarande siffror för *B*-mykorrhizan äro

Tab. 31. Antal kortrötter av olika typ pr dm undersökt långrot hos gran i bevattningsförsöken vid Kulbäcksliden.

Zahl der Kurtzwurzeln per dm Langwurzeln von verschiedenen Typen bei der Fichte an den Versuchsflächen 12—15 im Versuchspark Kulbäcksliden.

Provyta	Myk. <i>A</i>	Myk. <i>B</i>	Myk. <i>Da</i>	Myk. <i>Dn</i>	Pseudo-myk.	Summa kortrötter
12. Ammoniumnitratytan	7,5	8,5	3,5	3,5	27,0	50,0
13. Ovanför ammoniumnitratytan	3,7	3,3	5,2	2,6	21,2	36,0
14. Vattenytan	2,5	3,5	5,2	1,7	22,9	35,8
15. Ovanför vattenytan..	3,0	3,6	5,2	2,3	22,5	36,6

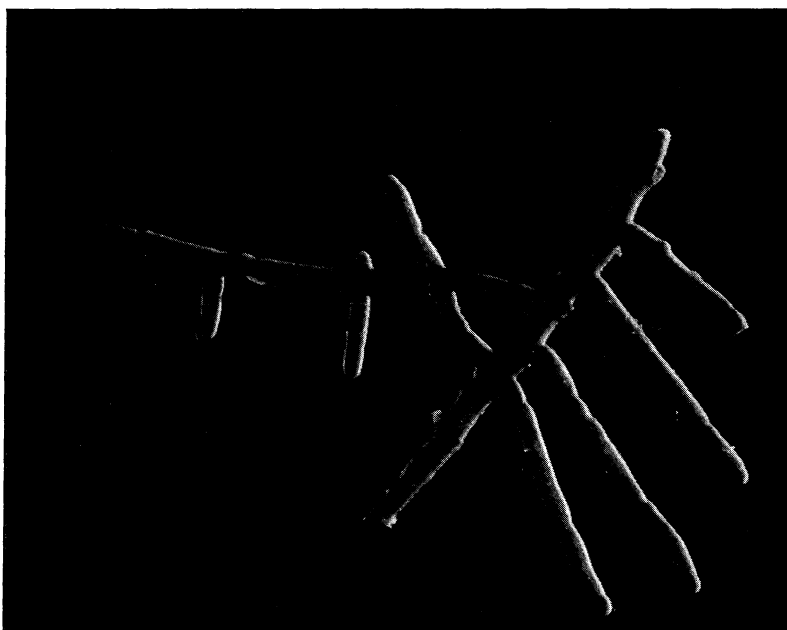


Foto ERIK BJÖRKMAN.

Fig. 42. Mykorrhiza av *A*-typ. Korta hyfer endast i mindre omfattning utstrålade från den kraftiga manteln. Ammoniumnitratytan. 10 × 1.
Mykorrhiza vom *A*-Typ. Kurze Hyphen nur in geringerem Umfang von dem kräftigen Mantel ausstrahlende. Ammoniumnitratfläche. 10 × 1.

resp. 17 % och 9—10 %. Beräknas antalet mykorrhizor pr dm undersökt långrot (tab. 31), finner man på ammoniumnitratytan omkring dubbelt så många *A*- och *B*-mykorrhizor som på övriga ytor.

I tab. 30 och 31 sammanfattas såsom mykorrhiza *A* flera olika former, av vilka den vanligaste är den i fig. 40 avbildade. Denna är oftast tämligen lång och föga förgrenad. Från manteln utstråla mer eller mindre rikligt vitaktiga hyfer jämte tämligen tjocka hyfsträngar. Kortrotens basala del har alltid pseudomykorrhizastruktur, vilket visar, att mykorrhizabildning kommit till stånd i spetsen av en pseudomykorrhiza.

Kontinuerliga övergångsformer mellan mykorrhiza av *A*- och *B*-typ ha iakttagits. Gränsen mellan dem har satts i överensstämmelse med MELIN (1927). En mera ingående beskrivning av de övriga förekommande former av *A*-mykorrhizor, som kunna urskiljas i materialet, faller utom ramen för denna kortfattade översikt. Några av dessa äro avbildade i fig. 41—43. Fig. 41 visar sålunda en rikligt förgrenad typ, som till färgen är brunaktig samt saknar utstrålade hyfsträngar. På grund av starkt turgortryck äro barkens cellväggar kraftigt utspända. Av allt att döma har mykorrhizabildningen

kommit till stånd omedelbart efter kortrotens framträngande från långroten. Dylika från första början optimalt utvecklade mykorrhizor äro dock i det föreliggande materialet synnerligen sällsynta och förekomma endast gruppvis. En annan utbildningsform åskådliggöres av fig. 42. Den är mörkbrun till färgen, har kraftigt turgortryck och endast obetydliga, korta hyfer utstrålade från den tjocka, nästan glänsande manteln. Dessutom ha observerats talrika *A*-mykorrhizor, som i motsats till de föregående sakna hyfmantel,



Foto ERIK BJÖRKMAN.

Fig. 43. Mykorrhiza av *A*-typ utan mantel men med rikligt utstrålade hyfer. (Det mörka partiet i mitten markerar en kraftig infektion av den svartbruna *M. R. atrovirens*.) Ammoniumnitratytan. 10×1.

Mykorrhiza vom *A*-Typ ohne Mantel aber mit reichlich ausstrahlenden Hyphen. (Die dunkle Partie in der Mitte markiert eine starke Infektion durch das schwarzbraune *M. R. atrovirens*.) Ammoniumnitratfläche. 10×1.

ehuru de äro försedda med talrikt utstrålade hyfer. I vissa fall kunna dessa (fig. 43) ej med säkerhet skiljas från pseudomykorrhizor utan mikroskopisk undersökning.

Med hänsyn till den mikroskopiska strukturen överensstämja alla iakttagna utbildningsformer av *A*-typen med varandra. Livslängden är jämförelsevis lång. Någon kärndegeneration har ej kunnat påvisas i barkcellerna, icke ens i de äldre partierna.

Uppenbarligen äro de nämnda typerna av *A*-mykorrhiza bildade av olika svampsymbionter, som förekomma sida vid sida om varandra. Någon närmare undersökning av hithörande frågor, som med framgång kunna angripas endast experimentellt, har jag emellertid icke haft tillfälle att utföra.

Av tab. 30 och 31 synes framgå, att mykorrhiza *Da* förekommer i något lägre frekvens på ammoniumnitratytan än på de övriga försöksytorna. Fördelningen av mykorrhiza *Dn* (fig. 44) synes däremot vara procentuellt ungefär densamma på alla provytorna.

Några väsentliga skillnader mellan vattenytan och de båda kontrolltytorna med hänsyn till granens mykorrhiza ha ej kunnat påvisas (se tab. 30 och 31). En tillförsel av vatten, kraftigt överstigande nederbörden, synes sålunda icke ha påverkat mykorrhizabildningen.

Det framgår av den utförda undersökningen att granmykorrhizan konstitueras med stor svårighet i den ifrågavarande skogstypen, även i det fall en gödning med ammoniumnitrat ägt rum. På ammoniumnitratytan har visser-

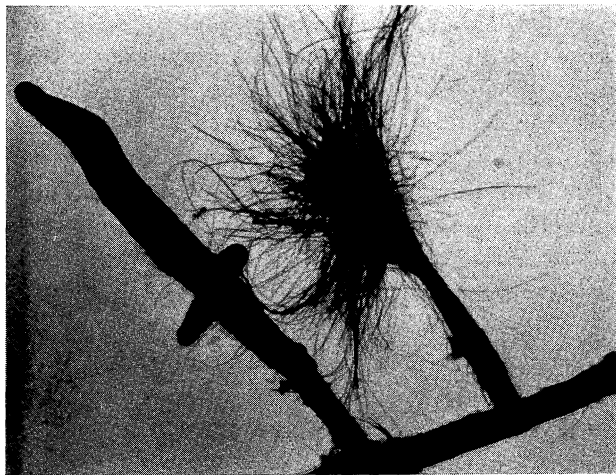


Foto ERIK BJÖRKMAN.

Fig. 44. Mykorrhiza av typ *Dn* (till höger), bildad av *M. R. nigrostrigosum*. Till vänster mykorrhiza av *A*-typ. Ammoniumnitratytan. 10 × 1.

Mykorrhiza vom Typ *Dn* (rechts), gebildet von *M. R. nigrostrigosum*. Links Mykorrhiza vom *A*-Typ. Ammoniumnitratfläche. 10 × 1.

ligen den totala frekvensen av mykorrhizor ökats, samtidigt som det totala antalet korrötter ökats. Mykorrhizautvecklingen måste dock även här betecknas som jämförelsevis svag. Detta framträder mycket tydligt vid en jämförelse med mykorrhizautbildningen i sand-humuskulturer med »humusprov IV» från kalhygge i granskog av *Dryopteris*-typ, där 87—97 % av samtliga korrötter utbildats som *A*-mykorrhiza.

Gödningen med ammoniumnitrat kan sålunda sägas till en viss grad direkt eller indirekt ha gynnat mykorrhizabildningen hos granen, men den har å andra sidan ej kunnat upphäva den ogynnsamma inverkan, som ifrågavarande råhumusform utövar på företeelsen ifråga. Varuti denna ogynnsamma inverkan består kan för närvarande ej avgöras. Den utförda undersökningen kan givetvis ej heller lämna svar på frågan, i vad mån den något kraftigare mykorrhizautvecklingen på ammoniumnitratytan bidragit till den förbätt-

rade utveckling hos granen, som HESSELMAN påvisat. För ett mera ingående studium av granens näringsfysiologi på dåliga råhumusformer efter tillsats av näringssalter fordras omfattande krukförsök. Enligt de undersökningar, som A. B. HATCH nyligen (1936) utfört, förmedla mykorrhizasvamparna till träden ej endast kväve utan även kalium och fosfor.

Resultaten av den utförda undersökningen kunna i korthet sammanfattas på följande sätt:

1. Undersökningen omfattar en analys av granrötternas utbildning i äldre, trögväxande granskog (Kulbäcksliden) efter en längre tids bevattning med å ena sidan bäckvatten, å andra sidan en lösning av ammoniumnitrat.
2. Den humusform, som förekommer i kontrolllytorna, utövar en starkt hämmande inverkan på mykorrhizabildningen hos gran. Förhållandena äro med hänsyn till mykorrhizabildningen ungefär desamma som i den av MELIN (1927) undersökta, trögt växande granskogen vid Fagerheden.
3. Genom bevattning med bäckvatten har förmågan till mykorrhizabildning ej undergått märkbar förändring.
4. Genom bevattning med en ammoniumnitratlösning synes granens förmåga till mykorrhizabildning till en viss grad ha stegrats. Den ogynnsamma inverkan, som den å ytan förefintliga råhumusformen utövar å granens mykorrhizabildning, har dock ej kunnat upphävas.

3. Sammanfattning av resultaten av kvävetillförseln till gammal lavbehängd granskog.

De genom ammoniumnitratvattning vunna resultaten visa sålunda följande.

1. Genom tillförsel under sommarmånaderna juni—augusti åren 1924—1929, 1933—1934 av svaga ammoniumnitratlösningar (8 g per 100 liter), motsvarande per år en totalmängd av 364 g kväve per 100 m² och 4,7 % av humustäckets totala kvävehalt har ett gammalt, c:a 200-årigt lavbehängt granbestånd bragts att ändra karaktär, visande sig i
 - a) en i jämförelse med kontrollytorna starkt ökad diameter-tillväxt,
 - b) ökad höjdtillväxt,
 - c) lavbeklädnadens successiva avkastande,
 - d) kronornas mörkare färg, bättre utbildade barr,
 - e) talrikare kortrötter och en ökning av *A*- och *B*-mykorrhizor, såväl procentuellt som per längdenhet långrot.

2. Markbetäckningen å den yta, som erhållit kväve, har under denna tid endast genomgått smärre förändringar, som gjort den mera lik den markbetäckning, som utmärker *Vaccinium*- eller *Dryopteris*-typerna, då de ha ett aktivt kvävemobiliserande humustäcke.

Genom att somrarna 1935—1936 öka den totala kvävemängden till den dubbla, motsvarande 9,4 % av humustäckets totalkväve, ha dessa förändringar ytterligare accentuerats.

De vunna resultaten utgöra utan tvivel en god bekräftelse på antagandet att humustäckets kvävemobilisering är en mycket viktig faktor icke blott för unglantornas utveckling utan även för det äldre beståndets tillväxt och utveckling samt för rötternas samliv med humustäckets svampflora. I det senare fallet har det tillförda kvävet ökat antalet mykorrhizor av A- och B-typ, vilka betraktas såsom för trädet gynnsamma former.

I det tillförda ammoniumnitratet ingår kvävet såväl i form av ammonium- som nitratkväve. Även i ett aktivt råhumustäcke torde nitrifikation i regel ej förekomma, det tillförda nitratkvävet kan därför betraktas såsom ett för humustäcket främmande ämne. I det föreliggande fallet synes dock detta ej haft någon betydelse, då markbetäckningen endast förändrat sig så att den i sitt utseende närmast sig den, som utmärker ett aktivt råhumustäcke. De speciella råhumusväxterna lingon, kråkbär, *pyrola*, linnéa, *Lycopodium annotinum* leva oförändrade kvar, endast blåbärsriset har något förändrats.

Då man jämför de äldre granskogarna på mera gynnsam mark med kraftigt kvävemobiliserande, luckra humustäcken med vegetation av *Dryopteris*- eller *Geranium*-typ med ungefär lika gamla granbestånd, där humustäcket är segt filtartat, finner man skillnader, som starkt tala för kvävemobiliseringens betydelse; å ena sidan växtliga träd med relativt lavfria kronor, å andra svagt växtliga med lavklädda kronor. Det beskrivna experimentet liksom jämförande observationer i naturen föra otvivelaktigt till den tanken att söka undvika den stagnation i granskogens utveckling, som vi nu observera, genom att under beståndsutvecklingen söka vidmakthålla kvävemobiliseringen i humustäcket. I vad mån detta kan vara teoretiskt och praktiskt möjligt skall på grund av hittills föreliggande observationer diskuteras i det följande.

Genom ett anslag, som jag i vår erhållit genom Vetenskapsakademien från Hierta-Retziusfonden, har jag blivit satt i tillfälle att fullfölja och utvidga de i detta kapitel omnämnda försöken. Tills vidare har jag tänkt mig att förlägga dem till de överåriga granbestånden å Storliden. Försöken skulle där åsyfta att söka belysa såväl kvävet roll för den gamla skogens tillväxt som för dess föryngring genom att samtidigt stimulera de äldre trädens tillväxt och de unga plantornas utveckling.

KAP. XI. EXPERIMENTELLA UNDERSÖKNINGAR ANGÅENDE HUMUSTÄCKETS FÖRÄNDRINGAR PÅ KALHYGGEN MED ELLER UTAN MARKBRÄNNING.

Samtliga i det föregående undersökta bestånd ha uppkommit på mark, som övergått av eld.

Eldens inverkan på råhumus i skogar av *Vaccinium*-typ visar sig i avtagandet av surhetsgraden och i en omvandling av kvävemobiliseringens art i humustäcket. En mer eller mindre livlig nitrifikation inträder i regel efter brand. Under det översta, avsvedda, ännu något sega humustäcket har humuslagret efter bränningen vanligen erhållit en lucker, mullartad struktur. Emellertid kunna vissa humustäcken enbart genom ökat ljustillträde till marken, men utan svedning övergå i ett nitrifikationsstadium. Denna omvandling åtföljes då av att humustäcket blir mera löst, luckert, till strukturen mullartat, surhetsgraden förminskas, alldeles som när elden gått över marken. De sega, mäktiga, utpräglade filtartade råhumustäckena övergå mindre lätt i ett nitrifikationsstadium än de mera luckra, tunna. Vad de förra beträffar synes eldens inverkan vara nödvändig, åtminstone för att ernå en mera snabb förvandling, de senare reagera däremot vid enbart ökat ljustillträde.

Genom en serie försök har jag sökt klarlägga de faktorer, som äro verk samma vid råhumustäckets omvandling och som omföra detta i ett mera mullartat, vanligen salpeterbildande stadium. Dessa studier kunna tjäna som ett teoretiskt grundlag för uppfattningen om bränningens och kalläggnings inverkan på marken, vilket i sin mån kan bidra till det praktiska bedömandet av dessa åtgärder.

Elden kan tänkas inverka på humustäcket förnämligast på två sätt. Genom den vid branden bildade askan tillføres marken ett mångsidigt sammansatt näringsmedel, som kan stimulera de i marken levande mikroorganismerna. I askan torde kalken dominera. Den rikliga tillförseln av baser inverkar på humustäckets struktur samtidigt med att surhetsgraden avtar. Uppvärmningen medför partiell sterilisation av humustäcket samtidigt med att en del organiska ämnen förändras i kemiskt eller fysikaliskt hänseende. Mikrofloran omvandlas, vissa mikroorganismer torde tryckas tillbaka, medan andra få bättre utvecklingsmöjligheter. För att i någon mån studera dessa frågor har jag undersökt den inverkan, som tillförandet av näringsämnen och upphettning av humustäcket kunna utöva på kvävemobiliseringen.

Försöksserier nr 1 och 2, av vilka den i tab. 31 utfördes hösten 1925, den i tab. 32 hösten 1927.

I dessa försöksserier användes humusprov från den svagt växtliga granskogen å Storliden inom försöksparken Kulbäcksliden, sålunda den mest ogynnsamma humusformen bland dem, som ingå i försöksserien från Kulbäcksliden-Svartberget. Till jordproven tillfördes i olika mängder och i olika försöksserier

1. CaCO_3
2. granaska
3. Sachs näringslösning¹ (KNO_3 ersatt med KCl).
4. fosforsyra i form av primärt kalcium- och kaliumfosfat
5. fosforsyra i form av primärt kalcium- och kaliumfosfat jämte CaCO_3 .

De tillförda salterna avsågo

1. att i främsta rummet höja reaktionstalet, p_{H} , och tillföra ett basiskt buffertämne (CaCO_3),
2. att jämte höjningen av reaktionstalet, p_{H} , tillföra jorden ett mångsidigt sammansatt näringsämne (granaska),
3. att utan reaktionstalets förändring tillföra jorden ett mångsidigt sammansatt näringsämne (Sachs näringssalter),
4. att tillföra jorden lättillgänglig fosforsyra med eller utan reaktionstalets höjning.

Försöken utfördes med

1. oupphettad jord utan infektion,
2. » » med » ,
3. jord, som i ena serien upphettades under 5 t. till 50°C , resp. 100°C , i den andra under 2 à 4 timmar till 40° , resp. 60° och 100°C .
4. på ovannämnda sätt upphettade prov, som efter upphettningen infekterats med salpeterbildande jord.

Resultaten, som äro framlagda i tabellerna nr 31 och 32, kunna lämpligen sammanfattas på följande sätt.

Upphettningen har ökat ammoniakbildningen under den därpå följande lagringen. Den maximala höjningen inträffar då proven upphettats till omkring 50° à 60°C under 4 à 5 timmar.

Tillförsel av näringssalter utan infektion har ej framkallat nitrifikation vare sig proven upphettats eller ej. De små nitratmängder, som ett par ggr funnits i lagringsproven, torde kunna betraktas såsom antingen fallande inom analysfelen eller bero på rena tillfälligheter.

Infektion med salpeterbildande jord har vanligen framkallat nitrifikation, men denna når avsevärda belopp endast då tillförda näringssalter (CaCO_3 , granaska) avsevärt höjt reaktionstalet. Den livligaste nitrifikationen har iakttagits hos infekterade prov, som erhållit kalk eller aska och som upphettats till 50° à 60°C . Näringssalternas inverkan på ammoniakbildningen är av mera komplicerad natur. Kalk (CaCO_3) och granaska ha ofta nedsatt den vid lagringstidens slut funna ammoniakmängden i förhållande till jämförbara prov utan dessa tillsatser. Sannolikt beror detta därpå att kalken såsom stark bas driver ut ammoniaken ur humusen, alltefter som den bildas. Resultaten äro dock något växlande. En fullständig näringslösning (enl. SACHS, KNO_3 ersatt av KCl) gynnar i serie 2 ammoniakbildningen, men har icke i något fall framkallat nitrifikation, sannolikt

¹ KCl 18,4 g, NaCl 12,5 g, CaSO_4 12,5 g, MgSO_4 12,5 g, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 12,5 g, H_2O 12,5 l.

Tab. 31. Försök över inverkan av upphettning och närings-
Versuch über die Einwirkung von Erhitzung und Nährsalz-

Gammal granskog. *Vaccinium*-typ.
Alter Fichtenbestand. *Vaccinium*-Typ.

	50 g råhumus					50 g råhumus upph. 5 t. till 50° C			
	P _H ¹⁾	urs.	3 mån. lagr.			2 dag.		3 mån. lagr.	
		NH ₃ -N mg/kg	P _H	NO ₃ -N mg/kg	NH ₃ -N mg/kg	P _H	P _H	NO ₃ -N mg/kg	NH ₃ -N mg/kg
Naturl. prov.....	3,6	159,3	3,8	1,2	278,2	3,9	(5,0)	1,2	525,7
1,0 g Ca CO ₃	5,3		5,0	3,6	205,0	6,2	5,2	(2,4)	412,8
2,0 g Ca CO ₃	7,3		6,7	1,2	69,5	7,9	(6,6)	0	154,1
2,0 g granaska.....	5,9		5,5	1,2	158,9	6,9	(6,2)	6,3	476,4
6,0 g granaska.....	7,3		6,8	0,9	104,1	7,6	(7,0)	10,5	54,6
0,5 g Sachs näringssalter KNO ₃ ersatt av KCL...	3,8		3,9	0,6	271,8	4,4	3,8	1,5	491,8
0,036 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O motsv. 0,04 % P ₂ O ₅	3,7		4,0	0,6	317,2	3,7	3,9	(1,2)	550,8
0,089 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O motsv. 0,1 % P ₂ O ₅	3,5		4,0	0,6	356,7	3,7	3,9	(0,9)	512,3
0,039 g KH ₂ PO ₄ motsv. 0,04 % P ₂ O ₅	3,5		3,8	0,6	317,0	4,3	3,8	2,1	526,9
0,097 g KH ₂ PO ₄ motsv. 0,1 % P ₂ O ₅	3,5		3,8	0,9	365,6	3,8	3,9	0,9	502,0
0,036 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+ 1 g Ca CO ₃	5,2		5,1	0,6	222,8	5,7	5,0	0,9	367,8
0,089 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+ 1 g Ca CO ₃	5,2		5,0	0	133,5	5,5	6,0	1,2	378,0
0,039 g KH ₂ PO ₄ +2 g CaCO ₃	6,7		6,2	1,2	128,7	6,8	6,4	0	114,3
0,097 g KH ₂ PO ₄ +2 g CaCO ₃	6,7		6,2	0,6	128,7	6,8	6,5	2,1	233,6

(P_H) = ej konst., (NO₃-N) = missfärgad.

¹⁾ P_H bestämd å extrakt med vätgaselektrod.

beroende på att proven haft för lågt p_H¹. Tillsats av fosforsyra, motsvarande 0,04 % å 0,1 % av provet, gynnar ammoniakbildningen, samtidig tillsättning av kalk kan dock nedsätta ammoniakhalten efter tre månaders lagring i förhållande till prov utan kalk.

En annan provserie, utförd hösten 1931, har avsett att undersöka lättillgängligt kväves inverkan på omsättningen i humustäcket, d. v. s. huruvida lättillgängligt kväve enbart eller i förening med kalk kan framkalla nitrifikation.

Såsom lättillgängligt kväve användes dels ammoniumsulfat, dels pepton. I båda fallen tillsattes till proven sådana mängder att kvävetillförseln motsvarade 300 mg kväve per kg jordprov. Försöken utfördes med olika humusformer, utmärkta av olika omsättningshastighet, nämligen:

1. två humusformer, utmärkta av livlig omsättning, nämligen från Brända holmen, Degerö stormyr, Kulbäcksliden och humus under gran å Rönslidens kronopark. I krukförsöken (sid. 600 och 606) ha dessa humusformer alstrat kraftiga, väl utvecklade tall- och granplantor.

¹ Då proven innehållit klor (KCl) blev kloten före bestämningen utfälld med silver-sulfat. Kloten kan därför ej ha inverkat på nitratbestämningen.

salts tillförsel på kvävemobiliseringen i humustäcket.

zuführung auf die Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke.

Storliden. Kulbäcksliden.

Storliden. Kulbäcksliden.

50 g råhumus upph. 5 t. till 100° C				45 g råhumus + 5 g inf.		45 g råhumus + 5 g inf. upph. 50° C		45 g råhumus + 5 g inf. upph. 100° C		50 g inf.-jord		
2 dag.	3 mån. lagr.			3 mån. lagr.		3 mån. lagr.		3 mån. lagr.		urs.	3 mån. lagr.	
P _H	P _H	NO ₃ -N mg/kg	NH ₃ -N mg/kg	P _H	NO ₃ -N mg/kg	P _H	NO ₃ -N mg/kg	P _H	NO ₃ -N mg/kg	P _H	P _H	NO ₃ -N mg/kg
3,6	3,8	1,8	316,7	4,2	10,2	4,4	15,0	4,2	21,0	6,4	(5,8)	480,0
5,7	5,1	1,5	84,1	5,6	150,0	(6,6)	255,0	5,3	69,0		(7,1)	348,0
7,0	6,6	1,5	104,1	7,1	1,2	(7,5)	(6,0)	6,5	3,0		(8,0)	396,0
5,9	5,6	1,2	44,6	5,7	90,0	5,7	195,0	5,6	66,0		7,7	420,0
6,9	6,7	1,2	89,1	7,3	0,9	6,9	63,0	7,3	1,2		7,7	480,0
4,0	4,0	1,2	262,6	4,6	13,3	4,3	21,0	4,2	13,2		5,8	408,0
3,8	4,0	1,2	376,3	4,0	18,0	4,1	10,5	4,2	19,5		4,8	600,0
3,7	3,7	2,4	406,2	4,0	15,0	4,1	12,0	4,2	18,0		5,5	480,0
3,8	3,8	1,8	419,9	4,0	12,0	4,2	12,0	4,1	18,0		5,5	600,0
3,8	3,8	2,1	376,9	4,0	10,5	4,2	6,0	4,1	16,5		5,8	600,0
5,4	5,0	1,5	54,3	5,3	165,0	5,3	225,0	5,2	162,0		(7,3)	600,0
5,5	5,0	1,8	34,7	5,0	195,0	4,7	225,0	5,3	180,0		7,2	420,0
6,5	6,2	1,8	54,4	6,4	3,3	6,1	195,0	6,4	3,6		(7,7)	540,0
6,8	6,6	2,4	34,6	6,2	36,0	6,2	195,0	6,7	21,0		(7,6)	540,0

2. två humusformer, utmärkta av svag omsättning, nämligen från den gamla granskogen å Storliden, Kulbäckslidens försökspark samt prov av det tjocka råhumustäcket å Rönnlidens kronopark. I krukförsöken alstrade dessa humusformer svaga tall- och granplantor (sid. 606). I synnerhet var detta fallet med humusprov, tagna mellan träden i den gamla granskogen å Rönnliden.

3. en humusform med måttlig omsättning från *Vaccinium*-skogen å Högsvartbergets försökspark. I krukförsöken alstrade denna humusform relativt svaga tall- och granplantor, men bättre än sistnämnda humusformer (sid. 606).

Resultaten i denna försöksserie (tab. 32) torde lämpligen kunna sammanfattas på följande sätt.

De luckra, till sin struktur något mullartade humusformerna (Brända holmen, Kulbäcksliden, F-skikt; humus under gran, Rönnliden) med ett p_H av 5,4 och 5,9 ha i denna lagringsserie bildat betydande mängder ammoniak- och nitratkväve. De sega, filtartade råhumusformerna (Storliden, Kulbäcksliden; humustäcke mellan granarna, Rönnliden) ha i jämförelse med dessa bildat obetydliga mängder ammoniakkväve, nitratkvävemängderna falla inom analysfelen. En mellanställning inta humusproven från *Vaccinium*-skogen å Högsvartberget,

Tab. 32. Försök över inverkan av upphettning och näringssalttillförsel på kvävemobiliseringen i humustäcket. Versuch über die Einwirkung der Erhitzung und Nährsalzzuführung auf die Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke.

Gammal granskog. *Vaccinium*-typ. Stordlidsreservatet. Kulbäcksliden.
 Alter Fichtenbestand. *Vaccinium*-Typ. Stordlid-Reservat. Kulbäcksliden.

	O u p p h e t t a t						
	Unerhitzt						
	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N	NH ₃ -N
	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg urs.	mg/kg 3 mån.l.
Ingen tillsats.....	3,7	3,8	I	60	93	170	66
0,5 g Ca CO ₃	4,8	4,8	I	111	120	—	66
1,5 g Ca CO ₃	6,6	6,3	0	11	102	—	53
1,0 g granaska.....	5,0	4,9	I	123	114	—	53
3,0 g granaska.....	6,4	6,5	0	96	141	—	46
0,5 g Sachs näringssalter.....	3,5	3,5	I	66	90	—	148
0,097 g KH ₂ PO ₄	3,5	3,6	0	69	84	—	191
0,089 g Ca H ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O.....	3,6	3,7	0	63	96	—	132
0,097 g KH ₂ PO ₄ +1,5 g Ca CO ₃	5,8	6,1	0	84	99	—	105
0,089 g Ca H ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+0,5 g Ca CO ₃	4,8	4,6	0	102	111	—	73

	Upphettat 2 timmar vid 40° C					Upphettat 4 timmar vid 40° C						
	Erhitzt 2 Stunden bei 40° C					Erhitzt 4 Stunden bei 40° C						
	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N
	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.
Ingen tillsats.....	3,8	3,7	0	75	93	132	3,7	3,7	0	84	93	—
0,5 g Ca CO ₃	4,7	4,8	0	126	120	112	4,7	4,7	0	162	120	—
1,5 g Ca CO ₃	6,3	6,5	0	105	102	72	6,4	6,3	0	186	102	—
1,0 g granaska.....	4,9	4,9	0	186	114	79	4,7	4,8	0	180	114	—
3,0 g granaska.....	6,5	6,4	0	186	141	53	6,3	6,3	0	198	141	—
0,5 g Sachs näringssalter.....	3,4	3,5	2	72	90	310	2,9	3,5	0	57	90	—
0,097 g KH ₂ PO ₄	3,4	3,5	0	84	84	178	3,5	3,5	0	120	84	210
0,089 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O.....	3,2	3,2	0	54	96	145	3,6	3,6	0	75	96	112
0,097 g KH ₂ PO ₄ +1,5 g Ca CO ₃	5,2	6,2	0	90	99	—	5,4	6,1	0	114	99	86
0,089 g Ca H ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+0,5 g Ca CO ₃	4,5	4,5	0	132	111	—	4,6	4,5	0	162	111	59

	Upphettat 2 timmar vid 60° C					Upphettat 4 timmar vid 60° C						
	Erhitzt 2 Stunden bei 60° C					Erhitzt 4 Stunden bei 60° C						
	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N
	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.
Ingen tillsats.....	4,1	4,0	0	63	93	204	3,9	3,9	0	33	93	277
0,5 g Ca CO ₃	5,0	4,8	0	300	120	224	4,9	4,8	0	192	120	277
1,5 g Ca CO ₃	6,4	6,4	0	144	102	125	6,5	6,3	42	252	102	179
1,0 g granaska.....	4,9	5,0	0	288	114	243	4,7	5,0	8	222	114	244
3,0 g granaska.....	6,2	6,4	20	228	141	245	6,4	6,3	11	285	141	192
0,5 g Sachs näringssalter.....	3,6	3,6	0	63	90	349	3,7	3,6	spår	66	90	303
0,097 g KH ₂ PO ₄	3,6	3,5	0	78	84	283	3,6	3,5	0	75	84	298
0,089 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O.....	3,7	3,7	0	69	96	330	3,8	3,8	0	66	96	310
0,097 g KH ₂ PO ₄ +1,5 g Ca CO ₃	5,4	6,3	0	111	99	278	5,4	6,2	0	78	99	311
0,089 g Ca H ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+0,5 g Ca CO ₃	4,6	4,7	0	282	111	297	4,8	4,7	0	315	111	243

	Upphettat 2 timmar vid 100° C					Upphettat 4 timmar vid 100° C						
	Erhitzt 2 Stunden bei 100° C					Erhitzt 4 Stunden bei 100° C						
	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N	P _H		NO ₃ -N	NO ₃ -N+inf.	inf.	NH ₃ -N
	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.	urs.	3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg 3 mån.l.	mg/kg	mg/kg 3 mån.l.
Ingen tillsats.....	4,0	3,8	0	66	93	166	3,8	3,8	0	63	93	210
0,5 g Ca CO ₃	5,1	4,7	2	150	120	106	4,9	4,7	0	156	120	46
1,5 g Ca CO ₃	6,2	6,6	0	174	102	0	6,3	6,3	0	138	102	191
1,0 g granaska.....	5,1	5,0	0	156	114	212	5,1	4,9	0	168	114	151
3,0 g granaska.....	6,3	6,3	0	150	141	140	6,3	6,3	0	108	141	79
0,5 g Sachs näringssalt.....	3,6	3,6	0	45	90	179	3,6	3,6	1	51	90	197
0,097 g KH ₂ PO ₄	3,5	3,5	0	84	84	126	3,5	3,5	0	66	84	151
0,089 g CaH ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O.....	3,5	3,6	0	48	96	159	3,6	3,6	0	60	96	164
0,097 g KH ₂ PO ₄ +1,5 g Ca CO ₃	5,4	5,9	0	102	99	0	5,4	5,6	0	96	99	79
0,089 g Ca H ₄ (PO ₄) ₂ +H ₂ O+0,5 g Ca CO ₃	5,2	4,5	0	168	111	93	4,7	4,6	0	174	111	66

ammoniakmängderna äro avsevärda, men nitratmängderna obetydliga och falla närmast inom analysfelen. Tillsats av kalciumkarbonat, som höjer p_H till omkring 6,0, framkallar nitrifikation hos de relativt gynnsamma humusformerna (H-skiktet, Brända holmen; *Vaccinium*-skogen å Högsvarterberget), men är utan effekt på de mer ogynnsamma (Storliden, Kulbäcksliden; mellan granar, Rönnliden), hos dessa humusformer märkes vid kalktillsats ofta en sänkning av ammoniakmängden vid lagringstidens slut.

Tillförsel av lättillgängligt kväve i form av ammoniumsulfat eller pepton till en mängd av 300 mg kväve per kg jord har ej i något fall kunnat framkalla nitrifikation. I nitrificerande jordar (Brända holmen, F-skikt; humus under gran, Rönnliden) har peptontillsatsen stimulerat nitrifikationen, men ej tillsatsen av ammoniumsulfat.

Infektion med salpeterbildande jord har i samtliga icke nitrificerande jordar framkallat nitrifikation, men denna nitrifikation är avsevärt svagare än i nitrificerande prov. Tillsats av kalk höjer hos de infekterade proven nitrifikationens intensitet. Hos de ogynnsammare humusformerna (Storliden, Kulbäcksliden; mellan granar, Rönnliden) äro dock de bildade mängderna nitratkväve avsevärt lägre än de som bildas hos de luckra, gynnsamma humusformerna. Tillsats av kväve i form av ammoniumsulfat eller pepton har hos gynnsammare humusformer (Brända holmen, F-skikt; Rönnliden under gran) efter infektion framkallat en livligare nitrifikation, varvid pepton varit verksammare än ammoniumsulfat. Hos mera ogynnsamma humusformer är verkan efter infektion mera obestämd, dock har pepton höjt nitrifikationen i infekterade prov från Storliden, Kulbäcksliden och i den ogynnsamma humusformen från Rönnliden.

De här refererade försöken kunna i sin mån belysa de faktorer, som betinga humustäckets omvandling på ett hygge, vare sig marken avsvedes eller ej. Den med hänsyn till kvävemobiliseringen mest påfallande förändringen består som bekant däri, att den ammoniakbildning, som försiggår i det slutna beståndets humustäcke, övergår på det brända eller obrända hygget i en mer eller mindre livlig nitrifikation. Luckra, till sin struktur mera grynga humustäcken övergå lätt i nitrifikationsstadium, de mera sega filtartade med större svårighet, ofta fordras för en mera fullständig förändring avsvedning av marken. De undersökta humusproven lämna exempel på hur olika lätt humustäcket kan bringas i nitrifikation. I den undersökta serien ingå ett par prov, som under lagringen bildat betydande nitratmängder, ehuru till proven ej satts vare sig kalk eller nitrificerande jord (prov av F-skiktet på Brända holmen och humustäcket under gran på Rönnliden). Resultaten stämma ej med föregående erfarenhet. Även dylika luckra råhumusprov bruka vid lagring endast bilda ammoniak, ej salpeter. En förklaring torde man möjligen ha att söka i de undersökta provens stora kalkrikedom och ovanligt höga p_H , 5,4, resp. 5,9. Vid dylika reaktionstal förekommer ofta nitrifikation. I lagringsproven med F-skikt från Brända holmen fanns också rikligt med maskar, vilka genom sin verksamhet kunna ha bidragit till den kraftiga kvävemobiliseringen, vilken fört till nitrifikation. Fråga torde vara, om dessa humustäcken i naturen bilda salpeter, sannolikt har man här att söka ett utslag av den förändring i omsättningsvillkoren, som lagringen av humusproven med nödvändighet innebär och vilken tyvärr med nuvarande metoder är oundviklig (se kap. om metodiken). Även om man i detta fall måste ställa sig mycket tveksam till fråga om nitrifikation verkligen förekommer i dessa råhumustäcken, så länge de ligga intakta på marken, är det uppenbart att kalkhalt, reaktionstal och i det

Tab. 33. Försök över inverkan av kalk (CaCO₃) och lätt-
Versuch über die Einwirkung von Kalk (CaCO₃) und leicht zugäng-

1865-års bränna. Brända holmen.																	
F-																	
CaCO ₃ g	Ingen tillsats					Infektion					NH ₃ -N 15 mg/50 g						
	P _H		NH ₃ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	l	P _H		NH ₃ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	inf.	l	P _H		NH ₃ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	l	
	urs.	lagr.	3 m. l.	3 m. l.		urs.	lagr.	3 m. l. ¹	3 m. l.			urs.	lagr.	3 m. l.	3 m. l.		
0	5,4	4,6	2 127	1 104	13	4,4	1 418	6	920	48	9	5,4	4,8	2 453	1 104	8	
0,4	6,0	4,6	1 133	1 472	10	4,5	516	1	1 564	54	4	6,1	4,8	1 115	1 196	2	
1,2	6,5	5,0	99	1 932	6	4,9	25	2	216	54	4	6,5	4,8	274	2 116	1	
H-																	
0	4,6	5,0	1 663	3,1	1	4,6	4,1	927	6	578	48	3	4,4	5,1	2 162	4,4	4
0,4	5,2	5,2	1 716	41	3	5,1	4,1	449	1	1 054	54	2	5,1	5,4	2 066	5,1	12
1,2	6,3	4,9	40	1 496	3	6,2	4,9	0	2	1 836	54	3	6,1	5,0	576	1 462	6
1828 års bränna. Högsvarthberget.																	
F-																	
0	4,5	5,3	1 895	24	2	4,6	4,2	951	12	—	68	2	4,5	5,1	2 056	17	0
0,4	5,1	5,4	1 919	34	3	5,1	4,4	233	0	1 428	82	0	5,0	5,5	2 229	17	7
1,2	5,9	5,3	118	1 462	6	5,9	5,4	23	0	1 496	95	3	5,9	5,2	342	1 360	2
H-																	
0	4,3	5,2	1 083	15	1	4,3	4,1	662	12	544	68	1	4,3	4,8	1 620	10	5
0,4	5,2	5,5	1 052	14	2	5,3	4,4	234	0	884	82	1	5,7	5,5	1 257	24	4
1,2	6,1	6,1	387	136	0	6,1	5,8	11	0	1 632	95	0	6,1	5,9	648	408	3
Gammal granskog. Storliden.																	
F-																	
0	4,7	4,8	968	8	1	4,1	567	17	474	44	0	4,5	4,8	1 310	13	0	
0,4	5,0	5,0	671	9	0	4,2	203	1	895	75	1	4,9	5,1	1 332	13	1	
1,2	6,0	5,9	882	18	1	5,2	0	2	1 106	75	1	6,0	6,1	1 075	16	0	
H-																	
0	3,8	4,4	321	22	0	4,0	356	7	65	44	0	3,8	4,4	723	14	0	
0,0	4,8	4,7	31	21	0	4,6	43	1	56	75	0	4,8	4,7	545	23	0	
1,2	6,1	5,9	74	19	0	5,8	22	2	280	75	0	6,0	5,7	326	19	0	
Kronoparken Rönnliden.																	
F+H-																	
0	5,9	4,6	959	1 428	0	5,7	4,4	689	12	1 768	51	1	6,0	4,6	1 590	1 224	0
0,4	6,2	4,4	36	2 040	0	7,1	4,4	59	2	2 176	71	1	6,6	4,4	73	2 108	1
1,2	7,1	5,1	14	2 176	0	6,7	5,3	14	3	2 312	92	2	7,0	5,1	0	2 448	1
Kronoparken Rönnliden.																	
F + H-																	
0	4,0	4,4	388	4,5	0	4,0	4,1	496	12	211	51	0	4,0	4,1	722	3,1	0
0,4	4,3	4,6	21	3,7	0	4,7	4,4	14	2	—	—	0	4,7	4,6	293	5,4	0
1,2	5,9	5,7	51	4,1	0	5,8	5,3	0	3	218	92	0	5,9	5,2	154	58	0

¹ I denna tabell anges under inf. den mängd ammoniak- eller nitratkväve, som kan beräknas ha bildats av den tillsatta mängden infektionsjord.

tillgängligt kväve på kvävemobiliseringen i humustäcket.

lichem Stickstoff auf die Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke.

NH ₃ -N 15 mg/50 g + inf.														Pepton-N 15 mg/50 g				Pepton-N 15 mg/50 g + inf.					
P _H		NH ₃ -N		NO ₃ -N		inf.		l		P _H		NH ₃ -N		NO ₃ -N		inf.		l					
urs. lagr.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.		3 m. l.					
4,4	4,3	1 814	781	41	1	2 288	2 024	27	95	9	4	5,3	4,6	2 259	1 840	8	4,4	1 636	22	1 840	109	3	
4,9		43	0	2 392	82	6	6,5	5,0	90	3 128	4	5,0	25	2	2 668	54	3						
skikt.																							
4,4	5,2	1 375	42	272	27	1	4,5	5,0	1 926	5,8	0	4,5	4,1	1 074	22	816	109	1					
5,1	4,2	595	1	1 020	95	0	5,4	—	—	—	—	5,4	4,1	496	2	1 224	61	4					
6,3	4,7	18	0	1 598	82	0	6,1	5,1	424	1 496	2	6,4	5,0	18	2	1 768	54	0					
skikt.																							
4,5	3,9	1 103	37	1 020	61	1	4,3	5,4	2 171	34	4	4,4	4,6	1 081	17	1 292	75	1					
5,1	4,2	348	1	1 700	102	4	5,1	5,6	2 005	95	2	5,3	4,6	186	0	1 632	109	1					
5,9	5,1	23	1	2 176	116	1	6,2	5,5	623	884	3	6,1	5,2	23	1	1 530	109	2					
skikt.																							
4,1	4,5	1 041	37	340	61	2	4,4	5,0	1 436	12	8	4,5	4,2	1 074	17	680	75	3					
5,3	4,0	102	1	1 020	102	2	5,8	5,5	1 162	14	11	5,5	4,4	85	0	1 156	109	0					
6,1	5,6	0	1	1 156	116	4	6,3	6,3	750	75	25	6,2	5,6	8,5	1	1 428	109	1					
Kulbäcksliden. Vaccinium-skog.																							
skikt.																							
4,5	4,2	1 144	40	316	41	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,9		503	2	790	82	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		43	2	1 317	82	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
skikt.																							
4,2		865	40	26	41	0	3,8	4,3	456	16	0	4,1	477	22	276	34	0						
4,0		173	2	112	82	0	4,8	4,7	87	12	0	4,1	43	2	552	92	0						
5,4		32	2	131	82	0	6,2	5,6	163	18	0	5,8	11	1	368	82	0						
Humustäcke under gran.																							
skikt.																							
5,5	4,5	1 141	44	1 700	44	3	6,0	4,4	899	1 972	0	5,6	4,3	711	21	2 244	54	4					
6,3	4,4	90	4	2 108	88	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,6	5,1	9	3	2 516	95	0	7,8	5,1	0	2 516	0	7,5	5,0	14	2	2 992	85	1					
Humustäcke mellan granar.																							
skikt.																							
3,9	4,2	838	44	21	44	0	4,2	4,4	623	6,8	0	4,2	4,2	644	21	272	54	0					
4,6	4,3	124	4	462	88	0	4,7	4,6	167	5,4	0	4,7	3,9	69	2	782	85	0					
6,0	5,0	0	3	680	95	0	5,8	5,4	42	9,5	0	5,8	5,4	14	2	408	85	0					

² 3 m. l = 3 månaders lagring.

ena fallet riklig förekomst av maskar måst ha gynnat nitrifikationen. Ett sådant utslag gav endast de luckraste humusproven. På annat sätt förhålla sig de sega filtartade i de gamla överåriga skogarna. Ammoniakbildningen är hos dessa vida svagare än hos de luckra. Tillsats av kalk, lättillgängligt kväve i form av pepton eller ammoniumsulfat, näringssalter såsom granaska, Sachs näringslösning, fosfater förmå ej omvandla kvävemobiliseringens natur, men väl påverka ammoniakbildningens livlighet. För att framkalla nitrifikation fordras inblandning med salpeterbildande jord, men för att nitrifikationen skall bli livlig, tillsats av kalk, som höjer reaktionsresultatet. Vid de i de sega råhumustäckena vanligen rådande reaktionstalen omkring 4,0 är nitrifikationen svag.

De i dessa kapitel refererade försöken tala mycket starkt för att tillförsel av näringssalter stimulerar ammoniakbildningen. Ett råhumustäcke, som multnar på ett kalhygge under sådana klimatbetingelser, att näringssalterna ej tvättas ur alltefter som de frigöras, bör öka sin halt av näringsämnen och sålunda öka sin kvävemobilisering. Finnes i sådant humustäcke en undertryckt mikroflora av salpeterbildande mikroorganismer, få dessa gynnsamma betingelser för sin utveckling, då humustäcket blir mindre surt, en nitrifikation bör då lätt inträda. En sådan mikroflora synes finnas i de mera luckra humustäckena, vilka genom enbart tillsats av kalk bringas i nitrifikation. För de mera sega filtartade, vilka ha en långsam omsättning, bör uppvärmningen vid avsvedningen spela en roll, ammoniakbildningen blir livligare. Tillförsel av aska höjer reaktionstalet, men för att nitrifikation skall inträda, fordras att en nitrificerande mikroflora invandrar.

KAP. XII. UNDERSÖKNINGAR I FÄLTET ÖVER RÅHUMUSTÄCKETS OMVANDLING PÅ HYGGEN.

Markens avsvedning gynnar enligt de anförda försöken humustäckets omvandling på flera sätt. Genom den tillfälliga upphettningen blir ammoniakbildningen livligare, genom den bildade askan höjes reaktionstalet i humustäcket, som samtidigt tillföres ett mångsidigt sammansatt näringsämne (kalk, magnesia, kali, fosforsyra), vilket kan befördra mikroorganismernas verksamhet. Särskilt har fosforsyran i försöken visat sig befördra kvävemobiliseringen; enligt analyser är träaska rik på fosforsyra. Men avsvedning kan också medföra kväveförluster. Kvävet i den del av humustäcket, som vid svedningen brinner upp, går förlorat för marken, det överföres i form av fritt kväve i atmosfären. Men försöken tyda även på möjligheten av andra kväveförluster. Tillsats av kalk (CaCO_3) eller granaska har visat sig kunna nedsätta ammoniakmängden vid lagringstidens slut. Sannolikt beror detta på att kalken som en stark bas driver ut ammoniak. Inom åkerbruket föreligga liknande erfarenheter; man kör ej ut stall- eller ladugårdsgödsel på den nyligen kalkade

jorden eller samtidigt med kalken, ty härigenom skulle kväveförluster kunna uppstå. Den efter skogsmarkens avsvedning vanligen inträdande nitrifikationen är ägnad att motverka dessa. Genom omförande till salpeterkväve kan kvävet bindas vid kalken och andra vid avsvedningen frigjorda baser. Inträder däremot icke nitrifikation, kunna avsevärda kväveförluster befaras efter avsvedning. Stundom observerar man att humustäcket efter avsvedning blir liksom döbränt, omsättningen eller förmultningen förefaller ha avstannat, någon nitratflora infinner sig ej. Tyvärr har jag ej närmare studerat denna företeelse men håller ej för otroligt, att den sammanhänger med kväveförluster. Genom bränningen har marken tillförts kalk, som drivit ut ammoniak. Då nitrifikation saknas, kan ej kvävet bindas vid kalken utan går förlorat. De kväveförluster, som härigenom uppstå, förminska eller fördröja omsättningen eller förmultningen i humustäcket, lättillgängligt kväve är härvid en viktig faktor. Frågan synes mig väl förtjäna ett närmare studium, varvid de synpunkter, som här framlagts, synas mig värda ett närmare beaktande. Svedningen och bränningens inverkan på markens kväveomsättning kan sålunda gestalta sig ganska olika hos olika råhumustäcken.

I många råhumustäcken finnes, efter allt att döma, en undertryckt mikroflora av salpeterbildande organismer, som under vanliga förhållanden ej kommer till utveckling, men som om förhållandena ändra sig, kunna utveckla en livlig verksamhet. Detta synes mig vara den naturligaste förklaringen till att vissa råhumusformer vid behandling på laboratoriet enbart genom kalktillförsel, som höjer p_{H} -värdet, kunna bringas i nitrifikation. Hos andra och vanligen de mera sega, filtartade, utpräglade sura saknas en dylik flora. För att hos dessa framkalla nitrifikation fordras vid laboratorieförsöken såväl kalktillförsel som infektion med salpeterbildande jord.

Råhumustäcken av det första slaget äro över huvud taget mera aktiva, de övergå, även utan bränning, i ett nitrificerande stadium, varvid den genom förmultningen ökade kalkhalten sannolikt är av stor betydelse. De mera inaktiva kräva lång tid för sin omvandling. Denna kan påskyndas genom bränningen, men efter allt att döma spelar det härvid en stor roll, om det brända humustäcket infekteras med en nitrificerande organismflora. Uteblir en sådan, kan verkan av bränningen befaras bli en annan än som ursprungligen avsetts.

Humustäckets omvandling på kalhygget beror emellertid icke blott på dess beskaffenhet, vilken spelar en stor roll, utan ock på klimatet. Ju rårare och kallare detta är, desto svårare omvandlas ett en gång bildat råhumustäcke. Här ha vi en av orsakerna till svårigheterna med granskogens föryngring i utpräglade höjdlägen. Under de klimatförhållanden, som råda på Kulbäcksliden, omvandlas emellertid humustäcket i den gamla *Vaccinium*-skogen på ett kalhygge utan bränning under en tid av 5—10 år. På kalhygget ökar förmultningen, en del av humustäckets organiska beståndsdelar bortgå i form

av kolsyra och vatten, nytt förnamaterial tillföres i ringa mängd. Skillnaden mellan F- och H-skikten försvinner eller avtar starkt, humustäcket får en mer eller mindre mullartad struktur. Surhetsgraden i humustäcket avtar, den organiska substansens halt av kalk ökar. I min avhandling av 1926 lämnades flera exempel på dylika förändringar. Jag satte också den inträdande nitrifikationen i samband med en relativt (i förhållande till den organiska substansen) ökad halt av elektrolyter, främst kalk. De i förgående kapitel refererade försöken synas mig tala för riktigheten av denna uppfattning. De fortsatta observationerna i naturen styrka densamma.

Såsom exempel från Kulbäcksliden kunna följande observationer anföras. Å Stormyrjtjälén, Kulbäcksliden, finnes ett hygge, som upptogs av jägmästare GRAM omkring år 1917. Vacker förnygring har så småningom infunnit sig, marken är fläckvis bevuxen med *Chamaenerium angustifolium*, fläckvis med *Deschampsia flexuosa*, ris och mossor. I den oavverkade skogen utgöres marktäckningen av blåbär, lingon och de vanliga skogsmossarna, beståndet av tall och gran med något björk tillhör den på Kulbäcksliden vanliga *Vaccinium*-typen. Inom beståndet urskiljer man med lätthet F- och H-skikten, på hygget har förmultningen fortskridit så långt, att någon tudelning av humuslagret ej längre är möjlig. Reaktionstal och kalkhalt i beståndets och hyggets humustäcke gestaltade sig på följande sätt, siffrorna inom parentes ange observationernas antal.

	P _H	CaO _{ass} dir.	CaO _{ass} omr.
Bestånd: F-skikt (15) ..	4,28	0,58	0,74
H- » (15) ..	4,06	0,52	0,67
Hygge: F+H-skikt (25)	4,76	0,67	1,21

På ett annat närbeläget hygge, som vintern 1926—1927 upptogs i ett gammalt lavbehängt granbestånd, hade humustäcket multnat så kraftigt att de olika humusskikten i regel ej kunde skiljas. Före avverkningen var humustäcket något surare än i nyss omnämnda bestånd och närmast av samma beskaffenhet som i den gamla granskogen å Storliden (jmf. prov 2 i tab. 18). På några fläckar hade riset avbränts. Reaktionstal och kalkhalt gestaltade sig i medeltal på följande sätt, siffrorna inom parentes ange observationernas antal.

	P _H	CaO _{ass} dir.	CaO _{ass} omr.
F + H (14)	4,50	1,23 %	1,78 %
F (6)	4,37		
H (6)	3,97		

Kalkhaltens och reaktionstalets roll för nitrifikationen belyses dessutom väl av följande observationer. Å Stormyrjtjälshygget, Kulbäcksliden, finnes inom områdena för de multnande rishögar, som uppstodo vid granens avverk-



Ur Statens skogsforsökanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 45. Bild från hygget å Stormyrjtjälen, Kulbäcksliden. I rishögarna efter granens avverkning kraftig vegetation av *Chamaenerium angustifolium*, utanför rishögarna *Deschampsia (Aira) flexuosa*. Rishög nr 1, tab. 34. 1934.

Bild von der Abtriebsfläche auf Stormyrjtjälen, Kulbäcksliden. In reishighaufen nach dem Abtrieb der Fichten reiche Vegetation von *Chamaenerium angustifolium*, um die Reishighaufen *Deschampsia (Aira) flexuosa*. Reishighaufen nr. 1, tab. 34. 1934.

ning, en rik nitratflora av mjölke, *Chamaenerium angustifolium*. Runt omkring högarna utgöres hyggesvegetationen av kruståtel, *Deschampsia flexuosa*. För undersökning utvaldes tre rishögar (se fig. 45). Inom varje rishög togos prov på fem punkter under riset och på lika många punkter omkring rishögarna. Proven togos så att de blevo så jämförbara med varandra som möjligt. Resultaten gestaltade sig på följande sätt. Varje värde utgör medeltalet av 5 observationer.

Tabell 34. Multnande ris inverkan på humuslagrets reaktion och kalkhalt.
Die Einwirkung des modernden Reisisgs auf Reaktion (p_H) und Kalkgehalt der Humusdecke.

	p_H	CaO _{ass} dir.	CaO _{ass} omr.
Rishög 1. Under riset	5,75	1,51	2,33
Utanför riset	4,88	0,54	0,69
Rishög 2. Under riset	5,10	1,18	1,70
Utanför riset	4,36	0,53	0,80
Rishög 3. Under riset	5,46	1,19	1,67
Utanför riset	4,66	0,40	0,89

Under riset är reaktionstalet 0,7—0,9 p_H -enheter högre än strax utanför, kalkhalten c:a 2—3 ggr större. Skillnaderna i avseende på kalkhalt i humustäcket under rishögen och omkring densamma är till den grad genomgående, att i var och en av dessa tre jämförelsepar lägsta kalkhalten under ris var större än högsta kalkhalten utanför rishögen. Skillnaden gäller sålunda icke blott medeltalet utan även de enskilda observationerna. Den ökning i kväve-mobilisering och framförallt i avseende på nitrifikationen, som iakttages under multnande ris, är sålunda i det här fallet förenad med högre kalkhalt och högre reaktionstal. Tidigare observationer på samma plats ha givit samma resultat (HESSELMAN, 1926, sid. 477).

Den förändring i avseende på humustäcket i en *Vaccinium*-skog, som framkallas genom avsvedning eller bränning, kan sålunda inträda på ett kalhygge även utan bränning under de betingelser i avseende på geologi och klimat, som förefinnas på Kulbäcksliden. Nitrifikationen innebär till sin natur bildandet av en syra och har såsom sådan benägenhet att sänka den nitrificerande jordens reaktionstal. Företeelsen framträder tydligt och starkt i lagringsproven, men visar sig även i naturen. På obrända hyggen med starkt nitrificerande humus kan reaktionstalet i humustäcket bli lägre än i omgivande bestånd, ehuru kalkhalten är högre. I synnerhet i Jämtlands kalktrakter har denna företeelse iakttagits.

Föryngringen av tall, gran och björk på Kulbäcksliden är icke bunden till de fläckar av hyggena, där en nitratflora finnes, den förekommer också rikligt på sådana partier, där markvegetationen utgöres av kruståtel, *Deschampsia flexuosa*. På sådana partier brukar kvävet vanligen ej nitrifieras, men förekomsten av denna växt är ett tecken på relativt god tillgång på lättillgängligt kväve. Vad detta spelar för roll för *Deschampsia flexuosa* framgår bl. a. av vegetationsförändringen på kväveytan. Den enda växt i markbetäckningen, som där visat mera framträdande ökning i ymnighet, är just *Deschampsia flexuosa*. På ytan har ingen förändring inträtt i ljustillgången, det är endast den ökade tillgången på lättillgängligt kväve, som gynnat kruståtelns utveckling. På samma sätt är kruståtelns utveckling på ett hygge ett tecken på ökad tillgång på lättillgängligt kväve. Stundom finner man att kruståtelvegetationen så småningom uppblandas med en mera utpräglad nitratflora av *Chamaenerium angustifolium*. Det är uppenbart att humustäcket på hygget är aktivt i avseende på kvävemobiliseringen. Denna aktivitet gynnar föryngringen alldeles som kvävemobiliseringen i krukförsöken med blandning av råhumus och sand gynnar plantutvecklingen. I krukförsöken överföres kvävet huvudsakligen i salpeter, en kväveform, som barrträdsplantorna med lätthet uppta. Huruvida ammoniakkväve upptages lika lätt eller om den nitrifikation, som äger rum i gynnsamma humustäcken och som uppenbarligen gynnar plantornas utveckling, har en direkt inverkan eller mera är ett tecken på andra gynnsamma betingelser i humustäcket kommer att behandlas i en följande avhandling.

KAP. XIII. BETYDELSEN AV HUMUSTÄCKETS OMVANDLING UNDER BESTÅNDSUTVECKLINGEN OCH ORSAKERNA DÄRTILL.

Beståndsutvecklingen har i de studerade fallen börjat på en mark med ett aktivt, kvävemobiliserande humustäcke, nämligen på brännor. Detsamma gäller även utvecklingen på ett kalhygge på *Vaccinium*-mark efter nyss refererade undersökningar. När beståndet sluter sig och nitratfloran försvunnit, utbildas ett ordinärt humustäcke, till det yttre utmärkt av en lucker, till dels mullartad struktur och i biokemiskt hänseende av stor aktivitet i kvävemobiliseringen. Den livliga ammoniakbildningen har med all sannolikhet direkt betydelse för beståndet. Den lätthet varmed nitrifikationen inträder, torde däremot få anses som en egenskap hos humustäcket, som är utan betydelse så länge beståndet ej ställes på föryngring, men som utgör ett intressant karaktärsdrag hos detsamma. Skulle man skrida till föryngring, skulle sannolikt denna egenskap bliva av betydelse.

Under beståndets kraftigaste tillväxt är kvävemobiliseringen i humustäcket mycket livlig, men så småningom börjar ett avtagande och i den gamla lavbehängda granskogen inträder en mer eller mindre utpräglad stagnation.

De utförda undersökningarna göra det mycket sannolikt att mellan humustäckets beskaffenhet sådant det tar sig uttryck i kvävemobiliseringen och beståndets växtlighet finns ett direkt orsakssamband. Experimentet med vattning med svaga ammoniumnitratlösningar talar starkt härför. De gamla oväxtliga eller svagt växtliga bestånden ha humustäcken med svag kvävemobilisering, tillförsel av lättillgängligt kväve stimulerade kraftigt det gamla beståndets tillväxt. Men även andra egenskaper hos beståndet än dess tillväxt stå i samband med humustäckets beskaffenhet. Jämför man beståndsbilderna från 1878 års bränna å Storliden (sid. 543), Brända holmen i Degerö stormyr (sid. 544), 1853 års brand å Aggberget (sid. 547) med beståndsbilderna från Stortjärnsreservatet (sid. 549) och än mer från den gamla granskogen å Storliden (sid. 550) finner man en frappant skillnad i avseende på de beskuggade trädens utvecklingsmöjligheter. I de förstnämnda bestånden skjuta granarna och även tallarna kraftigt uppåt, trots att de synbarligen äro ganska beskuggade, i de sistnämnda komma smågranarna ingen vart eller växa ytterligt långsamt, trots att ljustillgången uppenbarligen är god. Det ligger utan tvivel nära till hands att sätta dessa skiljaktigheter i samband med humustäckets egenskaper, många iakttagelser i naturen tala härför, men exakt kan saken endast bevisas på experimentell väg. Problemet har behandlats av den amerikanske forskaren RUPERT GAST, som studerade vid försöksanstalten under tiden juli 1929—okt. 1930 och hösten 1935. Hans avhandling är publicerad

i Meddelanden H. 29. En plantas utveckling bestämes av ett samspel mellan olika faktorer, bl a. ljus och kväve. Han drog upp tallplantor i sand-humuskulturer vid olika bestrålningsintensiteter från 6%—50% av fullt solljus. Humusproven togos bl. a. från Brända holmen i Degerö stormyr och den gamla granskogen å Storliden, den första lokalen representerande ett aktivt, livligt kvävemobiliserande humustäcke, den senare

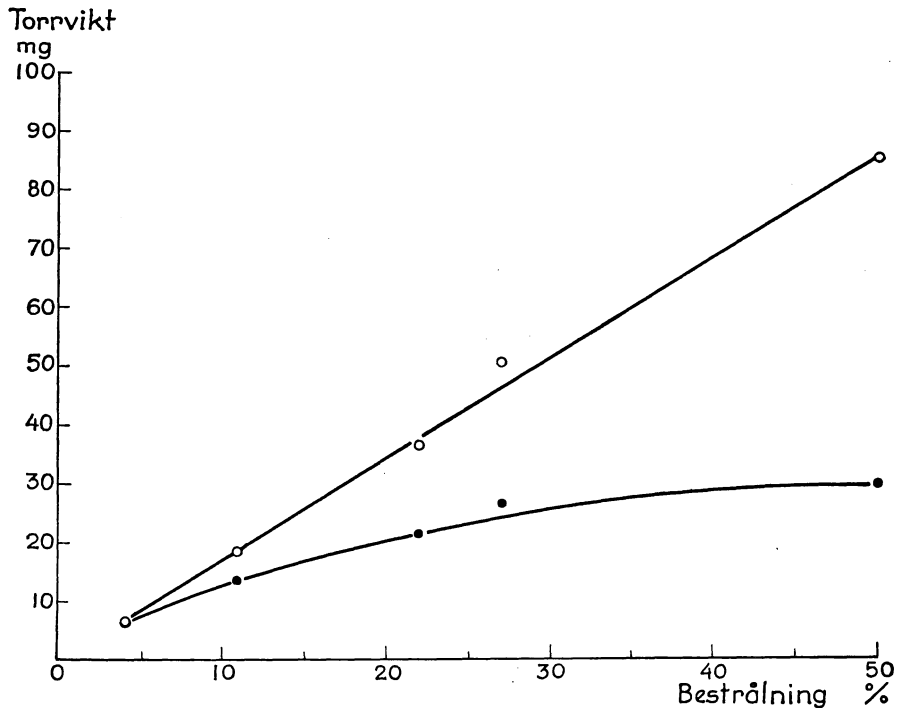


Fig. 46. Sambandet mellan tallplantans utveckling (torrsvikt) och bestrålningsintensiteten i krukförsök med god råhumus från Brända holmen (ofyllda ringar) och dålig råhumus från Storliden (fyllda ringar). Efter Gast 1937.

Zusammenhang zwischen der Entwicklung (Trockengewicht) der Kiefernplangen und der Bestrahlungsintensität bei Topfversuchen mit gutem Rohhumus von Brända holmen (weisse Kreise) und schlechtem Rohhumus von Storliden (schwarze Kreise), Nach GAST 1937.

ett inaktivt, svagt kvävemobiliserande. Plantorna karakteriserades av deras torrsvikt. Vid 6 % av fullt dagsljus voro plantorna i de båda humusformerna lika dåliga, ljusstillgången befinner sig i minimum och bestämmer ensam utvecklingen, vid 12 % äro plantorna ännu små men större i krukorna med den bättre humusformen. Vid ökat ljusstillträde ökar plantvikten i krukorna med humus från Brända holmen vida starkare än plantorna i krukor med humus från Storliden. I den förra humusformen är sambandet mellan plantutveckling och bestrålningsintensitet rätlinigt, i den senare avtar ökningen

asymptotiskt (se fig. 46) inom de undersökta intensitetsgraderna. Vid 50 % av fullt dagsljus äro plantor i humus från Storliden ej bättre utvecklade (utvecklingen bestämd efter torrsvikt) än vad man kan beräkna att plantorna skulle vara med god humus vid c:a 18 % av fullt dagsljus. Den svaga kväve-mobiliseringen i humus från Storliden utgör för de plantor, som dragas upp i dylik humus, en starkt begränsande faktor, som redan framträder vid 12 % av full dagsljus men ännu mera markerat vid 24 % för att vid c:a 50 % visa sig i en kolossal skillnad i plantutvecklingen i krukor med det ena eller andra humuslaget. Den gynnsamma humusformen från Brända holmen tillåter tallplantorna i försöket att mycket bättre utnyttja ljuset även vid lägre bestrålningsintensiteter än humus från Storliden (se fig. 46). Mellan de direkta iakttagelserna i naturen och experimenten råder sålunda en mycket god och påfallande överensstämmelse. Det torde knappast råda något tvivel om att humustäckets olika beskaffenhet på Brända holmen och i den gamla skogen på Storliden spelar en betydande och sannolikt avgörande roll för de olikheter med hänsyn till de beskuggade trädens utvecklingsmöjligheter, som förefinnas mellan bestånden. I experimentet är det geologiska underlagets direkta roll eliminerad, endast humustäcket har påverkat plantutvecklingen. Hur oberoende humustäcket är av markens geologi när det gäller gamla överåriga granbestånd och yngre barrblandbestånd med björk framgår nog-samt av en jämförelse mellan 1878 års bränna och det gamla beståndet å Storliden; det förra med sin goda humus har sämre geologiskt underlag än det senare med utpräglad dålig humus. Det aktiva humustäcket betinger sålunda ej blott högre växlighet hos huvudbeståndet, utan möjliggör också en från skoglig synpunkt sett bättre skötsel av detsamma.

Ett annat exempel erbjuda de i fig. 47—50 avbildade bestånden från Roklidens försöksfält inom Piteå revir. Den i fig. 47 avbildade ungskogen har uppkommit på ett kalhygge, som i augusti 1908 upptogs i en gammal lav-behängd granskog av den typ, som avbildas i fig. 50 (HESSELMAN 1909 sid. 40, fig. 6 och 1926 sid. 478, fig. 72). På hygget omvandlades så småningom det tjocka råhumustäcket, enstaka nitratplantor såsom hallon och *Chamaenerium augustifolium* infunno sig. Tallplantor, som åren 1923—24 drogos upp i krukor med sand och humus från hygget, blevo vida kraftigare än samtidigt upp-dragna tallplantor i sand med humus från beståndet (HESSELMAN 1927, sid. 348, fig. 3), vilket i sitt nuvarande tillstånd är svärföringrat. Plantutvecklingen på hygget försiggår däremot väl även i det ytterst täta björkuppslaget (se fig. 48 och 49). Överensstämmelsen mellan experiment och iakttagelserna i naturen är god. Experimenten ådagalägga även i detta fall humustäckets betydelse för uppkomsten av de meddelade beståndsbilderna.

De bestånd av björk, tall och gran, som uppkomma på brännor eller hyggen med aktivt humustäcke ge genom sitt förnaavfall upphov till aktiva humus-



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

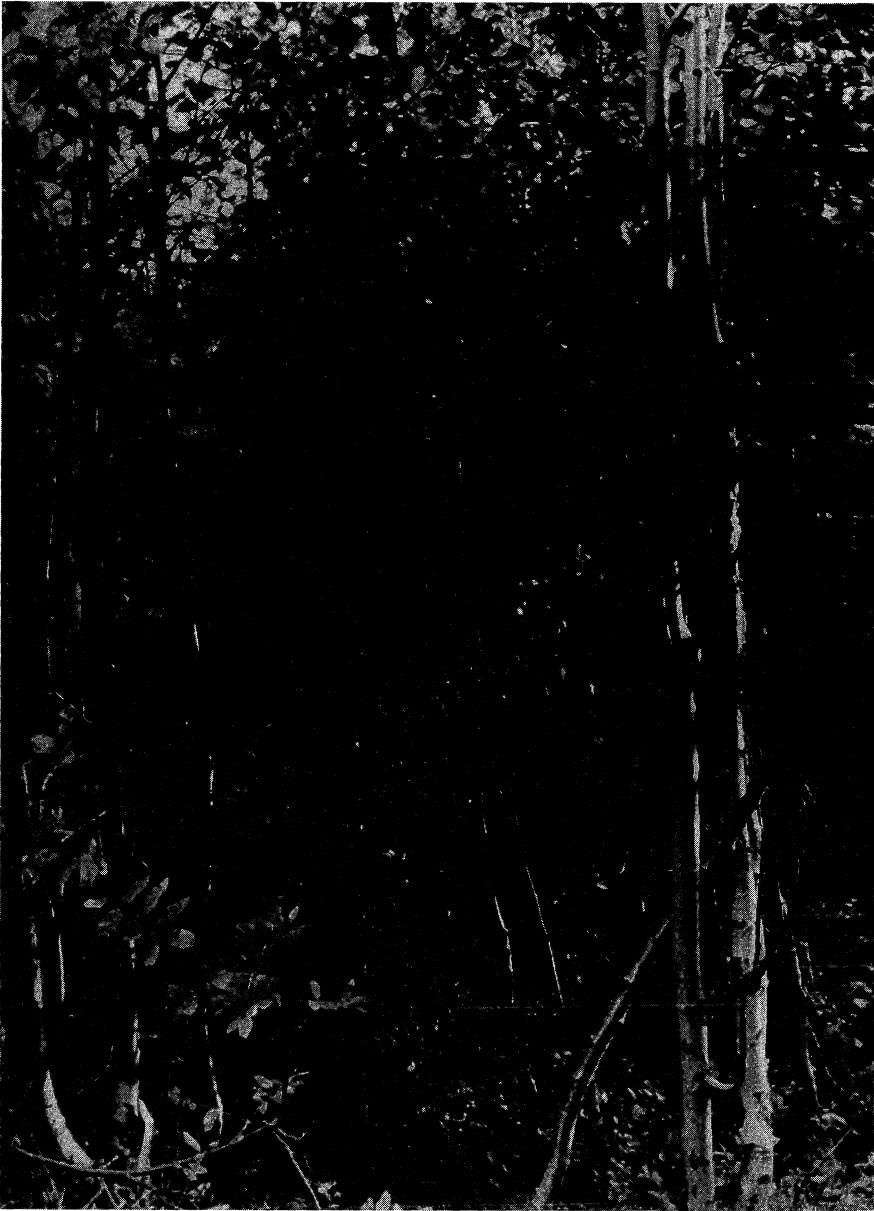
Foto O. LANGLET.

Fig. 47. Föryngring av tall, gran och björk å hygge upptaget 1918 i gammal oväxtlig granskog. S. Piteå revir. Försöksfältet vid Rokliden. 1934.

Verjüngung von Kiefer, Fichte und Birke auf einer 1908 abgeholzten Fläche in einem alten unproduktiven Fichtenbestand. Revier S. Piteå. Versuchsfeld bei Rokliden. 1934.

täckan, som möjliggöra en relativt hög produktion och en beståndsbehandling, som utnyttjar marken. Skillnaden mot de gamla överåriga skogarna är påfallande. Hur skall då den sista fasen i beståndsutvecklingen, yttrande sig bl. a. i hämmad kvävemobilisering i humustäcket, förklaras och vilka möjligheter förefinnas att undvika densamma? Det är uppenbart att vi här ställas inför en komplicerad fråga av stor praktisk och teoretisk bärvidd. Vid besvarandet av densamma måste vi delvis röra oss med sannolikheter, delvis med hypoteser, som dock kunna stödas av iakttagelser i naturen.

Vad själva beståndsutvecklingen på Kulbäcksliden beträffar, har denna i stort sett försiggått på följande sätt, vilket framför allt framgår av TIRÉNS (1937) skogshistoriska studier. På brännan uppstod ett tätt bestånd av björk, tall och gran. Granen undertrycktes av tallen och piskades av björken. Beståndet fick utveckla sig utan några som helst beståndsvårdande åtgärder. När slutligen yxan grep in, avverkades de gamla grova bjälktallarna, björken höggs för beredande av pottaska. Av beståndet återstod så ett restbestånd av gammal, misshandlad och undertryckt, lavbehängd gran med ytterst långsam tillväxt. Hur skall man kunna tänka sig att en dylik beståndsutveckling ogynnsamt påverkat humustäckets aktivitet? För att söka belysa hur man

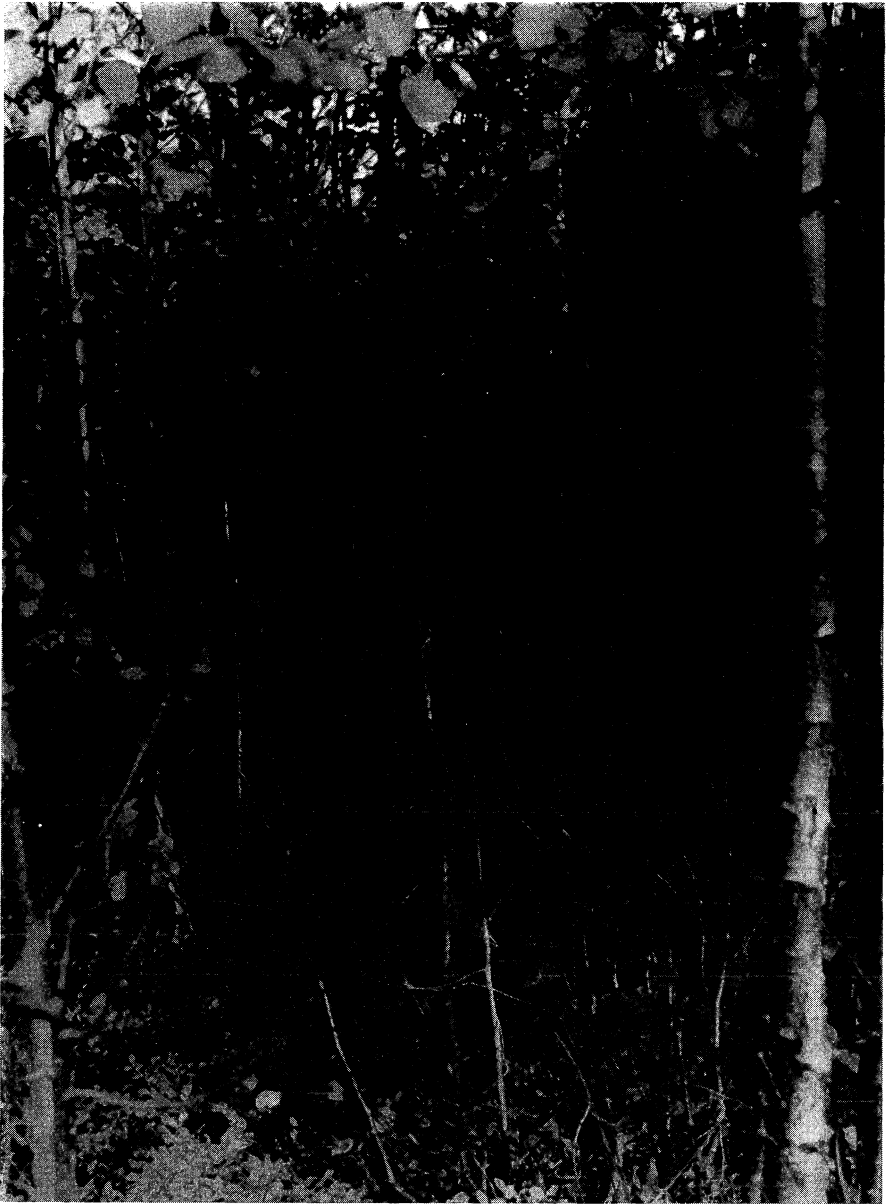


Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 48. Granens utveckling i starkt slutet ungskogsbestånd av björk. Hygge 1908 i gammal oväxtlig, lavbehängd granskog. S. Piteå revir. Försöksfältet vid Rokliden.

Die Entwicklung der Fichte in einem dicht geschlossenen Birkenjungbestand. Schlag 1908 in einem alten, unproduktiven, mit Flechten überwucherten Fichtenbestand. Revier S. Piteå. Versuchsfeld bei Bokliden.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 49. Tallar växande upp i ett starkt slutet ungskogsbestånd av björk. Hygge 1908 i oväxtlig, starkt lavbehängd granskog. S. Piteå revir. Försöksfältet vid Rokliden 1934.

Kiefernaufwuchs in einem dicht geschlossenen Birkenjungbestand. Schlag 1908 in einem unproduktiven, mit Flechten stark überwucherten Fichtenbestand. Revier S. Piteå. Versuchsfeld bei Rokliden. 1934.



Ur Statens skogsförsöksanst. saml.

Foto O. LANGLET.

Fig. 50. Gammal granskog å *Vaccinium*-mark av den typ, som avverkades 1908, se fig. 47. S. Piteå revir. Försöksfältet vid Rokliden.

Alter Fichtenwald von *Vaccinium*-Typ, von demselben Aussehen, das den im Jahre 1908 abgetriebenen Wald auszeichnete, siehe Fig. 47. Revier S. Piteå, Versuchsfeld bei Rokliden. 1934.

kan tänka sig lösningen av denna fråga, äro humustäckets växlingar i den gamla glesa granskogen av ett visst intresse. Den restskog av gran, som återstår efter en dylik utveckling, är i regel mycket gles. På de öppna partierna mellan granarna och grangrupperna dominera mossorna och bärrisen i markbetäckningen. I F- och H-skikten förhärska mossrester, vilka ofta sammanvävts till ett filtartat lager. Under granarna och i grangrupperna äro mossorna tillbakaträngda. Under ett stundom rätt yvigt täcke av lingon finner man ett förnalager av barr, kvistar och grenar. Humustäcket har en luckrare, något mullartad struktur, ehuru det på intet sätt är blandat med underliggande mineraljord. Inom vissa delar av kronoparken Rönnliden mellan Långvattnet och Storuman äro skillnaderna i humustäcket mellan och under gran- och björkgrupperna särdeles utpräglad i de gamla granskogarna med döende tallar. Granarna ha en frisk, grön krona med långt nedhängande grenar. Under dessa grankronor, liksom under björkgrupperna, är humustäcket visserligen mäktigt, men löst, luckert, till sin struktur något mullartat. Förnalagret utgöres av blad och barr. På de öppna platserna mellan grangrupperna bilda *Hylocomium*-arterna tillsammans med *Nephroma arcticum* och blåbärsris, kråkris ett segt, filtartat humustäcke. Hur olika dessa humustäcken äro i avseende på aktivitet, kvävemobilisering och såsom substrat för granens och tallens första plantutveckling har framgått av ett föregående kapitel sid. 606. Men skillnaden gäller ej enbart kvävemobiliseringen, utan omfattar även andra egenskaper, såsom p_H , kalkhalt, halt av basiska buffertämnen samt kvävehalt. Det kan vara av intresse att sammanställa dessa egenskaper på en plats (tab. 36).

Mellan humustäckena under och mellan granarna råder sålunda i avseende på p_H , halt av CaO_{ass} , halt av basiska buffertämnen, halt av N % och kvävet mobiliserbarhet vid lagring och vid behandling med sand samma skillnader som mellan humustäcket i den växtliga, slutna, medelåldriga skogen och humustäcket i den öppna, oväxtliga, lavbehängda gamla granskogen. När det gäller förhållandena på Rönnliden kan denna olikhet ej bero på något annat än skillnad i det förnamaterial, som bildar humustäcket. Under granarna utgöres detta av barr, grenar, småkvistar etc, mellan granarna av mossrester och bärris. Förnamaterialet av det första slaget är av annan kvalitet än av det senare. Granen hämtar åtminstone en del av sin näring från mineraljorden. Mossorna leva på den fuktighet, som faller på marken, någon upptransport av näring från mineraljorden förekommer ej, bärrisens rötter äro utbredda i humustäcket och gå ej alls eller obetydligt ned i mineraljorden. Förnamaterial av det första slaget bör alstra en på kalk och mineraliska näringsämnen rikare humus än av det senare. Det blir skillnader analoga med dem under och omkring rishögarna på Stormyrjtälhygget (se sid. 651). Humus under riset är alstrat huvudsakligen av granbarr och kvistar, utanför ris-

Tabell 36. Humusprov från gammal granskog. Rönnliden.

Humus aus altern Fichtenwald. Rönnliden.

Prov. Oktober 1931.

	Under gran		Mellan granarna	
	F + H		F + H	
P_H	5,9		4,0	
CaO_{ass} dir.	1,32		0,46	
» omr	1,50		0,46	
N % dir.	1,97		1,16	
» omr.	2,26		1,23	

Prov. September 1934.

	Under gran		Under björk		Mellan granarna	
	F	H	F	H	F	H
P_H	5,6	5,3	4,6	4,0	3,6	3,6
CaO_{ass}	1,50	1,16	0,91	0,50	0,38	0,31
N % dir.	1,67	1,46	—	—	1,17	0,86
» omr.	1,79	1,61	—	—	1,23	1,03

Buffringskapacitet gent emot 0,1N HCl.

	Under gran		Under björk		Mellan granarna	
	F	H	F	H	F	H
P_H	cc	cc	cc	cc	cc	cc
5,5	1,5					
5,0	5,0					
4,5	9,8	4,0	1,5			
4,0	16,6	8,6	6,7	0,9	0,9	
3,5	19,9	13,3	12,0	4,2	4,8	0,4
3,0		18,8	18,0	6,5	6,5	2,0

högarna av mossor, bärris etc. samt en sparsam fallförna från träden. Dessa iakttagelser tala för att förnan, dess mängd och beskaffenhet spelar en viktig roll för humustäckets aktivitet¹. Så länge beståndet är växtligt, mottager marken årligen ett mer eller mindre rikt förnaavfall, som underhåller processerna i humustäcket. Är däremot beståndet svagt växtligt, lavbehängt, bestående av rester från en ovårdad beståndsutveckling, blir förnaavfallet mindre rikt och sannolikt också mindre värdefullt. Mossor och bärris tilltaga i markbetäckningen, aktiviteten i humustäcket minskar med till-

¹ För att söka belysa denna fråga anordnades hösten 1933 en serie omsättningsförsök med råhumus från den gamla oväxtliga granskogen å Storliden. Prov av denna råhumus dels oblandad, dels med inblandning av fallförna av tall, gran, björk, asp, ek, bok, klibbal och gråal fingo multna i öppna blomkrukor. De med förna inblandade proven utmärkte sig under tiden febr. 1934 till april—maj 1935 av väsentligt högre P_H . De med gran- och lövförna inblandade proven utmärkte sig dessutom för en livligare nitrifikation än oblandad eller med tallförna inblandad råhumus. En redogörelse för dessa försök kommer att lämnas i ett annat sammanhang.

tagande surhetsgrad och avtagande kalkhalt. Råhumustäcket blir av ogynnsam beskaffenhet.

Alldeles analoga företeelser äro kända från andra skogstyper. På de glesa norrländska tallhedarna av svårförnygrad typ är humustäcket under de spridda gamla tallarna luckrare och bättre än på de öppna, lavklädda partierna. Under och omkring dessa tallar finner man ofta en tät återväxt. Kallägges heden och uppdrages ny skog genom sådd, utveckla sig tallplantorna bäst på de partier, där humustäcket bildats av tallförna (HESSELMAN 1909 och 1917). På sydvästra Sveriges ljunghedar har humustäcket under de spritt förekommande vidgreniga »rytallarna» en luckrare beskaffenhet än på ljungheden i övrigt. Intill dessa rytallar gå tall och granplantor bättre till än å heden i övrigt, detsamma är fallet, om rytallarna avverkas före ljunghedskulturerna. Där rytallarna stått finner man de bästa gran- och tallplantorna.

Men även en annan omständighet än förnans beskaffenhet och mängd har den gamla naturskogen ogynnsamt påverkat humustäcket. Bestånden voro säkerligen många gånger starkt överslutna. Vad detta kan betyda ser man noggsamt i stavagransbestånden, utmärkta av stark överslutenhet och mäktiga råhumustäcken. De kraftiga gallringar med vilka man i senare tid gripit in i dessa bestånd, ha mer eller mindre omvandlat humustäcket, förändringarna ha emellertid ännu ej tillräckligt ingående studerats (Jfr. Skogsföröksanstaltens exkursionsledare XIII sid. 93 och tab. 48). Men även om ej slutenheten varit abnormt stor som i stavagransbestånden, kan den ogynnsamt ha påverkat humustäckets nedbrytningsprocesser. I Skånes planterade granskogar består humustäcket ofta av ett av svamphyfer sammanväxt täcke eller lager av multnande granbarr av råhumusstruktur. Gallringar åstadkomma här kraftiga förändringar, humustäcket blir ofta mullartat (HESSELMAN, 1926, sid. 345, LINDQUIST 1931). Hur gallringen i mer normala norrländska barrblandsbestånd, uppkomna efter brand, påverkar humustäcket, studeras sedan flera år tillbaka å de provtytor å Nymyrtjälen å Svartberget, där en serie observationer över markttemperaturen varit förlagda och vilkas resultat nyligen publicerats (ÅNGSTRÖM 1936). Undersökningarna ha emellertid ännu icke kommit så långt, att några bestämda uttalanden kunna göras. För humustäckets gynnsamma nedbrytning är det fråga om en lycklig kombination av värme och fuktighet. I ett glest bestånd kan humustäcket lätt bli för torrt, i ett starkt slutet blir temperaturen för låg. Båda omständigheterna påverka humustäcket i ogynnsam riktning, det gäller att på ett riktigt sätt kombinera faktorerna temperatur och fuktighet. Denna fråga sammanhänger med spörsmålen om låg- eller krongallring, om underbeståndets roll etc. Det är sålunda ett ganska vittgående och komplicerat spörsmål.

Alla iakttagelser tala sålunda för att beståndets växtlighet samt övriga beskaffenhet och humustäckets aktivitet ömsesidigt påverka varandra. Ett inaktivt humustäcke kan nedsätta beståndets tillväxt, men ett svagt växtligt eller överslutet bestånd kan å andra sidan påverka humustäcket i ogynnsam riktning. Är detta åskådningssätt riktigt och mycket synes tala därför, bör man, sedan ett växtligt slutet bestånd väl är grundlagt, genom gallringar som vidmakthålla de enskilda trädens tillväxt och nedsläppa lagom med ljus och fuktighet till marken och lämna ett rikligt både av barr och löv sammansatt förnaavfall, kunna förhindra eller åtminstone förminska den markdegeneration, som utmärker de gamla granskogar, som framgått ur de oskötta naturskogarna. Sannolikt bör man för att nå detta mål även sänka omloppstiden, vilket i de gallrade bestånden ej bör medföra några större olägenheter, i synnerhet som granen har sin för närvarande viktigaste användning till pappersved, där dimensionen spelar mindre roll.

Genom att försätta och bibehålla humustäcket i ett aktivt stadium kan man emellertid ej upphäva det mera orubbliga inflytande, som bestämmes av klimatet, markens geologi, fuktighetsbetingelserna etc. Det aktiva humusstadiet utgör emellertid förutsättningen för ett fullständigt utnyttjande av lokalens växtbetingelser. En i mineralogiskt hänseende bättre eller på lermaterial rikare morän kommer säkerligen att visa högre produktion än en svagare, lorfattigare, om i båda fallen humustäckena äro aktiva. Men många relativt goda marker befinna sig i låg produktion genom humustäckets ogynnsamma beskaffenhet. Här har skogsvården en stor uppgift när det gäller att sätta de degenererade markerna i ett produktionskraftigt skick.

Emellertid innebär grundandet av ett nytt, växtligt bestånd, vilket är förutsättningen för markens utnyttjande, vissa svårigheter från biologisk synpunkt, vilka i det följande något skola diskuteras.

KAP. XIV. GRUNDLÄGGANDET AV NYA BESTÅND EFTER DE GAMLA, ÖVERÅRIGA GRANSKOGARNA.

Åtskilliga iakttagelser i senare tid ha visat att den gamla norrlandsgranen förvånande länge kan bibehålla sin förmåga att genom ökad tillväxt reagera för genom huggningar framkallad ökning i ljustillflödet. Senast har denna företeelse belysts av TIRÉN (1937) i hans omfattande skogshistoriska undersökningar. Granen har på Kulbäcksliden, även då den länge stått undertryckt av tall och björk eller omgivande granar, mycket tydligt reagerat mot huggningar. Härigenom har det varit möjligt att datera dessa och genom studier av bestånd och skriftliga dokument noggrant och ingående följa beståndsutvecklingen. För utnyttjande av det gamla granförrådet är denna granens

länge kvarstående reaktionsförmåga av mycket stor betydelse. Sannolikt är tillväxtökningen förorsakad icke blott av det ökade ljustillträdet utan också av en förändring av marken. Men alla iakttagelser vittna om att man genom dylika huggningar, som avse att i det längsta utnyttja det förefintliga beståndet, ej kan på råhumusmarkerna i Norrland framkalla en föryngring, så riklig och av den beskaffenheten att den utnyttjar marken. För att nå ett sådant mål måste humustäcket försättas i ett nytt aktivt stadium. Vi måste med andra ord gå samma väg som naturen själv gått. De unga livskraftiga naturbestånden ha samtliga uppkommit på mark, som övergått av eld och som genom elden bragts i ett aktivt stadium. Elden var om inte den enda så dock den kraftigaste faktorn i naturbeståndens utveckling. Det var strängt taget den enda, som avlägsnade ett gammalt livsodugligt bestånd så att plats bereddes för ett ungt livskraftigt. Men här anförda och äldre undersökningar ha visat (HOLMGREN 1917, HESSELMAN 1917, 1926), att en omvandling analog med den, som äger rum efter brand, även kan inträda på ett kalhygge utan bränning. Under de förhållanden, som råda på Kulbäcksliden, synes problemet om bränning eller icke bränning huvudsakligen vara en fråga om tid. Bränningen påskyndar väsentligt den utveckling, som äger rum å kalhygget. Intet synes heller tala emot den uppfattningen, att de bestånd, som bildas på kalhyggen med aktivt humustäcke, komma att bli lika goda som de, som uppkomma efter bränning. Under sådana förhållanden torde det vara klokt att åtminstone tillsvidare söka uppdraga bestånden utan markbränning i de trakter, där kallägning av marken är nog för att bringa humustäcket i aktivt stadium, såsom förhållandet är på Kulbäcksliden. Men Kulbäcksliden har, relativt taget, gynnsamma klimatförhållanden, humustäcket når i de gamla granskogarna ej någon påfallande mäktighet, såvida ej marken är särskilt fuktig (järn-humus-podsol, humus-podsol). På annat sätt gestalta sig förhållandena i Norr- och Västerbotten på 400—500 m över havet. Förändringen av råhumustäcket går där avsevärt mycket långsammare (HESSELMAN 1917 c, sid. 1005) och fråga är om det inom rimlig tid förvandlas så att marken blir mottaglig för självsädd och humustäcket aktiveras, så att plantorna få möjlighet att utveckla sig. Gynnsammare humusformer såsom i bestånd av *Geranium*- och *Dryopteris*-typ omvandlas även där långsamt, men dock snabbare än humustäcken, utbildade i bestånd av *Vaccinium*-typ. Sannolikt kan man på denna höjd över havet ej bringa humustäcket i denna senare skogstyp i omsättning utan risbränning. Men med hänsyn till föryngringen stöter man då på särskilda svårigheter, som även ehuru i mindre grad möta på kalhyggena på lägre nivåer. Fröåren äro sparsamma, fröet ofta av låg grobarhet. För att få ett slutet bestånd fordras en tät besåning. Men i det fallet synas våra föryngringsytor vara mindre gynnsamma än brännorna i naturskogen. På ett risbränt kalhygge, upptaget i en gammal

granskog, saknas ofta så gott som fullständigt fröträd. Skogselden tog däremot alltid mer ojämnt. Där marken var fuktig skonades beståndet från elden. Såsom TIRÉN (1937) kunnat visa på Kulbäcksliden kvarstod även på annan mark obrända trädgrupper. Brännan blev, även om den hade stor omfattning, överströdd med grupper av överlevande träd, från vilka besåning ägde rum. Besåningsmöjligheterna blevo därför ofta gynnsammare än på de risbrända kalhyggena. De undersökningar, som jag gjort över granens fröspridning vintern 1931—1932 och över tallens 1932—1933, visade att besåningsintensiteten avtog snabbt och märkligt lagbundet från beståndskanten. Under innevarande vinter pågå i ganska stor omfattning liknande undersökningar över tallens fröspridning. Skulle dessa bekräfta iakttagelserna från vintrarna 1931—1932 och 1932—1933, erhöles man ytterligare en mycket kraftig varning mot upptagandet av stora kalhyggen utan fröträd. Ett av de fel, som man begått vid utläggningen av dylika hyggen i de gamla granskogarna, synes mig vara, att man överskattat gran- och även tallfrönas spridningsmöjligheter. Då en riklig besåning är nödvändig om man vill erhålla ett slutet bestånd, måste man sörja för ställandet av fröträd av gran och så långt det är möjligt av tall på de brända hyggena och ej lita på besåning från beståndskanterna. Däremot torde man ha rätt att från dessa vänta en tillräcklig björkbesåning, björkfröna ha en vida större spridningsvidd än tall- eller granfröna (HESSELMAN 1934 sid. 152). Det innebär naturligtvis en svårighet att på hyggen som brännas ställa fröträd av gran, men denna svårighet bör dock kunna övervinnas.

Det ligger i sakens natur att föryngringen av de gamla granskogarna på högre höjd över havet skall vara förenad med särskilda svårigheter. Förhållandena äro i många fall ogynnsamma, ett hårt klimat, ett ogynnsamt marktillstånd, sparsamma och vanligen dåliga fröår. Bestånden ha sannolikt många gånger att för sin uppkomst tacka en följd av gynnsamma omständigheter. Under perioder med varma somrar bli skogseldarna vanligare, men samtidigt bli också fröåren rikligare och ymnigare. Skogseldar och fröår ha en viss benägenhet att i tiden sammanfalla med varandra. Varma somrar äro också gynnsamma för frönas groning och plantornas utveckling. Periodiciteten i skogarnas föryngring bestämdes i naturskogen av klimatets växlingar. Den ekonomiska exploateringen av skogen kan ej ta hänsyn till dessa, avverkningen fortskrider såväl under perioder med gynnsamt som ogynnsamt klimat. Härigenom uppkomma svårigheter för föryngringen, som mindre gjorde sig gällande i naturskogen än i det nuvarande moderna skogsbruket. Och därtill kommer en annan sak. Utvecklingen kunde ge sig god tid, en lång föryngringstid spelade en underordnad roll. Naturen hade ej bråttom som den nutida jäktade människan. I avseende på de gamla granskogarnas föryngring i Norrlands höjdlägen måste man nog alltid räkna med långa för-

yngringsperioder, så vitt man ej råkar lägga ut hyggena under en period med gynnsamt klimat, som ger upphov till rikliga fröår och på annat sätt gynnar föryngringen. Men vare sig man arbetar under klimatiskt sett goda eller dåliga år måste man, om man vill erhålla ett slutet växtkraftigt bestånd, sörja för att det inaktiva humustäcket i den gamla skogen bringas i aktivt stadium. Man har då efter allt att döma ingen annan väg att gå än den naturen gått, markens kallläggning. Det gäller endast att moderera denna naturens väg alltefter de praktiska behoven och de ekonomiska fordringarna samt de möjligheter, som stå den nutida skogsskötseln till buds.

Det för föryngringen och skogens växt och utveckling gynnsamma marktillståndet inträder mer eller mindre lätt, tar längre eller kortare tid beroende på en mångfald faktorer såsom det gamla beståndets beskaffenhet och humustillstånd, markens geologi, höjdläget etc. Detta påverkar föryngringstiden och föryngringens beskaffenhet. En överblick över hur dessa faktorer verka och samspela med varandra kan endast vinnas genom undersökningar inom stora områden med växlande naturbeskaffenhet.

Det vore därför utan tvivel av mycket stor betydelse för vår norrländska skogsskötsels utveckling att få en överblick av resultaten av de föryngringsförsök, som hittills utförts. Förefintliga undersökningar (ENEROTH 1931, PETRINI 1934 m. fl.) ge vid handen att föryngringen är beroende av en mångfald faktorer, ss. lokalens höjdläge och exposition, hyggets storlek och behandling, klimatet, tiden för hyggets upptagande etc. En översikt över hur dessa faktorer verka och samspela med varandra skulle säkerligen föra frågan om de norrländska granskogarnas behandling ett stort steg framåt. Den undersökning, för vilken jag här redogjort, har närmast avsett att söka belysa naturskogarnas egen utvecklingshistoria och det samband, som hos dessa finnas mellan marktillståndet och skogens växt och föryngring.

Litteraturförteckning.

- BARTHEL, CHR. & BENGSSON, B. 1923. Bidrag till frågan om stallgödselns verknings-sätt vid cellulosasönderdelningen i åkerjorden. — Medd. nr 248 fr. Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriolog. avd. nr 29.
- CHAPMAN, H. D. 1928. The precipitation of Calcium oxalate in the presence of iron, aluminium, titanium, manganate, magnesium and phosphates, with special reference to the determination of total soil calcium. — Soil Science. Bd. 26.
- CHARPENTIER, C. A. G. 1920. Kvantitativ bestämning av jordens cellulosasönderdelande förmåga. — Medd. nr 206 fr. Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriologiska avdelningen 1920.
- , 1921. Studier över stallgödselns inverkan på cellulosa sönderdelning i åkerjord. — Medd. nr 218 fr. Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriologiska avdelningen nr 24.
- CZAPEK, FRIEDRICH, 1913. Biochemie der Pflanzen. — Aufl. II, Band 1, Jena.
- FEHÉR, D., 1930. Untersuchungen über die zeitlichen Änderungen der Acidität und des Humusgehaltes des Waldbodens. — Wissensch. Archiv für Landwirtschaft.
- ENEROTH, OLOF, 1931. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom lappmarken. — Norrlands skogsv. tidskr.
- GAARDER, T. & HAGEM, O., 1921. Salpetersyredannelse i udyrket jord. — Medd. fra Vestlandets forstl. forsøksstation nr 4, Bd. 2.
- GAST, P. R., 1937. Studies on the development of conifers in raw humus. III. The growth of scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. Medd. Stat. skogsf. anst. H. 29.
- HATCH, A. B., 1934. A jet-black Mycelium forming ectotrophic mycorrhizae. — Sv. Bot. Tidskr.
- , 1936. The rôle of mycorrhizae in afforestation. — Journ. of Forest. 34.
- HESSELMAN, H., 1909. Berättelse över den botaniska avdelningens verksamhet åren 1906—1908 jämte förslag till program. — Medd. Stat. skogsf.-anst. H. 6.
- , 1910. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor I. — Medd. Stat. skogsf.-anst. H. 7.
- , 1917 a. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor II. — Medd. Stat. skogsf.-anst. H. 13—14, band II.
- , 1917 b. Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 13—14.
- , 1917 c. Om våra skogsföryngringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 13—14, band II.
- , 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 22.
- , 1927. Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus I. Betydelsen av kväve-mobiliseringen i råhumustäcket. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 23.
- , 1934. Några studier över fröspridningen hos gran och tall och kalhyggets besåning. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 27.
- HILLEBRAND, W. F. & LUNDELL, G. E. 1929. Applied inorganic analysis. — New York.
- HOLMGREN, ANDERS, 1914. Blädning eller trakthuggning i Norrlands skogar. — Norrlands skogsv. tidskr.
- JENSEN, TOVBORG, S., 1924. Ueber die Bestimmung der Pufferwirkung des Bodens. — Int. Mitteil. für Bodenkunde, band XIV.
- KÖHLER, S., 1931. Om bomullens kemiska egenskaper och sammansättning. — Teknisk tidskrift. Häfte 32 och 37.
- LINDQUIST, BERTIL, 1932. Den sydiskandinaviska granskogens reproduktionsförhållanden. — Sv. skogsv. tidskr., band XXX.
- MAASS, A., 1910. Berättelse rörande skogsavdelningens verksamhet 1902—1908. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 6.
- MALMSTRÖM, CARL, 1923. Degerö stormyr. En botanisk, hydrologisk och utvecklingshistorisk undersökning av ett nordsvenskt myrkomplex. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 20.

- MEYER, DIEDRICH, 1900. Die Kalkverbindungen der Ackererden und die Bestimmung des assimilierbaren Kalkes im Boden—Thiel, Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd 29.
- MELIN, E., 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation. — Akad. avhandl., Uppsala.
- , 1923. Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* und *Picea Abies*. — Mykol. Unters. u. Ber. von R. Falck, 2, Cassel.
- , 1925. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Eine ökologisch-physiologische Studie. Jena.
- , 1927. Mykorrhizans utbildning hos tallplantan i olika råhumusformer. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 23.
- , 1928. Mikroorganismernas aktivität i några skogstypers humustäcke, uttryckt genom kolsyreproduktionen. — Sv. skogsv. tidskr. årg. 27.
- , 1934. Activities of some fungi in the different horizons of forest duff, as measured by CO₂-production. — Sv. skogsv. tidskr. årg. 32.
- MORK, E, 1933. Temperaturen som föryngringsfaktor i de trönderske granskoger. — Medd. fra det norske skogsförsöksväsen. Nr. 16. B. V. H. 1.
- OLSEN, CARSTEN, 1929. Om den analytiske Bestemmelse av ammoniak i jordbunden og om jordbundens adsorptionsevne overfor ammoniak. — Medd. fra Carlsberg laboratoriet. Bd. 17.
- PETRINI, SVEN, 1934. Ett 25-årigt försök med naturföryngring i norrländsk råhumusgranskog. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 27.
- ROMELL, L. G., 1922. Hänglavar och tillväxt hos norrländsk gran. — Medd. Stat. skogsf.-anst. H. 19.
- , 1928. Studier över kolsyrehushållningen i mossrik tallskog. — Medd. Stat. skogsf.-anst. H. 24.
- , 1935. Ecological Problems of the Humus Layer in the Forest — Cornell University, Agricultural Experiment Station, Memoir 170, Ithaca.
- SCHOTTE, GUNNAR, 1914. Beskrivning över Statens skogsförsöksanstalts försöksytor å kronoparken Tönnersjöheden. Program för Svenska skogsvårdsföreningens 10. exkursion. Stockholm.
- TAMM, O. & MALMSTRÖM, C., 1926. The experimental forests of Kulbäcksliden and Svartberget in north Sweden. 1. Geology, 2. Vegetation. Skogsförsöksanstaltens exkursionsledare XI.
- TAMM, OLCF, 1917. Om skogsjordsanalyser. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 13—14.
- , 1932. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 26.
- , 1934 a. Om mekanisk analys av svenska skogsjordar. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. nr. 27.
- , 1934 b. En snabbmetod för mineralogisk jordartsgranskning. — Sv. skogsv. tidskr. band 32.
- TIRÉN, L., 1934. Några iakttagelser över den naturliga föryngringens uppkomst på Kulbäckslidens försökspark. — Sv. skogsv. tidskr., band 32.
- , 1937. Skogshistoriska studier i trakten av Degerfors i Västerbotten. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 30.
- WAKSMAN, S. A., 1927. Cellulose als eine Quelle des »Humus« im Erdboden. — Cellulosechemie. Jahrg. 8. H. 9—10.
- WAKSMAN, S. A., TENNEY, FL. G. & STEVENS, R. K., 1928. The role of microorganisms in the transformation of organic matter in forest soils. — Ecology 9.
- WAKSMAN, S. A. & STEVENS, K. R., 1928. Contribution to the chemical composition of peat. — Soil Science. Vol. XXVI.
- WAKSMAN, S. A., 1930. Über die chemische Natur und den Ursprung des Humus im Erdboden. Cellulosechemie. Jahrg. XI. H. 10—11.
- WIBECK, E., 1919. Om tall- och granfrö från Norrland. — Skogen, årg. 6.
- , 1928. Det norrländska tallfröets grobarhet och anatomiska beskaffenhet. — Norrlands skogsv. tidskr.
- ÅNGSTRÖM, ANDERS, 1937. Jordtemperaturen i bestånd av olika täthet. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. H. 29.

ZUSAMMENFASSUNG.

Über die Abhängigkeit der Humusdecke von Alter und Zusammensetzung der Bestände im nordischen Fichtenwald von blaubeerreichem *Vaccinium*-Typ und über die Einwirkung der Humusdecke auf die Verjüngung und das Wachstum des Waldes.

Die vorliegende Untersuchung ist bis zu einem gewissen Grade eine Fortsetzung der in Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt 1926 veröffentlichten Studien über die Humusdecke im Nadelwald. Da aber das Problem in dieser Abhandlung nur kurz und im Zusammenhang mit anderen Fragen behandelt wurde, und da die Behandlung der überjährigen Bestände auf den Rohhumusböden Norrlands von grosser praktischer Bedeutung ist, hielt ich es für zweckdienlich, den diesbezüglichen Fragenkomplex von bodenbiologischem Gesichtspunkt aus näher zu beleuchten. Die nachstehende Darstellung ist im wesentlichen ein Bericht über meine eigenen Untersuchungen, verbunden mit einer Erörterung der daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen. Manche, mit dem Titelproblem zusammenhängende und neuerdings in der Literatur behandelte Fragen, wie Biologie der Humusdecke, Mykorrhizenbildung, Veränderungen der Bodenbonität durch Laubholzbeimischung usw., habe ich hier nicht berücksichtigt. Auf diese Fragen werde ich in einer besonderen Abhandlung, die in naher Zukunft erscheinen wird, näher eingehen.

Einleitung.

Eins der wichtigsten und meist umstrittenen forstwissenschaftlichen Probleme in Norrland ist ohne Zweifel die Behandlung der überjährigen Fichtenbestände. Dieses Problem ist teils wirtschaftlich-technischer, teils biologischer Natur; in dieser Abhandlung wird die biologische Seite der Frage berücksichtigt.

Bezüglich der Bestandsbehandlung machen sich im wesentlichen zwei Methoden geltend. Die eine geht darauf aus, den Vorrat so lange wie möglich durch Herausnahme des brauchbaren Holzes zu nutzen. Durch diese Behandlungsart hofft man eine Zunahme des Zuwachses beim verbleibenden Bestand zu erzielen. Die andere Methode geht von der Überlegung aus, dass Bestand und Boden in überjährigen Wäldern sich in einem abnormen Zustand befinden, der durch mehr oder weniger radikale Massnahmen beseitigt werden muss. Diese bestehen in Kahlschlag mit oder ohne Abbrennen des Reisigs und Zurücklassung einer für die Besamung des Schlags erforderlichen Anzahl Samenbäume. Hofft man auf Randbesamung, so werden Streifenschläge von höchst 100 m Breite, gewöhnlich rechtwinklig zu der herrschenden Windrichtung, gemacht. Durch diese Massnahmen will man neue, wuchskräftige und geschlossene Bestände erziehen, die den Boden ausnutzen können.

Die Beurteilung dieser Fragen erfordert nähere Kenntnisse von dem Bodenzustand im nordischen Fichtenwald und den Veränderungen des Bodenzustandes im Verlauf der Bestandsentwicklung sowie von der Bedeutung dieser Veränderungen für die Verjüngung und das Gedeihen des Waldes. Mit diesen Problemen befasst sich die vorliegende Abhandlung.

Unter den zahlreichen Faktoren, die für die Kiefer- und Fichtenverjüngung im Untersuchungsgebiet von Bedeutung sind, sind am wichtigsten: Samenmenge und Samenbeschaffenheit (WIBECK 1919, 1928), Samenausbreitung und Besamungsintensität (HESSELMAN 1934) sowie Bodentemperatur und -feuchtigkeit (TRÉN 1934, MORK 1933). Während der ersten Entwicklung der Pflanzen spielt der biologisch-chemische Zustand der Humusdecke eine wichtige Rolle. Diese Frage habe ich bereits in folgenden Arbeiten behandelt: »Über die Einwirkung unserer Waldverjüngungsmassnahmen auf die Salpeterbildung im Boden und deren Bedeutung für die Verjüngung des Nadelwaldes« (1917), »Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, deren Eigenschaften und deren Abhängigkeit von der Waldpflege« (1926) sowie »Studien über die Entwicklung der Nadelholzpflanze im Rohhumus« (1927). In den zwei letztgenannten Arbeiten ist auch die Entwicklung des Bestandsalters und der Bestandszusammensetzung auf die Humusdecke behandelt worden. Diese Untersuchungen haben ergeben, dass die Beschaffenheit der Humusdecke in Jungbeständen und Altbeständen verschieden ist. Nach den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche ist die erstere hinsichtlich der Ammoniakbildung und Nitrifikation viel reger als die letztere. Der Humus aus jüngeren Beständen bedarf oft, um zu nitrifizieren, nur eines Zusatzes von Kalk, während der aus älteren Beständen ausserdem noch Infektion mit einer salpeterbildenden Erde erfordert. Auch wenn man die im Laboratorium gewonnenen Ergebnisse nur mit Vorsicht auf die Verhältnisse im Freien übertragen darf, so deuten doch alle Untersuchungen darauf, dass bei gleichartigen Böden mit übereinstimmender Bodendecke und unter gleichen oder annähernd gleichen klimatischen Bedingungen die Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke von Jungbeständen eine regere ist als in Altbeständen, und dass erstere aktiver und reaktionskräftiger ist als letztere.

Bei Aufzucht von Pflanzen in Sand mit Beimischung von verschiedenartigem Humus zeigte es sich, dass zwischen Pflanzenentwicklung und Stickstoffmobilisierung eine gute Übereinstimmung besteht. Die Entwicklung der Pflanzen in Böden mit schwacher Stickstoffmobilisierung wurde durch Zusatz von löslichem, leicht aufnehmbarem Stickstoff (Ammoniumnitrat) gefördert.

Die Frage, inwieweit die Ergebnisse bezüglich der Bedeutung der Stickstoffmobilisierung für Jungpflanzen auch für Altbestände gültig sind, liess sich nicht ohne weitere Untersuchungen beantworten. Zur Klarlegung dieser Frage sowie zur weiteren Ergründung der Einwirkung von Bestandsalter und Bestandszusammensetzung auf die Humusdecke habe ich in den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, deren Ergebnisse hier dargelegt werden.

Die Untersuchungen wurden in der Hauptsache im Versuchsrevier Kulbäcksliden-Svartberget sowie in der an Kulbäcksliden angrenzenden Kronforst Aggberget ausgeführt. Gewisse Studien, hauptsächlich über die Eigenschaften der besonders mächtigen Rohhumusdecke, wurden ferner in der Kronforst Rönnliden (Kirchspiel Stensele) angestellt. Im Versuchsrevier sowie in der Kronforst Aggberget wurde eine Serie Fichten- bzw. Nadelholzmischbestände verschiedenen Alters, aber auf Böden von im wesentlichen gleicher geologischer und mineralogi-

scher Beschaffenheit ausgewählt. Die Hauptserie gehört dem blaubereichen *Vaccinium*-Typ, einige Bestände dagegen dem *Dryopteris*-Typ an.

Die untersuchten Standorte im Versuchsrevier und dessen näherer Umgebung liegen in einer Höhe von za. 230 bis za. 300 m ü. M. und innerhalb eines klimatisch gleichförmigen Gebiets. Etwaige Unterschiede in Temperatur und Niederschlägen auf verschiedenen Lokalen sind mehr durch Exposition als durch die verschiedene Meereshöhe verursacht. Die Untersuchungsflächen in der Kronforst Rönnliden liegen dagegen in einer Höhe von za. 460 m ü. M. auf einer — der Vegetation nach zu urteilen — kalkhaltigen Moräne.

Die am eingehendsten untersuchten Probeflächen im Versuchsrevier und in der Kronforst Aggberget gehören demselben Waldtyp an und liegen innerhalb eines klimatisch gleichförmigen Gebiets auf Böden von übereinstimmender geologischer und mineralogischer Beschaffenheit; sie unterscheiden sich voneinander durch das Alter und somit auch durch die Zusammensetzung der Bestände. Die einzelnen Probeflächen können daher als verschiedene Glieder einer Entwicklungsreihe vom Jungpflanzenstadium an bis zum 200—250-jährigen Wald angesehen werden.

Die Untersuchungen umfassten die Feststellung von:

- 1) Mächtigkeit der Humusdecke,
- 2) Gewicht der Humusdecke und Menge der organischen Substanz je Flächeneinheit,
- 3) Reaktionszahlen (p_{H}) in der F- und H-Schicht und deren Variation im Bestande und mit der Jahreszeit,
- 4) Mengen von Kalk und Stickstoff in der Humusschicht,
- 5) Gehalt an Kalk, Stickstoff sowie an basischen und sauren Pufferstoffen in der F- und H-Schicht,
- 6) Zellulosegärung in der Humusschicht mittels Laboratoriumsmethoden,
- 7) Stickstoffmobilisierung in gleicher Weise,
- 8) Entwicklung von Fichten- und Kiefernpflanzen in Sand-Humuskulturen mit Humus aus verschiedenen Beständen,
- 9) Wachstumsreaktion von alten, mit Flechten behangenen Fichtenbeständen auf Zufuhr von leicht zugänglichem Stickstoff,
- 10) Einfluss der Stickstoffzufuhr auf die Wurzelbildung, namentlich auf die Mykorrhizenbildung bei Fichte.

Im Zusammenhang mit den obigen Untersuchungen wurde eine Serie von Versuchen angestellt, die die Art und die Ursache derjenigen Veränderungen klarlegen sollten, welche die Humusschicht in Fichtenwäldern dieses Typs auf Schlägen mit oder ohne Reisigbrennen erfährt.

Am Schluss der Abhandlung werden die verschiedenen forstlichen Verfahren auf Grund der gewonnenen Ergebnisse erörtert.

KAP. I. Untersuchungsmethoden.

Die bei diesen Versuchen angewandten Untersuchungsmethoden sind im wesentlichen dieselben, deren ich mich bereits früher bei der Untersuchung der Rohhumusdecke des Nadelwaldes (vgl. HESSELMAN 1926) bedient habe. Einige Veränderungen oder Modifikationen wurden indessen vorgenommen und gewisse Methoden einer kritischen Prüfung unterzogen, worüber nachstehend berichtet wird.

1. Bestimmung der Reaktionszahl der Humusdecke.

Gelegentlich der Rohhumusuntersuchungen 1926 wurde zur Bestimmung der Reaktionszahl Humus- oder Bodenextrakt benutzt. Die Bestimmung selbst erfolgte auf elektrometrischem Wege mit SÖRENSENS Wasserstoffelektrode. Seitdem habe ich mich aber fast ausschliesslich der BILMANSCHEN Kinhydron-Methode bedient, die unter anderen Vorzügen eine schnellere Arbeit gestattet. Anfänglich benutzte ich bei dieser Methode Bodenextrakt, später ging ich aber bald zu Bodenaufschwemmungen über. Wo nicht anders angegeben, sind also die mitgeteilten pH-Werte nach der BILMANSCHEN Methode unter Anwendung von Bodenaufschwemmungen bestimmt worden. Diese pH-Werte sind in der Regel etwas höher als die, welche bei Benutzung von Wasserextrakt oder mittels Wasserstoffelektrode erhalten werden. Beim Vergleich verschiedener pH-Werte muss man daher nach Möglichkeit auch die Bestimmungsmethode berücksichtigen.

2. Humusbestimmung.

An den früher angewandten Humusbestimmungsmethoden sind nur geringe Änderungen vorgenommen worden. Die Proben wurden im elektrischen Ofen geglüht, wobei man durch Umrühren für vollständige Verbrennung sorgte. Humusarmer Boden wurde nach dem von TAMM modifizierten VESTERBERGSCHEM Verfahren (TAMM 1917) verbrannt.

3. Bestimmung der Pufferkapazität des Bodens.

In der Abhandlung 1926 wurde die Pufferkapazität durch direkte Titrierung einer Bodenaufschwemmung von 5 g Trockensubstanz und 200 ccm 0,1 n KCL-Lösung entsprechender Bodenmenge bestimmt. In der hier vorliegenden Arbeit kam im Anschluss an HAGEM, GAARDER (1921), T. JENSEN (1934) u. a. eine etwas abgeänderte Methode zur Anwendung. 5 g Trockensubstanz entsprechende Bodenmengen wurden im Wasser aufgeschwemmt und teils mit 0,1 n HCL, teils mit 0,1 n KOH und teils mit 0,1 n $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vermischt; die zugesetzten Mengen betragen in der Regel 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16 und 20 ccm und zusammen mit den ursprünglichen Wassermengen 200 ccm. Die Proben liess man 24 Stunden stehen und bestimmte sodann den pH-Wert der Bodenaufschwemmung mittels der Kinhydron-Methode. Diese Methode gewährt bessere Reaktionsausgleichung zwischen der Bodenaufschwemmung und der zugesetzten Säure oder Base als die früher benutzte Methode, zeigt aber bezüglich der Ergebnisse im Vergleich mit letzterer keine nennenswerten Unterschiede.

4. Kalkbestimmung.

Der Gehalt der Bodenproben an assimilierbarem oder adsorptiv gebundenem Kalk wurde nach MEYER durch Extraktion von 10 g lufttrockenem feingemahlenem Humus mit 100 ccm 10 %-iger Chlorammoniumlösung bestimmt. Die Extraktion geschah auf Wasserbad während 3 Stunden, wonach die Bodenaufschwemmung auf 250 ccm verdünnt wurde. Die Proben wurden sodann filtriert und der Kalk als Oxalat in essigsaurer Lösung gefällt.

Um zu prüfen, welche Mengen Kalk den Bodenproben durch diese Methoden entzogen werden, wurde bei einer Reihe von Proben auch der totale Kalkgehalt bestimmt. Zu diesem Zweck wurden die Humusproben geglüht und die Asche mit 10 %-iger Salzsäure extrahiert. Der Kalk wurde sodann, nachdem die Kieselsäure entfernt war, als Oxalat in saurer, durch Pufferstoffe regulierter Lösung genau nach den Vorschriften von HILLEBRAND und LUNDELL (1929) gefällt. Die gefällten Kalkmengen, sowohl von CaO_{ass} als CaO_{tot} , wurden titrimetrisch bestimmt.

Diese Kontrolluntersuchungen zeigten, dass der nach der benutzten Methode mit Chlorammonium extrahierbare Kalk dem totalen Kalkgehalt fast vollständig entspricht. Aus diesem Grunde habe ich in den meisten Fällen den Gehalt an adsorptiv gebundenem Kalk — in Tabellen und Text als assimilierbarer Kalk oder CaO_{ass} angegeben — bestimmt.

5. Bestimmung der Zellulose der Humusdecke und ihre Zersetzung.

Diese Untersuchungen beschränkten sich auf die im Kupferoxydammoniak lösliche, nicht, inkrustierte Zellulose. Um die Schnelligkeit der Zersetzung der Zellulose in der Humusdecke zu erforschen, wurde den Humusproben auf Vorschlag von Ing. S. KÖHLER

(1931) gekämmte ungebleichte Baumwolle zugesetzt, die mit 1%-iger NaOH-Lösung in N-Gasatmosphäre während 3 Stunden und bei einem Überdruck von 1 Atm. vorbehandelt worden war. Nach dieser Behandlung wurde die Baumwolle sorgfältig gewaschen, getrocknet und gemahlen. Bevor die Humusproben mit oder ohne Zusatz von Zellulose mit Kupferoxydammoniak behandelt wurden, schüttelte man sie mit 3%-iger H_2N -Lösung in N-Gasatmosphäre. Eine Ammoniaklösung von dieser Stärke hatte keine auslösende Wirkung, weder auf das Baumwollenpräparat noch auf das Filtrierpapier (MUNKTELL 00). Einige Versuche zeigten, dass es zur Vermeidung der Oxydation der Zellulose notwendig ist, während der Extraktion mit Ammoniak den Sauerstoff der Luft auszuschliessen. Durch wiederholte Extraktionen und nachfolgende Filtrationen wurde alles, was im Ammoniak löslich ist, aus den Humusproben entfernt. Nach sorgfältigem Waschen und Trocknen bei 40°C wurde die Zellulose in der so behandelten Humusprobe durch Schütteln mit Schweitzers Reagens während 5 Stunden in N-Gasatmosphäre herausgelöst. Die benutzte Lösung enthielt 200 g NH_3 und 15,3 g Cu pro Liter; eine früher versuchsweise gebrauchte schwächere Lösung gab nicht die gesamte zugesetzte Zellulose zurück.

Die angewandte Methode ist genau, aber äusserst zeitraubend, weshalb nur eine geringe Anzahl Untersuchungen ausgeführt werden konnten.

6. Bestimmung von Ammoniak im Rohhumus. Lagerungsproben.

Da das Ammoniak infolge der sehr starken Adsorption nicht mit reinem Wasser ausgeschieden werden kann, benutzt man zur Extraktion Salz oder Säurelösungen. Nach Lagerung werden indessen aus den so behandelten Rohhumusproben oft bedeutende Mengen von Ammoniakstickstoff herausgelöst. Diese Stickstoffmengen sind im Vergleich mit jenen, die in nitrifizierenden Böden durch Extraktion mit Wasser als Nitrat erhalten werden, oft sehr gering. Indessen scheinen die Pflanzen in nitratbildenden Böden besser mit Stickstoff versehen zu sein als in dem Rohhumus, der bei Lagerung nur Ammoniak bildet. Wie ich bereits 1926 hervorgehoben habe, ist diese Erscheinung wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der mit einer relativ starken Elektrolytlösung extrahierbare Ammoniakstickstoff für die Pflanzen wahrscheinlich weniger leicht zugänglich ist als der mit blossem Wasser extrahierbare Nitratstickstoff. Ein direkter Vergleich zwischen Stickstoffmengen in Form von Ammoniak und Nitrat ist daher nicht berechtigt.

Zur näheren Prüfung dieser Frage habe ich den Ammoniakstickstoff bei einer Reihe von ganz frischen Rohhumusproben so schnell wie möglich nach der Einsammlung nach dem Verfahren von CARSTEN OLSSON (1929) (Extraktion mit 1 n KCl und 0,1 HCl) bestimmt (s. Tab. 1). Die Zeit zwischen Probeentnahme und Behandlung betrug bei den Proben 1—7 höchstens eine Stunde, bei den übrigen, 8—21, eine Nacht. Um eine etwaige Einwirkung der Feuchtigkeit auf die Ammoniakmengen, die bei Extraktion erhalten werden, zu untersuchen, wurden einige Quadratmeter grosse Versuchspartellen mit 10—15 l Leitungswasser 24 Stunden vor der Probeentnahme bewässert. Eine bestimmte Einwirkung der Bewässerung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Die Tabelle zeigt, dass auch die frischen, nicht gelagerten Proben bei Behandlung mit Elektrolytlösungen bedeutende Mengen Ammoniakstickstoff abgespalten haben. Es ist äusserst unwahrscheinlich, dass solche Stickstoffmengen der Vegetation auf einmal in einer Rohhumusdecke zur Verfügung stehen. Die nächstliegende Erklärung dürfte vielmehr die sein, dass durch die angewandten Lösungsmittel im Verlauf der Extraktion Ammoniak abgespalten wird; das aus mehr komplizierten und für die Pflanzen schwer zugänglichen Stickstoffverbindungen besteht. Welcher Art diese Verbindungen sind, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse der Stickstoffbestimmungen in Lagerungsproben ist stets eine gewisse Vorsicht geboten, denn die ermittelten Stickstoffmengen beruhen oft zum grossen Teil auf der benutzten Extraktionsmethode und können daher nicht ohne weiteres mit den Verhältnissen im Freien verglichen werden. Dessenungeachtet dürfte die Bestimmungsmethode zur Bewertung des relativen Stickstoffmobilisierungsvermögens bei verschiedenen Humusdecken gut geeignet sein. Diese Annahme findet darin ihre Bestätigung, dass auch bei Anwendung verschiedener indirekter Methoden in dieselbe Richtung weisende Resultate erzielt werden wie bei Benutzung von Lagerungsproben. So zeigen Proben von lockeren, für junge oder mittelaltrige, sehr wüchsige Bestände charakteristischen Humusdecken bei Anwendung verschiedener Versuchsmethoden durchweg eine regere Stickstoffmobilisierung als solche von zähen, filzartigen Decken in mit Flechten behangenen Altbeständen. Ohne einen grösseren Fehler zu begehen, kann man daher behaupten, dass

auch die intakten Humusdecken entsprechende Unterschiede hinsichtlich der relativen Stickstoffmobilisierung aufweisen. Die beste Methode wäre, wenn man die Stärke der Stickstoffmobilisierung in der intakten Humusdecke im Walde bestimmen könnte; eine solche Methode ist aber bisher nicht bekannt und dürfte übrigens schwer zu finden sein. Die bei Lagerungsproben in Verbindung mit Kulturversuchen und durch die Studien über die Tätigkeit der Regenwürmer in verschiedenen Humusproben und Stickstoffzufuhrversuche in Altbeständen mit schlechter Humusdecke gewonnenen Ergebnisse sprechen dafür, dass die angewandten Methoden einen guten Einblick in die Bedeutung des Stickstofffaktors im Nährstoffhaushalt des Waldes geben.

Bei der Mehrzahl der nachstehend mitgeteilten Ammoniakbestimmungen wurde dieselbe Methode wie bei den Untersuchungen 1926, nämlich Extraktion mit 0,1 n HCl, benutzt. In letzter Zeit ist jedoch bei Ammoniak- und Nitratbestimmungen das Verfahren von CARSTEN OLSEN (1929) zur Anwendung gekommen, worauf bei den betreffenden Bestimmungen jeweils hingewiesen wird.

7. Bestimmung von Nitratstickstoff.

Der Nitratstickstoff wurde in der Regel nach dem Verfahren von GRANDVAL, LAJOUX und REITMAIR bestimmt (HESSELMAN 1917 a). Die nach CARSTEN OLSEN bestimmten Proben sind mit besonderem Vermerk versehen.

8. Erklärung der benutzten Abkürzungen.

F = Vermoderungsschicht.

H = Humusstoffschicht.

CaO_{ass} = assimilierbarer oder im Chlorammonium löslicher Kalk.

CaO_{tot} = Gesamtkalkgehalt.

H₃N—N = Ammoniakstickstoff.

Am—N = Ammoniakstickstoff.

NO₃—N = Nitratstickstoff.

S—N = Nitratstickstoff.

l = Regenwürmer (Lumbriciden).

dir = %, berechnet im Verhältnis zum Gesamtgewicht der Probe.

omr = %, berechnet im Verhältnis zum Humusgehalt der Probe.

F % bei Vegetationsanalysen = Frequenz auf Kreisflächen.

A % » » » = Flächenbedeckung innerhalb der Kreisflächen.

KAP. II. Beschreibung der untersuchten Probeflächen.

I. Bodenvegetation und Bestandszusammensetzung auf Probeflächen.

1. Verjüngungsfläche mit abgebranntem Reisig auf Moränenhügel am Südrand des Moores Degerö Stormyr, Versuchsrevier Kulbäcksliden, za. 275 m ü. M. Ursprüngliche Vegetation: flechtenbehängener Fichtenwald von *Vaccinium*-Typ. Der Bestand wurde im Winter 1928 abgeholzt und das Reisig am 12. Juni 1929 abgebrannt. Das Reisigbrennen verlief langsam und gleichmässig. Von der lebenden Bodendecke wurden die beerentragenden Zwergsträucher und die Moose vernichtet. Nach dem Abbrennen war der Boden mit einer schwarzen, zusammenhängenden, von Blaubeer- und Preisselbeerwürzeln durchflochtenen Humusdecke bedeckt. Die F-Schicht war oberflächlich lose und locker, eine Veränderung, die sich allmählich durch die ganze Humusschicht ausbreitete. Noch im gleichen Jahre wurde die Fläche durch Kiefernplattensaam begründet. Die Saat hat sich sehr gut entwickelt, ist aber in den letzten Jahren durch Schafweide beschädigt worden. Nur allmählich wanderten hier und da *Rumex acetosella* (1930), *Chamaenerium angustifolium* (1931) sowie *Taraxacum officinale* und *Luzula pilosa* ein. Noch so spät wie 1935 war der Boden zum grösseren Teil ohne Grundvegetation. Innerhalb und rings um die Saatplatten kommt eine dichte Moosdecke von *Polytrichum commune* und anderen Moosarten vor.

2. Kiefersaat in der Kronforst Aggberget nach Waldbrand $7/5$ 1918. Die Probefläche ist quadratisch und 0,1 ha gross (s. Fig. 1). Der abgebrannte Bestand war ein teilweise flechtenbehängener Fichtenaltbestand von *Vaccinium*-Typ mit einzelnen Flecken von *Dryopteris Linnaeana*. Der Brand war recht kräftig und vernichtete die lebende Bodenvegetation, nicht aber die Humusdecke. Im Mai 1920 wurde die Brandfläche mit vom Ort herstammendem Kiefersamen besät; die Birke flog von selbst an. Näheres über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3.

3. Kiefern-Fichtenbestand von *Vaccinium*-Typ mit Beimischung von Birke, za. 300 m ü. M., Storliden, Versuchsrevier Kulbäcksliden. Probefläche quadratisch, 0,1 ha gross (s. Fig. 2). Bestand nach Waldbrand 1878 entstanden. Das Vorhandensein von Kiefern-, Fichten- und Birkenüberhältern mit Brandnarben auf der alten Brandfläche zeugt davon, dass der Brand, wenigstens stellenweise, weniger stark war. Die meisten vom Feuer beschädigten Kiefern und Fichten wurden im Winter 1927 abgetrieben. Während der nächsten Jahre wurden die Jungkiefern vom Waldgärtner beschädigt und blieben infolgedessen im Höhenwachstum zurück. Betreffs Bodenvegetation und Bestand siehe Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter der Kiefer und Fichte 41 Jahre. Älteste Fichten und Kiefern 45-jährig. Altersbestimmung ausgeführt für sämtliche Probeflächen 1932. Den benachbarten, nicht brandbeschädigten Beständen nach zu urteilen, gehörte der abgebrannte Bestand innerhalb der Probefläche dem *Vaccinium*-Typ an.

4. Fichten-Kiefern-Birkenbestand von *Vaccinium*-Typ auf dem sog. Brända Holmen im Moor Degerö Stormyr, Versuchsrevier Kulbäcksliden. Der Bestand stockt auf dem Südosthang von Brända Holmen za. 275 m ü. M. (s. Fig. 3.). Probefläche $40 \times 25 = 0,1$ ha. Die Fläche wurde um 1866 von Waldbrand heimgesucht, wonach die alten unterdrückten Fichten kräftig zu wachsen begannen (Fig. 4). Im Winter 1926—1927 wurde innerhalb der Probefläche ein Teil der brandbeschädigten Fichtenüberhälter abgetrieben und 1931 58 peitschende Birken herausgenommen. Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter des Bestandes 47 Jahre. Älteste Fichte za. 67-, älteste Kiefer 45-jährig.

5. Kiefern-Fichtenbestand mit Beimischung von Birke von *Vaccinium*-Typ. Kronforst Aggberget. Grösse der Probefläche 0,1 ha. Von Waldbrand heimgesucht um 1853. Die Probefläche liegt auf einem zu einem Moor schwach abfallenden Abhang (s. Fig. 5). Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter des Bestandes 68 Jahre. Älteste Kiefer 76-, älteste Fichte 73-jährig.

6. Kiefern-Fichtenbestand mit eingesprengter Birke von *Vaccinium*-Typ, Högsvarterberget, Versuchsrevier Svartberget, za. 240 m ü. M. Probefläche quadratisch, 0,1 ha gross (s. Fig. 6). Von Waldbrand wahrscheinlich um 1828 heimgesucht. 1918 wurde das Gebiet durchforstet und die Birke zum grössten Teil entfernt. Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter des Bestandes 87 Jahre, älteste Kiefer 97-, älteste Fichte 93-jährig.

7. Kiefern-Fichtenbestand mit eingesprengter Birke von *Vaccinium*-Typ. Stortjärn-Reservat, Versuchsrevier Svartberget, za. 290 m ü. M. Probefläche quadratisch, 0,1 ha gross (s. Fig. 7). Seit den letzten 200 Jahren ist kein Waldbrand vorgekommen. Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter der Kiefer 213, der Fichte 157 Jahre. Älteste Kiefer za. 219-, älteste Fichte za. 222-jährig.

8. Fichtenbestand mit Altkiefer von *Vaccinium*-Typ, Storliden, Versuchsrevier Kulbäcksliden, za. 280 m ü. M. Probefläche quadratisch, 0,1 ha gross (s. Fig. 8). Letzter Waldbrand 1694. Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter des Bestandes 195 Jahre, älteste Kiefer 197-, älteste Fichte 288-jährig.

9. Kiefern-Fichtenbestand mit Beimischung von Birke von *Dryopteris*-Typ, unterer Teil von Högsvarterberget, Versuchsrevier Svartberget, za. 240 m ü. M. Probefläche quadratisch, 0,1 ha gross (s. Fig. 9). Letzter Waldbrand vermutlich um 1800. Über Bodenvegetation und Bestand s. Tab. 2 und 3. Durchschnittsalter des Bestandes 106 Jahre, älteste Kiefer 122-, älteste Fichte 120-jährig.

Die Probeflächen 1, 3—8 und zum grössten Teil auch 2 gehören demselben Waldtyp an (Tab. 2). Sämtliche Probeflächen stellen je eine Phase des für nordische Nadelwälder typischen Entwicklungsganges dar. Die auf dem Probeflächen heute stockenden Bestände entwickelten sich auf Brandflächen. Im Jugendstadium der Bestände spielt die Birke eine hervorragende Rolle, in späterem Alter ist sie fast

(Probeflächen 6 und 7) oder ganz (Altbestand auf Storliden, Probefläche 8) verschwunden. Alte, vermoderte und von Moos überwachsene, am Boden liegende Stämme zeugen auch in dem letzterwähnten Bestand von der früheren Bedeutung der Birke. Sowohl Kiefer als Birke wurden durch Aushieb entfernt.

Wie bereits hervorgehoben, stellen die Probeflächen verschiedene Stadien in der Entwicklungsgeschichte des Nadelwaldes dar. Die Entwicklung ging aus von einem mit Birke gemischten Kiefernbestand mit einwandernder Fichte, aus welchem die Birke allmählich ausschied, sei es infolge der kürzeren Lebensdauer der Haarbirke oder, wie es auf Kulbäcksliden der Fall war, infolge intensiver Pottaschereinwirkung. Als Folge der Bauholzaushiebe verschwanden sodann die starken Kiefern, und es verblieb schliesslich ein alter, längere Zeit unterdrückter und nunmehr schwachwüchsiger Fichtenbestand mit flechtenbehangenen Kronen.

Auch der Fichtenwald oder Nadelmischwald von *Dryopteris*-Typ zeigt in Norrland eine ähnliche Entwicklung. In der Jugend sind die aus Kiefer und Fichte mit beigemischter Birke zusammengesetzten Bestände sehr wüchsig, im Alter verbleiben nur noch langsam wüchsige Fichten mit dichtem Flechtenbehang. Die Entwicklung in diesem Typ ist im wesentlichen von derselben Art, nur weniger prägnant, als im *Vaccinium*-Typ.

2. Der Untergrund der Probeflächen.

Über die mechanische Zusammensetzung der Moräne und den Basenmineralindex gibt Tab. 4 Auskunft. Die Untersuchungen sind nach den von TAMM (1934 a und b) ausgearbeiteten Methoden ausgeführt worden.

Innerhalb der verschiedenen Probeflächen ist die Moräne als gleichförmig zu bezeichnen (s. Tab. 4); sie steht dem sandig-feinsandigen Typ am nächsten. Rechnet man die Korngrössenklassen 0,06—0,02 bis $< 0,002$, also diejenigen, die für das wasserhaltende Vermögen der Moräne ausschlaggebend sind, zusammen, so erhält man die in Tab. 5 angeführten Werte.

3. Der Bodenprofiltyp der Probeflächen.

Die Untersuchung der Bodenprofile hat ergeben, dass sämtliche, botanisch dem *Vaccinium*-Typ angehörenden Probeflächen ein Eisenpodsolprofil aufwiesen. Nur die *Dryopteris*-Probefläche zeigt stellenweise eine Tendenz zur Bildung von Eisenhumuspodsol. Ausser den geringen Variationen in der mechanischen und mineralogischen Zusammensetzung der Moräne (vgl. Tab. 4) besteht auch eine Variation ihrer Mächtigkeit. Ausserdem ist die Moräne in einigen Probeflächen fleckenweise von einer kiesigen Sandschicht überlagert.

KAP. III. Die Mächtigkeit der Humusdecke und Gewichtsmenge Humus je Flächeneinheit.

Zum Messen der Stärke der Humusdecke wurde ein graduierter und an der Spitze abgestumpfter Stahlstab benutzt, und zwar in folgender Weise. Nach dem die beerentragenden Zwergsträucher, die lebenden Moose und die unvermoderte Förna entfernt worden, führte man den Stahlstab durch die F- und H-Schicht so tief hinab, bis die abgestumpfte Spitze den Mineralboden berührte, was zu

beobachten keine Schwierigkeiten bereitete. Auf jeder Probefläche wurden 50 Messungen gemacht. Zur Feststellung des Gewichts der Humusdecke je Flächeneinheit wurden 4 dm² grosse, die beiden Schichten umfassende Proben herausgeschnitten. Zu diesem Zweck wurde ein Holzrahmen von 2 × 2 dm benutzt; dieser Rahmen wurde auf die von lebendem Moos und unvermoderter Förna befreite Humusdecke gelegt, wonach man ein 4 dm² grosses Stück mit einem Messer, das den Rahmenseiten entlang geführt wurde, herausschnitt. Die Probe wurde sodann mit einem Spaten ausgehoben und von anhaftendem Mineralboden befreit. Von jeder Probefläche wurden 15—25 solche Proben entnommen. Nachdem die Proben lufttrocken geworden, zerzupfte man sie, wobei Holzstücke und Wurzeln abgesondert wurden. Das feinere Material wurde sodann gemahlen. Aus den gemahlten Proben wurden Proben zur Bestimmung der organischen Substanz durch Glühen, sowie zur Bestimmung von assimilierbarem Kalk, Totalkalk und Totalstickstoff entnommen. Die Messungen der Stärke der Humusdecke boten keine Schwierigkeiten und konnten daher in grösserer Anzahl (50 je Probefläche) ausgeführt werden. Die Bestimmung der Humusmengen (organische Substanz) war dagegen so umständlich und zeitraubend, dass man gezwungen war, die Proben gruppenweise zu behandeln. Für jede Probefläche wurden daher nur 5 Bestimmungen erhalten. In Tab. 6 sind die Resultate wiedergegeben.

Die Schwankungen der Mächtigkeit der Humusdecke sowie der Gewichtsmenge Humus je Flächeneinheit auf verschiedenen Flächen sind recht bedeutend. Was die Mächtigkeit anbetrifft, so zeigen die Probeflächen mit Jungbeständen (Probeflächen 1—3) in der Hauptsache eine dünne Humusschicht, obwohl sie stellenweise auch hier recht stark sein kann; Altbestand-Probeflächen (Probeflächen 7 und 8) weisen im Durchschnitt eine mächtigere Humusdecke auf (vgl. Fig. 11).

Bezüglich des Gewichts der Humusdecke je Flächeneinheit werden in Tab. 6 nur Mittelwerte aus 5 Proben sowie Mindest- und Höchstwerte für jede Fläche mitgeteilt. Jede einzelne Bestimmung umfasst eine Humusfläche von 12, 16 oder 20 dm². Die Gewichtsmengen geben den Gehalt der Humusdecke an organischer Substanz nach Entfernung der Holzstücke und Wurzeln an. Der Humus wird hier also in Übereinstimmung mit der von mir 1926 gegebenen Definition aufgefasst, nämlich als Gesamtheit von organischen, dem Boden einverleibten Resten von Pflanzen und Tieren, die im Boden Umwandlungsprozessen unterworfen sind. Mit steigendem Bestandsalter nimmt sowohl die Mächtigkeit der Humusdecke wie auch im grossen ganzen deren Gewicht zu. Bemerkenswert ist das hohe Gewicht von Humus je Flächeneinheit auf der Fläche mit abgebranntem Reisig. Das Feuer hat hier die beerentragenden Zwergsträucher und die lebende Moosdecke vernichtet, die F-Schicht aber so gut wie unberührt gelassen. In jungen Beständen ist die Humusdecke lockerer und hat eine mehr oder weniger deutliche Krümel- und Graupenstruktur, während sie in älteren Beständen mehr zähe, zusammenbackend, filzartig ist.

KAP. IV. Stickstoff und Kalk je Flächeneinheit in der Humusdecke.

Zur Bestimmung des Gehalts des Humus an Totalstickstoff, assimilierbarem Kalk und Totalkalk wurden aus Proben von den 12—20 dm² grossen Flächen Generalproben entnommen. Auch in dieser Beziehung, vor allem hinsichtlich des

Kalkgehalts, zeigen die einzelnen Proben recht starke Variationen; dies beruht sowohl darauf, dass es in einer so heterogenen Substanz wie Rohhumus recht schwierig ist, wirkliche Durchschnittsproben zu erhalten, als auch auf einer lokal vorkommenden Variation. Wie bei den Mächtigungsuntersuchungen werden auch für Stickstoff- und Kalkgehalt nur Mittelwerte aus 5 Proben sowie Mindest- und Höchstwerte mitgeteilt (s. Tab. 7).

An Hand der hier angeführten Bestimmungen habe ich versucht, die Mengen von Humus und des darin gebundenen Stickstoffs und Kalks je Hektar zu berechnen. Es liegt in der Natur der Sache, dass eine solche Berechnung wegen der starken Schwankungen dieser Mengen innerhalb ein und desselben Bestandes nur grobe Annäherungswerte liefern kann. Nichtsdestoweniger dürften solche Schätzungen eine Vorstellung davon geben, mit welchen Grössenordnungen man hierbei zu rechnen hat (s. Tab. 8). Die Humusmenge schwankt zwischen 23 Tonnen je Hektar in den humusärmsten und 50 Tonnen in den humusreichsten Beständen. Die totale Stickstoffmenge variiert zwischen 320 und 770 kg und die Menge assimilierbaren Kalks zwischen 140 und 500 kg je Hektar. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, dass die totale Stickstoffmenge auch in jungen, nach Brand entstandenen Beständen sehr bedeutend — 410—550 kg je Hektar — sein kann. Die Totalmenge Kalk je Hektar ist am grössten auf Probefläche 1, die 1929 zu Verjüngungszwecken abgebrannt wurde.

Die angeführten Zahlen geben zwar eine Vorstellung von den Totalmengen Humus, Kalk und Stickstoff in der Humusdecke, sie gewähren aber nicht einen Einblick in die Unterschiede, die die Humusdecke in verschiedenen Beständen aufweist. Zu diesem Zweck müssen die qualitativen Eigenschaften der Humusdecke näher studiert werden.

KAP. V. Die Reaktionszahl der Humusdecke.

Die Humusdecke in einem äusserlich sehr gleichförmigen Bestand zeigt eine nicht unbedeutende Variation nicht nur in der Mächtigkeit, sondern auch hinsichtlich der Reaktionszahl. Dies ist auch ganz natürlich. Die Rohhumusdecke hat eine recht variierende Zusammensetzung. Die Menge und die Beschaffenheit verschiedener modernder Bestandteile — Nadeln und Blatteile, Moos- und Wurzelfragmente usw. — variieren auf kleinster Fläche. Da die Reaktion durch die Bestandteile der Humusdecke beeinflusst werden muss, ist es ganz natürlich, dass die Reaktionszahl gewisse Schwankungen aufweist. Nach den Untersuchungen der letzten Zeit scheint auch die Jahreszeit auf die Reaktionszahl einen und zwar sehr starken Einfluss auszuüben. Dies ist besonders von FÉHER (1930) in Ungarn hervorgehoben worden.

Um näher festzustellen, ob und in welchem Umfang die Schwankungen der Reaktionszahl in einem Bestand lokal und während verschiedener Jahreszeiten vorkommen, wurde eine Serie von Beobachtungen angestellt. In jedem Bestand wurden 10 Plätze zur Probenahme gewählt. Von diesen Plätzen nahm man je 3 Proben der F-Schicht und H-Schicht, einmal im Juni, gleich nach dem Auftauen des Bodens (Frühjahr), dann im Juli oder August (Sommer) und schliesslich Ende September oder Anfang Oktober während oder nach dem Laubfall der Birke (Herbst). Solche Proben wurden jährlich während der Zeit 1930—1934 genommen. Die Untersuchungen dürften daher auch mit Rücksicht auf die Jahreszeitvariation

von bedeutendem Wert sein. Die Hauptergebnisse sind in Tab. 9 angeführt, die eingeklammerten Zahlen geben die Zahl der Beobachtungen an. Insgesamt wurden etwa 3 000 Bestimmungen ausgeführt.

Der von mir 1926 nachgewiesene Unterschied zwischen den Reaktionszahlen der F-Schicht und der H-Schicht konnte vollständig bestätigt werden. Die H-Schicht ist fast ausnahmslos saurer als die F-Schicht. Der Unterschied schwankt von za. 0,25 bis über 0,6 p_H -Einheiten. Dieser Unterschied, der auf wesentliche Verschiedenheiten in den biologischen und chemischen Eigenschaften der beiden Schichten hinweist, ist somit sehr bedeutend. Der Reaktionsunterschied ist streng gesetzmässig. Bei den zahlreichen, von mir in den letzten Jahren in Nord- wie auch in Südschweden ausgeführten Bestimmungen ist eine Abweichung von dieser Regel eine Seltenheit gewesen.

Die rein lokale Variation der Reaktionszahl der Humusdecke in einem Bestand kann sehr bedeutend sein. Um dies zu veranschaulichen, habe ich in Tab. 10 die im Sommer beobachteten Werte in einigen von den untersuchten Beständen zusammengestellt. Aus dieser Tabelle ersieht man, dass die Variation in jüngeren Beständen grösser ist als in älteren Beständen. Letztere sind also hinsichtlich der Reaktionszahl, wie auch bezüglich der Mächtigkeit, mehr homogen. Besonders die mit Birke gemischten Jungbestände zeigen eine starke Variation der Reaktionszahl. An Hand des eingesammelten Materials konnte, mit Ausnahme von birkenlaubreichen Stellen, keine lokalbedingte Gesetzmässigkeit in der Variation der Reaktionszahl mit Sicherheit nachgewiesen werden. Da beim Ausheben der Proben gewisse Störungen in der Humusschicht entstehen, war eine lokale Verschiebung der Probenahmeplätze notwendig. Diese Verschiebung in Verbindung mit Veränderungen der Zusammensetzung der Humusdecke macht es schwer, eine durch die äusseren Verhältnisse geregelte lokale Variation in der Humusdecke nachzuweisen.

Verschiedene Jahre mit ihrem Klimawechsel verursachen Schwankungen der Reaktionszahl. Eine Gesetzmässigkeit in dieser Beziehung lässt sich jedoch vorläufig schwer nachweisen. Dagegen konnte eine Variation mit der Jahreszeit festgestellt werden. In sämtlichen untersuchten Beständen sind die Reaktionszahlen durchschnittlich am niedrigsten im Frühjahr und am höchsten im Sommer; im Herbst sinkt sodann die Reaktionszahl mehr unregelmässig herab. Nähere Angaben sind in Tab. 9 zu finden; die eingeklammerten Zahlen geben die Zahl der Beobachtungen an. Die Tabelle enthält auch einen Bestand von gemischtem *Dryopteris-Vaccinium*-Typ (Nymyrtjälen, Svartberget), der einer Versuchsserie zum Studium der Einwirkung von Durchforstung auf Humusdecke und Bodentemperatur angehört. Die in Tab. 9 und 11 angeführte Fläche ist eine undurchforstete Vergleichsfläche, die in den Jahren 1930—1934 näher untersucht wurde.

Werden die Reaktionsveränderungen mit der Jahreszeit in p_H -Werten ausgedrückt, so sind die Verschiebungen grösser in der F-Schicht und den jungen Beständen als in der H-Schicht bzw. den alten Beständen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass p_H ein logarithmischer Ausdruck ist, weshalb numerisch gleiche Veränderungen verschiedene Werte in verschiedenen Teilen der p_H -Skala haben. Drückt man aber den Aziditätsgrad in Gramm Wasserstoffionen pro 1 000 Liter aus, so erhält man die wirklichen Veränderungen der Azidität der Humusdecke (s. Tab. 11). Diese Tabelle zeigt, dass die absoluten Unterschiede des Aziditätsgrads der Humusdecke im Frühjahr, Sommer und Herbst in älteren Beständen grösser als in jüngeren Beständen, sowie dass die geringsten absoluten Verän-

derungen in jüngeren Beständen von *Dryopteris*-Typ zu finden sind. Über die wahrscheinliche Ursache dieser Unterschiede wird im folgenden Kapitel berichtet.

Trotz der lokal oder fleckenweise innerhalb der verschiedenen Probeflächen vorkommenden Variation und jenen Schwankungen, die durch Jahreszeit und Jahre mit verschiedenem Klima bedingt werden, ist es offenbar, dass die Humusdecke der untersuchten Serie in jüngeren Beständen weniger sauer ist als in älteren. Die Probeflächen 1 und 3—8 gehören sämtlich dem *Vaccinium*-Typ an, auch die Probefläche 2, trotz fleckenweisen Vorkommens von *Dryopteris Linnæana*, ist hierher zu rechnen. Sie vertreten verschiedene Stadien in der Altersentwicklung dieses Typs. Wenn man von der Probefläche 1, wo das Reisig kurz vorher abgebrannt worden war, absieht, variiert die Reaktionszahl in der F-Schicht im Sommer von 4,07 bis 4,95. Die Altbestände zeigen eine Reaktionszahl von 4,07 bis 4,24, 40—50-jährige, mit Birke reichlich gemischte Bestände 4,93—4,95 und ältere Bestände mit schwacher Beimischung von Birke, oder wo die Birke kurz vorher herausgehauen worden war, 4,75—4,76. Mit steigendem Alter bzw. mit dem Verschwinden der Birke nimmt der Aziditätsgrad des Bodens zu.

Die geologische Beschaffenheit des Bodens kann schwerlich die Ursache dieser Unterschiede sein. Vergleicht man z. B. den Bestand auf der Brandfläche von 1878 mit dem überjährigen Wald auf demselben Abhang, so zeigt es sich, dass die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Moräne sehr gering sind und eher mehr zum Nachteil als zum Vorteil für den Jungbestand auf der Brandfläche. Die durchschnittlichen Sommer-Reaktionszahlen für beide Bestände sind:

	Kiefern-Fichtenbestand mit Beimischung von Birke, Brandfläche 1878.	Überjähriger Fichtenbestand, Brandfläche 1694.
F-Schicht.....	4,95 (40)	4,15 (40)
H-Schicht.....	4,38 (40)	3,80 (40)

Die bedeutenden Unterschiede (in der F-Schicht 0,80, in der H-Schicht 0,58 p_H -Einheiten) sind ein Zeichen dafür, dass die biologischen und chemischen Eigenschaften der entsprechenden Humusdecken erheblich voneinander abweichen.

Die Humusdecke in dem *Dryopteris*-Typ angehörenden Wäldern ist in der Regel weniger sauer als im *Vaccinium*-Typ. Auch in diesen Wäldern nimmt der Aziditätsgrad mit steigendem Alter zu. Als Beispiele können folgende zwei Probeflächen angeführt werden: die *Dryopteris*-Fläche auf Högsvarterberget, entstanden nach Brand um 1800, und die weiter unten beschriebene *Dryopteris*-Fläche bei Storkåtatjärnsbäcken auf Boden, der seit 1695 nicht mehr vom Feuer heimgesucht worden ist. Im Sommer 1933 waren die Reaktionszahlen wie folgt:

	Fläche auf Högsvarterberget. Letzter Waldbrand um 1800.	Fläche bei Storkåtatjärns- bäcken. Letzter Waldbrand 1694.
F-Schicht.....	5,5 (10)	4,4 (15)
H-Schicht.....	4,5 (10)	4,1 (15)

Die Differenz ist hier noch bedeutender als im *Vaccinium*-Typ. Der Untergrund ist bei Storkåtatjärnsbäcken etwas günstiger als auf Högsvarterberget. Der Einfluss des Alters auf die Reaktionszahl der Humusdecke ist auch hier erheblich.

Zu den höheren Reaktionszahlen, die für Jungbestände bezeichnend sind, trägt, allem nach zu urteilen, die Birke bei, deren Förna weniger sauer ist als die der Nadelhölzer (HESSELMAN 1926). Innerhalb ein und desselben Bestandes sind Flecken mit Birkenlaub im Durchschnitt weniger sauer als solche mit Vorherrschaft von Moosen. Sowohl in der F- als in der H-Schicht ist unter Birkenlaub eine Zunahme der Reaktionszahl wahrzunehmen. Dies kann durch folgende Bestimmungen der Reaktionszahl auf Flecken mit oder ohne Birkenlaub, die auf der Brandfläche von 1866 auf Brända Holmen ausgeführt wurden, veranschaulicht werden:

	Frühjahr	Sommer	Herbst
Flecken mit Birkenlaub, F-Schicht.	4,80 (24)	4,95 (24)	4,93 (24)
» » » H-Schicht.	4,30 (24)	4,41 (24)	4,38 (24)
» ohne » F-Schicht.	4,75 (16)	4,80 (16)	4,75 (16)
» » » H-Schicht.	4,02 (16)	4,02 (16)	4,05 (16)

Jahresdurchschnittszahlen:

Flecken mit Birkenlaub, F-Schicht.	4,89 (72)
» » » H-Schicht.	4,36 (72)
» ohne » F-Schicht.	4,77 (48)
» » » H-Schicht.	4,03 (48)

Die Humusdecke unter Birkenlaub ist also während der ganzen Vegetationsperiode (Frühjahr, Sommer und Herbst) weniger sauer als dort, wo Moose dominieren. Der Unterschied ist am grössten in der H-Schicht, was mit meinen früheren Beobachtungen gut übereinstimmt. Er beträgt in der H-Schicht im Durchschnitt über 0,3 p_H -Einheiten. In diesem Zusammenhang sei noch auf Folgendes hingewiesen. In dichtgeschlossenen Beständen ist p_H gewöhnlich niedriger als in lichter Beständen. Die Birke auf Brända Holmen kommt in den mehr geschlossenen Partien des Bestandes vor, wo also eine säurere Humusdecke als auf lichten Partien zu erwarten wäre; umso bemerkenswerter ist daher der festgestellte Unterschied.

Zur Beleuchtung der Einwirkung des Birkenlaubs auf die Reaktionszahl der Humusdecke sei folgendes sehr lehrreiche Beispiel angeführt. Nicht weit vom Landweg Vindeln-Robertsfors im Versuchsrevier Svartberget liegt auf einer Feinsandablagerung eine flechtenreiche Kiefernheide. In gewissen Teilen der Heide kommt Haarbirke vor. Vor ungefähr 20 Jahren wurde die Birke abgeholzt; durch Stockausschlag entstanden aber bald kleine Birkengruppen. Die Humusdecke unter den Birkengruppen ist mehr locker und mullartig als unter den Kiefern. Dieser Unterschied ist oft sehr auffallend. Zur näheren Untersuchung wurden 15 Birken bzw. Birkengruppen und ebenso viele in der Nähe der Birken wachsende Kiefern ausgewählt. Unter Kiefern und nebenstehenden Birken wurden Humusdeckenproben entnommen und sodann miteinander verglichen (s. Fig. 12 und 13). Durch die Art der Probenahme ist jegliche Einwirkung etwaiger Verschiedenheiten in der Geologie des Bodens als ausgeschlossen zu betrachten. Die Ergebnisse der Untersuchung dieser Proben, 15 unter Kiefer und 15 unter Birke, sind:

	Unter Kiefer	Unter Birke
F-Schicht.	4,0 (4,4—3,8)	5,1 (5,8—4,6)
H-Schicht.	3,9 (4,5—3,6)	4,7 (5,1—4,1)

Der Unterschied in der Reaktionszahl, 1,1—0,8 p_{H} -Einheiten, ist also bedeutend. In den Vergleichsprobenpaaren war die Reaktionszahl sowohl in der F- als in der H-Schicht unter Birke höher als unter Kiefer, die Humusdecke also dort weniger sauer als hier.

Unter Umständen kommt es jedoch in dichtgeschlossenen Birkenbeständen vor, dass das Birkenlaub so dicht den Boden bedeckt, dass es eine zähe, zusammenhängende Schicht bildet. In solchen Fällen kann auch eine aus Birkenlaub bestehende Humusdecke sauer sein. Ein Beispiel hierfür liefert das Versuchsfeld Rokliden im Revier Piteå. Auf der 1908 abgeholzten Partie des Versuchsfeldes (vgl. HESSELMAN 1909, S. 40—42; 1926, S. 478—485) wächst heute ein Birkenjungbestand mit eingesprengter Kiefer und Fichte. Die Reaktionszahlen der Bodendecke in diesem Bestand wurde in diesem Fall mit den Reaktionszahlen im alten, nicht abgetriebenen Fichtenbestand (s. auch Fig. 47—50), und zwar in nach Möglichkeit mit dem 1908 abgetriebenen Bestand gleich beschaffenen Partien, verglichen. Die Ergebnisse waren:

	Birkenjungbestand	Fichtenaltbestand
F-Schicht	4,0	4,3
H-Schicht	3,8	3,7

In diesem Fall ist die F-Schicht unter der Birke saurer als im Fichtenbestand; in der H-Schicht, die fast mullartigen Charakter hat, verhält es sich umgekehrt; da aber der Unterschied gering ist und die Zahlen auf nur 8 Beobachtungen beruhen, ist diesem Umstand keine grössere Bedeutung beizumessen. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Feststellung hinsichtlich der H-Schicht mit den Beobachtungen von Kulbäcksliden-Svartberget übereinstimmt. Wie auf Kulbäcksliden-Svartberget nimmt man auch in der Kronforst Rönnliden oberhalb Långvatten denselben Unterschied bezüglich der Reaktionszahlen zwischen älterem Wald mit starker Humusdecke und jüngerem, mit Birke gemischtem, nach Brand entstandenem Wald wahr. So war die Reaktionszahl der Humusdecke in einem jüngeren, nach Waldbrand 1880 entstandenen Fichten-Birkenmischbestand in Volvoliden 4,5. Die Humusdecke war so dünn, dass man die beiden Humusschichten nicht voneinander unterscheiden konnte. Die Bodenvegetation bestand aus Blau- und Preiselbeere, *Empetrum*, *Deschampsia (Aira) flexuosa*, *Trientalis europaea*, *Chamaenerium*, *Hylocomium parietinum* und *proliferum*, *Dicrana* sowie *Nephroma arcticum*. In den alten Beständen auf Rönnliden zeigt die starke Rohhumusdecke in der F-Schicht ein p_{H} von 4,06 und in der H-Schicht ein p_{H} von 3,80, Werte, die mit solchen in Altbeständen auf Kulbäcksliden nahe übereinstimmen. Auch in alten Fichtenbeständen der Kronforst Hästliden (Revier Bjurholm) stellte ich übereinstimmende Reaktionszahlen fest, nämlich in der F-Schicht 4,1 und in der H-Schicht 3,9. Für alte, rohhumusreiche Fichtenwälder von *Vaccinium*-Typ auf kalkarmen Böden in Norrland scheinen Reaktionszahlen im Betrage von za. 4,1 in der F-Schicht und 3,8—3,9 in der H-Schicht charakteristisch zu sein. Diese Reaktionszahlen sind jedoch an und für sich keineswegs niedrig. In den hochproduktiven, moosreichen Kiefern- oder Nadelmischwäldern Südschwedens ist die Humusdecke oft viel saurer.

Die hier mitgeteilten Ergebnisse der Untersuchung über die Reaktionszahl der Humusdecke auf verschiedenen Probeflächen können wie folgt zusammengefasst werden.

Innerhalb der einzelnen Probeflächen ist eine bedeutende lokale Variation der Reaktionszahl der Humusdecke wahrzunehmen. Sie ist am grössten in jüngeren, mit Birke gemischten und am geringsten in älteren, birkenfreien Beständen.

Innerhalb sämtlicher Probeflächen ist eine deutliche Saisonvariation der Reaktionszahl zu beobachten; im Durchschnitt ist p_H am niedrigsten im Frühjahr (Juni) und am höchsten im Sommer (Juli-August). Im Herbst findet ein mehr unregelmässiges Absinken der Reaktionszahl statt. Wird die Saisonvariation in p_H -Werten ausgedrückt, so ist sie grösser in jüngeren als in älteren Beständen; wird dagegen die Azidität in g Wasserstoffionen pro 1000 l Lösung ausgedrückt, so ist sie am grössten in älteren Beständen.

Trotz einer nicht unbedeutenden lokalen, sowie durch verschiedene Jahre und Jahreszeiten verursachten Variation in der Humusdecke ein und desselben Bestandes, wird doch eine Zunahme des Aziditätsgrades mit steigendem Bestandsalter beobachtet. In den Grenzen der Entwicklungsserie des *Vaccinium*-Typs beträgt im Sommer das p_H in der F-Schicht za. 4,9 in jüngeren, birken-gemischten und za. 4,1 in älteren, birkenfreien Beständen; in Beständen von *Dryopteris*-Typ za. 5,5 in jüngeren und za. 4,4 in älteren Beständen.

Die Beimischung von Birke ruft eine Erhöhung der Reaktionszahl der Humusdecke hervor. Am besten kann diese Einwirkung in Kiefernheiden mit Birkenbeimischung beobachtet werden, doch macht sie sich auch beim Vergleich von Stellen mit und ohne Birkenlaub innerhalb eines Nadelmischbestandes bemerkbar. In gedrängt geschlossenen Birkenverjüngungen kann von Birkenlaub eine zähe Humusdecke von ausgesprochen saurer Reaktion, $p_H = 4,0$, gebildet werden.

In den älteren, rohumusreichen norrländischen Fichtenwäldern von *Vaccinium*-Typ auf kalkarmem Boden beträgt die Reaktionszahl der Humusdecke in der F-Schicht za. 4,0 und in der H-Schicht 3,8—3,9. Diese Reaktionszahlen sind an und für sich nicht niedrig. Gleiche oder niedrigere Reaktionszahlen findet man in den Kiefern-, Fichten- oder Nadelmischwäldern von *Vaccinium*-Typ in Mittel- und Südschweden. Da diese oftmals hochproduktiv sind, kann die Reaktionszahl schwerlich die Ursache des stark herabgesetzten Wachstums und des kränklichen Aussehens der alten Fichtenwälder sein.

KAP. VI. Der Gehalt der Humusdecke an basischen Pufferstoffen und assimilierbarem Kalk.

I. Basische Pufferstoffe.

In der Abhandlung über die Humusdecke des Nadelwaldes (1926) hob ich hervor, dass es von Bedeutung ist, nicht allein den aktuellen Aziditätsgrad der Humusdecke, also deren p_H , zu bestimmen, sondern auch die Veränderungen der Reak-

tionszahl bei Zusatz von Säuren oder Basen zu studieren. Diese Veränderungen stellen ein Mass zur Bewertung des Gehalts der Humusdecke an basischen und sauren Pufferstoffen dar.

Die Bestimmungen der basischen Pufferstoffe, d. h. der Stoffe, die eine Reaktionsänderung in saurer Richtung hindern oder erschweren, ergaben deutlichere Resultate als die Bestimmungen der sauren Pufferstoffe. Da ausserdem der Gehalt an basischen Pufferstoffen in biologischer Hinsicht von grösserer Bedeutung als der an sauren Pufferstoffen zu sein scheint, werden im folgenden nur die ersteren berücksichtigt.

Die Ergebnisse der potentiometrischen Titrierungen, die bei diesen Bestimmungen zur Anwendung kamen, werden gewöhnlich, wie auch in meiner Abhandlung 1926, in Form von Titrierungskurven dargestellt. Da aber diese Kurven hinsichtlich der Übersichtlichkeit und beim direkten Vergleich miteinander Schwierigkeiten bieten können, habe ich mich hier der von TOVBORG JENSEN (1924) vorgeschlagenen Darstellungsmethode bedient. Der Grundsatz dieser Methode besteht darin, dass man die ermittelte Titrierungskurve mit der Kurve vergleicht, die erhalten wird, wenn man eine pufferfreie Flüssigkeit von gleichem Aziditätsgrad (p_H) wie die Bodenaufschwemmung, ehe Salzsäure oder Alkali zugesetzt wird, titriert. Durch Bestimmung der Anzahl ccm 0,1 n HCl, die zur Erreichung eines gewissen p_H in der pufferfreien Flüssigkeit erforderlich ist, und der Anzahl ccm 0,1 n HCl, die die Bodenaufschwemmung zu gleichem p_H benötigt, kann man einen Ausdruck für die Pufferkapazität der Bodenaufschwemmung bei dem gewählten p_H erhalten. Bezüglich der Methode für diese Darstellungsweise sei auf die Arbeit von T. JENSEN verwiesen. Die Ergebnisse sind in Tab. 12 zusammengestellt. Diese Tabelle zeigt die Pufferkapazität der verschiedenen Bodenproben bei verschiedenen p_H , sowie auch die Schwankungen der Pufferkapazität innerhalb der Titrierungskurve.

Aus der Tabelle ersieht man, dass die Humusproben von der Probefläche mit abgebranntem Reisig (1) sowie von der Brandfläche aus dem Jahr 1918 in der Kronforst Aggberget (2) relativ geringe Pufferkapazität zeigen, obwohl Kalkgehalt und Reaktionszahlen ziemlich hoch sind. Die reichlich mit Mineralerde vermischte Humusschicht besteht hauptsächlich aus Resten der alten Humusdecke. Die Humusproben von den Brandflächen verhalten sich beim Titrieren wie ausgesprochenes Mull. Mullproben können ein hohes p_H und einen nicht unbedeutenden Kalkgehalt aufweisen, sie zeigen aber im Vergleich mit Rohhumus eine den Säuren gegenüber schwache Pufferkapazität. Als Beispiel können einige Mullproben aus Buchenwäldern auf Maltesholm in Schonen, Tab. 13, angeführt werden. Die Proben stammen von drei verschiedenen Lokalen im Buchenwalde um das Schloss Maltesholm.

Vergleicht man die Humusproben aus den Beständen 3—8 miteinander, so zeigen sich folgende Verschiedenheiten:

1. Die F-Schicht ist in sämtlichen Beständen reicher an basischen Pufferstoffen als die H-Schicht.
2. Die Proben aus den mit wohlausgebildeter und Birken laubreichlich enthaltender Humusdecke versehenen Beständen 4 und 5 haben grössere Pufferkapazität gegen Säuren als die Proben aus den übrigen Beständen.

3. Die Proben aus dem Birken-Kiefern-Fichtenwald auf Storliden (Nr. 3) haben eine Pufferkapazität, die mit der von Humusproben aus den Beständen 4 und 5 sehr nahe übereinstimmt.
4. Die Pufferkapazität gegen Säuren bei den p_H -Werten 3,5—4,0 ist bei den Proben aus den Beständen mit Birkenlaub hoch, sie sinkt bei den Proben aus den älteren, birkenfreien Beständen und erreicht ihre niedrigsten Werte bei den Proben aus den alten Fichtenbeständen auf Storliden.

Im vorhergehenden Kapitel wurde festgestellt, dass die Reaktionszahl der Humusdecke einer Saisonvariation unterworfen ist. Die Humusdecke ist am stärksten sauer im Frühjahr, im Sommer steigt die Reaktionszahl, um sodann im Herbst unregelmässig und schwach zu sinken. Ausgedrückt in p_H -Einheiten, sind die Veränderungen am grössten in der Humusdecke von Beständen mittleren Alters und in der F-Schicht, ausgedrückt in direkten Massen dagegen in der Humusdecke von älteren Beständen. Diese Verschiedenheiten zwischen Humusdecken in Jung- und Altbeständen können von vielen Faktoren beeinflusst werden, eine naheliegende Erklärung ist jedoch im Gehalt der Humusdecken an basischen Pufferstoffen zu suchen. Die Humusdecken, die die geringsten Veränderungen, ausgedrückt in Gramm Wasserstoffionen pro Liter Lösung, zeigen, haben die grösste Pufferkapazität gegen Säuren (Bestand auf Brända Holmen; Probefläche 9, *Dryopteris*-Fläche), während die grössten Veränderungen in der basenarmen Humusdecke des alten Fichtenbestands auf Storliden stattfinden. Die Humusproben von dem alten Fichtenbestand im Stortjärn-Reservat haben eine verhältnismässig hohe Pufferkapazität, namentlich bei den p_H -Werten 4,0—3,5. Die Saisonvariation der in direkten Massen ausgedrückten Reaktionszahl ist bei dieser Humusdecke relativ gering (s. Tab. 11). Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei der Saisonvariation von p_H der Gehalt der Humusdecke an Säure und basischen Pufferstoffen eine Rolle spielt, doch ist hierbei auch die Tätigkeit der Mikroorganismen sicher von grosser Bedeutung.

2. Kalkgehalt.

Die Veränderungen der Humusdecke bei Zusatz einer Säure werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Im Rahmen dieser Arbeit kann ich jedoch nicht näher darauf eingehen. Unter den Faktoren, die für den Aziditätsgrad der Humusdecke und dessen Veränderungen zweifellos von Bedeutung sind, ist der Gehalt an Kalk, namentlich an adsorptiv gebundenem Kalk, zu nennen. Wie aus dem Kapitel über die Methodik hervorgeht, besteht der Kalk der Humusdecke zum weitaus überwiegenden Teil aus adsorptiv gebundenem oder, wie er oft bezeichnet wird, assimilierbarem Kalk. Dieser lässt sich auch leicht und ohne grösseren Zeitverlust analysieren.

Berechnet im Verhältnis zum Humus (s. Tab. 14), schwankt der Kalkgehalt von 1,37 (1927 abgebrannte Schlagfläche) bis 0,72 % (Fichtenaltbestand auf Storliden). Die Variation bewegt sich also innerhalb recht enger Grenzen, ist aber in der F-Schicht, wo die Vermoderung am regsten ist, ziemlich regelmässig. Im grossen ganzen sinkt der Kalkgehalt mit steigendem Bestandsalter. In Beständen mit ausgebildeter Humusdecke ist er am höchsten auf Brända Holmen und am niedrigsten im alten Fichtenbestand auf Storliden. In der H-Schicht variiert der Kalkgehalt weniger regelmässig.

Die in diesem Kapitel mitgeteilten Untersuchungen zusammenfassend, kann Folgendes gesagt werden.

In den Beständen von *Vaccinium*-Typ mit vollausgebildeter Humusdecke (Bestände 3—8) ist der Gehalt an basischen Pufferstoffen grösser in der F- als in der H-Schicht; er ist am grössten in birkenmischten Beständen mittleren Alters und am geringsten in alten, flechtenbehangenen, unwüchsigen Beständen. Der Gehalt an adsorptiv gebundenem Kalk ist in der F-Schicht grösser als in der H-Schicht, er nimmt in den ausgebildeten Humusdecken in gleicher Weise ab wie der Gehalt an basischen Pufferstoffen. Er ist am grössten in birkenmischten Beständen mittleren Alters und am geringsten in der Humusdecke überjähriger Bestände. Diese Ergebnisse stimmen mit den von mir früher gemachten Feststellungen (HESSELMAN 1926) gut überein.

Da man die untersuchten Bestände als Glieder einer Entwicklungsserie betrachten darf, geben die gewonnenen Ergebnisse in den berührten Fragen ein Bild von den Veränderungen, denen die Humusdecke im Verlauf der Bestandsentwicklung im nordischen Fichten- oder Nadelmischwald unterworfen ist. Im vorhergehenden Kapitel wurde betont, dass der Aziditätsgrad höher ist in älteren als in jüngeren oder mittelaltrigen Beständen. Man braucht wohl kaum hervorzuheben, dass die festgestellten Unterschiede hinsichtlich der basischen Pufferstoffe und des Gehalts an assimilierbarem Kalk mit den Verschiedenheiten der Reaktionszahl bestens übereinstimmen.

KAP. VII. Die Zellulose der Humusdecke und ihre Zersetzung.

Um den Vorgang der Zellstoffzersetzung in dem für den nordischen Nadelwald charakteristischen Humus näher kennenzulernen, wurde eine Reihe von Bestimmungen vorgenommen. Zur Anwendung kam die von CHARPENTIER (1920, 1921) sowie von BARTHEL und BENGSSON (1923) ausgearbeitete Methode, die sich jedoch bei Untersuchung von Rohhumus als äusserst umständlich erwies und daher in verschiedenen Punkten geändert werden musste (Näheres hierüber siehe Kap. I, S. 672). Die sehr zeitraubende Untersuchungsmethode gestattete es nicht, die Bestimmungen in grösserem Umfang auszuführen.

Gewisse Resultate konnten jedoch erzielt werden und werden nachstehend mitgeteilt.

Tab. 15 enthält die ermittelten Werte des Zellulosegehalts der Humusdecke, die teils direkt, teils im Verhältnis zum Glühverlust — letzterer gibt den Zellulosegehalt der organischen Bestandteile an — berechnet wurden. Aus der Tabelle geht hervor, dass der Zellulosegehalt sehr geringe Schwankungen zeigt. Berechnet man den Zellulosegehalt direkt, so ist die F-Schicht zellulosereicher als die H-Schicht; im Verhältnis zum Glühverlust aber ist er annähernd gleich in beiden Schichten.

Der Humus in den untersuchten Rohhumusproben enthält also etwa 2 % Zellulose, d. h. solche Zellulose, die ohne Vorbehandlung sich in einer Kupferoxydammoniaklösung löst; dieser Gehalt bleibt beim Übergang von der F- zur H-Schicht unverändert.

Geringere Zellulosegehalte zeigt der Humus auf Brandflächen jüngeren Datums. Diese Abweichung ist jedoch mehr scheinbar als wirklich, denn jüngere Brandflächen enthalten mehr Kohle als die älteren; die Kohle aber, die in den Glühverlust eingeht, enthält keine Zellulose. Die neugebildete Humusdecke kann daher ebenso zellulosereich sein wie die in mittelaltrigen Beständen.

Beim Vergleich des Zellulosegehalts des Humus der Wald- und der Ackerböden (Angaben über letztere s. CHARPENTIER 1921) zeigt es sich, dass der Rohhumus der Waldböden bedeutend reicher an Zellulose ist als der Humus der Ackerböden.

Am bemerkenswertesten scheint mir die Feststellung, dass der Zellulosegehalt des Humus in beiden Humusschichten gleich ist. Da die Zellulose leicht zersetzbar sein muss, wäre eine Verminderung des Gehalts in der H-Schicht zu erwarten. Möglich wäre es, dass das Kupferoxydammoniak einen Teil der Zellulose, die von im Boden lebenden Organismen gebunden ist und daher nicht zersetzt wird, löst. Die Untersuchung über die Zersetzung der zugesetzten Zellulose in Humus hat recht klare Resultate ergeben (s. Tab. 16). Im Humus von jüngeren Brandflächen ist die Zersetzung der Zellulose schwach. Da der Stickstoff in diesem Humus leicht zugänglich ist, was die Zersetzung der Zellulose fördern müsste, dürfte die Ursache dieser Erscheinung in einer weniger reich entwickelten Mikroorganismenflora zu suchen sein. Im geschlossenen Bestand mit normaler Humusdecke verläuft die Zersetzung der Zellulose in der F-Schicht durchweg schneller als in der H-Schicht; auch ist die Stickstoffmobilisierung, wie früher gezeigt wurde, reger in der F-Schicht.

Die bisher ausgeführten Untersuchungen über die Zersetzung der Zellulose im Rohhumus — ein Vorgang, bei dem die Biologie der Rohhumusdecke zweifellos von sehr grosser Bedeutung ist — sind mithin von mehr primärer Natur. Folgende Ergebnisse verdienen Beachtung:

1. Der Rohhumus des nordischen Nadelwaldes von *Vaccinium*-Typ enthält etwa 2 % in Kupferoxydammoniak lösliche Zellulose. Im Verhältnis zur organischen Substanz ist der Zellulosegehalt der F- und der H-Schicht gleich.
2. Dem Humus zugesetzte Zellulose (Baumwolle) wird in der F-Schicht schneller zersetzt als in der H-Schicht.
3. Die zugesetzte Zellulose wird im Humus von jüngeren Brandflächen langsamer zersetzt als in solchem von geschlossenen Beständen.
4. Zwischen dem Vermögen des Humus, die zugesetzte Zellulose zu zersetzen, und der Beschaffenheit des Bestandes konnten keine näheren Beziehungen nachgewiesen werden.

KAP. VIII. Der Stickstoff in der Humusdecke und seine Mobilisierung.

1. Der Stickstoffgehalt der Humusdecke.

Der in der Rohhumusdecke befindliche Stickstoff dürfte zum wesentlichen Teil der stets stickstoffhaltigen Förna entstammen. Der Förnastickstoff dürfte hauptsächlich in den Proteinen gebunden sein, die in den Resten des Zellenprotoplasmas enthalten sind. Ob eine Assimilation des freien Stickstoffs der Luft im Rohhumus

stattfindet, ist dagegen unsicher. Der Stickstoffgehalt der F-Schicht (berechnet im Verhältnis zur organischen Substanz) ist in der Rohhumusdecke höher als der Stickstoffgehalt der H-Schicht, was mit der Annahme einer Stickstoffassimilation während des Humusbildungsprozesses schwerlich in Einklang zu bringen ist. Tab. 17 zeigt den Stickstoffgehalt der Humusdecke auf den untersuchten Probenflächen. Aus der Tabelle ersieht man, dass die organische Substanz auf dem 1929 abgebrannten Schläge bzw. auf der Brandfläche von 1918 stickstoffarm ist. Dies ist auch ganz natürlich, denn die als Glühverlust bestimmte organische Substanz enthält viele Kohlepartikeln, die höchstwahrscheinlich arm an Stickstoff sind. Da aber der Boden beider Brandflächen bedeutende Mengen organischer Substanz aufweist, ist der totale Stickstoffgehalt recht gross (vgl. Tab. 8). In den Beständen mit normaler Humusdecke ist der Humus der F-Schicht stickstoffreicher als der der H-Schicht. Die einzige Ausnahme stellt der Fichtenaltbestand auf Storliden dar, wo beide Schichten den gleichen Stickstoffgehalt aufweisen. In gewissem Grade lässt sich bei dem Stickstoffgehalt ein Gang erkennen. So zeigt die Humusdecke der Brandfläche 1878 in der F-Schicht einen Stickstoffgehalt von 1,89 %, auf der Brandfläche 1866 steigt er auf 2,21 %, mit dem steigenden Bestandsalter sinkt er dann, um in dem alten Fichtenbestand auf Storliden den niedrigsten Wert zu erreichen. In dem mittelaltrigen Bestand von *Dryopteris*-Typ ist der Stickstoffgehalt der Humusdecke von derselben Grössenordnung wie auf Brända Holmen.

Ob dieser Gang des Stickstoffgehalts mit steigendem Bestandsalter zufälliger Natur oder Ausdruck einer gewissen Gesetzmässigkeit ist, mögen künftige Untersuchungen entscheiden. Die in meiner Arbeit 1926 mitgeteilten Analysen sprechen für die letztere Auffassung, doch sind die Beobachtungen zu gering an Zahl und oft nicht direkt miteinander vergleichbar. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass zwischen dem p_H der Humusdecke und ihrem Stickstoffgehalt eine deutliche Korrelation besteht, und zwar steigt der Stickstoffgehalt mit steigendem p_H , obwohl Abweichungen von dieser Regel nicht selten sind (HESSELMAN 1926, S. 301—306). Auch diese Untersuchungsserie zeigt einen Zusammenhang zwischen p_H und Stickstoffgehalt der F-Schicht: die F-Schichten mit höherem p_H haben einen höheren Stickstoffgehalt als F-Schichten mit niedrigerem p_H .

2. Die Mobilisierung des Humusstickstoffs.

Die Art, wie der im Boden gebundene Stickstoff zugänglich gemacht wird, ist für die Pflanzen von ausschlaggebender Bedeutung. Handelt es sich um Pflanzen, die ihre Nahrung aus der Rohhumusdecke erhalten, so ist dies ein sehr kompliziertes Problem. Das eigenartige Zusammenleben zwischen den Wurzeln der höheren Pflanzen und der Pilzflora des Bodens, das zur Bildung von Mykorrhizen oder Pilzwurzeln verschiedener Konstitution führt, gestattet es, die Nahrung aus der Rohhumusdecke auf eine andere Weise als bei anderen Pflanzen aufzunehmen. Es ist wahrscheinlich, dass Pflanzen mit Mykorrhiza Stickstoff in einer Form aufnehmen können, die für andere Pflanzen nicht oder sehr schwer zugänglich ist. Es hat sich indessen herausgestellt (HESSELMAN 1927, GAST 1937); dass zwischen der Stickstoffmobilisierung im Rohhumus in Form von Ammoniak und Salpeter und der Entwicklung der Kiefernpflanze ein Zusammenhang besteht. Der als Ammoniumnitrat zugeführte Stickstoff wird auch von der Kiefer leicht aufgenommen (vgl. z. B. GAST und dort angeführte Literatur). Die Zugänglichkeit des Stickstoffs

für Kiefer und Fichte in der Rohhumusdecke wurde daher auf verschiedenen Probeflächen durch Untersuchung der Bildung von Ammoniak und Nitrat studiert. Hierbei wurden folgende drei Methoden angewandt:

1. Lagerungsproben in Erlenmeyerkolben; die Bildung von Ammoniak und Nitrat im Rohhumus wurde teils direkt ohne Zusatz, teils nach Zusatz von Kalk und Infektion mit salpeterbildender Erde untersucht.
2. Lagerungsproben in Erlenmeyerkolben mit und ohne den im Rohhumus vorkommenden Regenwurm *Dendrobaena octaedra*.
3. Aufziehen von Kiefern- und Fichtenpflanzen in Töpfen mit einer Mischung von Sand und Humus.

a. *Stickstoffmobilisierung in Lagerungsproben mit oder ohne Kalk und Infektionserde.*

Bei meinen früheren Studien konnte ich feststellen, dass zwischen älteren und jüngeren Beständen bezüglich der Leichtigkeit, mit der der Stickstoff der Humusdecke in Ammoniak und Nitrat übergeführt werden konnte, erhebliche Unterschiede bestehen. Der Stickstoff erwies sich als leichter beweglich im Humus jüngerer als im Humus älterer Bestände (vgl. Tab. 18 und Fig. 14—17).

In den alten, flechtenbehangenen Fichtenbeständen von *Vaccinium*-Typ zeichnet sich die Humusdecke durch schwache Ammoniakbildung aus. Durch Zusatz von CaCO_3 wird keine Nitrifikation herbeigeführt. Auch die Einmischung von salpeterbildender Erde ruft keine oder nur schwache Nitrifikation hervor. Nur eine gleichzeitige Kalkung und Infektion mit nitrifizierender Erde führt zum gewünschten Resultat, aber auch hier kann der Erfolg ganz unbedeutend und erheblich geringer sein als der, welcher in jüngeren Beständen allein mit Kalk oder allein mit Infektionserde zu erzielen ist. Über diese Untersuchungen habe ich in meiner Arbeit 1926 ausführlich berichtet. In jüngeren Beständen mit Beimischung von Birke oder Espe genügt es oft, Kalk zuzusetzen, um eine rege Nitrifikation herbeizuführen, in älteren Beständen hat eine derartige Massnahme keinen Erfolg.

Der Unterschied zwischen der Humusdecke in jüngeren und in älteren Beständen wird ferner durch die in Tab. 19 zusammengestellten Analysen beleuchtet. Inbezug auf die Mobilisierungsmöglichkeiten des Stickstoffs unterscheidet sich die Humusdecke im alten Fichtenbestand im Stortjärn-Reservat deutlich von der Humusdecke der Brandfläche 1828. Die Ammoniakbildung ist schwächer in der alten Rohhumusdecke als in der jüngeren. Kalkung allein hat keine Einwirkung auf die Nitrifikation. Kalkung in Verbindung mit Infektion hat einen bedeutend geringeren Einfluss auf die alte als auf die jüngere Humusdecke. In Beständen mittleren Alters von *Dryopteris*-Typ, wo das Birkenlaub bei der Humusbildung eine grosse Rolle spielt, ist der Stickstoff relativ leichtbeweglich. Die Ammoniakbildung ist sehr lebhaft. Eine lebhafte Nitrifikation wird schon durch blosse Kalkung hervorgerufen; noch grösseren Effekt hat Kalkung in Verbindung mit Infektion. In den Proben ist der Stickstoff in der Regel leichter beweglich in der F- als in der H-Schicht. Eine Ausnahme bildet jedoch die Brandfläche 1828, wo die H-Schicht bei Kalkung lebhaftere Nitrifikation zeigt als die F-Schicht. Fasst man die Ergebnisse der Ammoniak- und Nitratbildung unter Einfluss von Kalkung allein oder von Kalkung in Verbindung mit Infektion zusammen, so kommt man zu demselben Resultat wie bei den früheren Versuchen. In jüngeren

Beständen, und vor allem in solchen mit Beimischung von Laubholz, ist der Stickstoff der Humusdecke mehr mobil und leichter in Salpeter überführbar als in älteren Beständen. Ähnliche Unterschiede findet man zwischen der F- und der H-Schicht.

b. Stickstoffmobilisierung in Lagerungsproben unter Einwirkung von Regenwürmern (Dendrobaena octaëdra).

In der Natur kommt weder Kalkung noch Infektion mit nitrifizierender Erde vor. Solche Eingriffe sind daher als nicht den Verhältnissen im Freien entsprechend anzusehen; nichtsdestoweniger geben sie in mancher Hinsicht Aufklärung über die Natur der Humusdecken. Die verschiedene Art, in der die Humusdecken auf diese Eingriffe reagieren, muss ihren Grund in verschiedenen Eigenschaften derselben haben. Um die Verschiedenheiten der Humusdecken weiter zu ergründen, habe ich mich folgender Methode bedient. In der Humusdecke des norrländischen Fichtenwalds oder Nadelmischwalds kommt häufig eine kleine Regenwurmart, *Dendrobaena octaëdra*, vor. Ausserdem treten auf Kulbäcksliden-Svartberget auch andere Lumbriciden, wie *Dendrobaena subrubicunda* und eine *Lumbricus*-Art, auf. Besonders in milden, feuchten Herbstern sind sie in recht grossen Mengen zu finden. Am häufigsten treten sie in Humusdecken mit Laub auf. Bisweilen wurden die Regenwürmer, hauptsächlich *Dendrobaena octaëdra*, auch in den Lagerungskolben ange troffen, wo sie die Umsetzung beeinflusst haben. Als Eier oder kleine Individuen kamen sie mit den Proben mit und wurden beim Füllen der Kolben übersehen.

Eine Doppelserie von Versuchen wurde angelegt, um teils die Bedeutung der Regenwürmer für die Stickstoffmobilisierung im allgemeinen, teils das Verhalten verschiedener Humusdecken mit Rücksicht auf die Tätigkeit der Regenwürmer zu studieren. Die Versuche wurden als Lagerungsproben ausgeführt, wobei die Proben der einen Serie mit je 10 Regenwürmern versehen wurden, die der zweiten Serie dagegen keine Regenwürmer enthielten. Die Versuchsdauer betrug 2 Monate; zu Beginn und zu Ende des Versuchs wurden p_H , Ammoniak- und Salpeterstickstoff bestimmt. Zu Ende des Versuchs wurden die Regenwürmer in den verschiedenen Kolben gezählt. Es stellte sich hierbei heraus, dass Regenwürmer auch in solchen Kolben vorhanden waren, wo die Proben von ihnen befreit worden waren. Als Eier oder Kleinindividuen in den Proben enthalten, waren sie beim Reinigen derselben doch übersehen worden. Die Ergebnisse sind in Tab. 20 wiedergegeben und können wie folgt zusammengefasst werden.

1. In sämtlichen Proben haben die Regenwürmer eine Erhöhung von p_H verursacht. Diese Erhöhung kann bis 0,4 p_H -Einheiten betragen.
2. In sämtlichen Proben hat die Tätigkeit der Regenwürmer eine starke Steigerung der Stickstoffmobilisierung in Form von Ammoniak herbeigeführt.
3. Diese Zunahme der Stickstoffmobilisierung ist in Humus aus jüngeren Beständen weit grösser als in solchem aus älteren Beständen. In den älteren Beständen beträgt die Zunahme za. 280—490, in den jüngeren 710—960 mg pro kg.
4. Zwischen den Humusdecken von aneinander grenzenden jüngeren und älteren Beständen, wie zwischen der Brandfläche 1878 und dem Storliden-Reservat, bestehen sehr grosse Unterschiede. In der ersteren belief sich die Zunahme auf za. 960, in der letzteren auf 280 mg pro kg.

In jüngeren Beständen wird also die Stickstoffmobilisierung in höherem Grade von Regenwürmern beeinflusst als in älteren Beständen. Das Material jüngerer Humusdecken wird von ihnen leichter und effektiver bearbeitet als das älterer. Humusdecken mit modernem Birkenlaub sagt den Regenwürmern zu. Die stärkste Stickstoffmobilisierung wird im Humus mit Birkenlaub (Proben 3—5) beobachtet. Dasselbe gilt auch für die Altbestände, wo die mit Birke stärker gemischte Fläche im Stortjärn-Reservat lebhaftere Stickstoffmobilisierung aufweist als die beiden anderen.

Die Ergebnisse der Lagerungsproben gehen also sämtlich in die gleiche Richtung. Man kann sie wie folgt zusammenfassen.

Die Ammoniakbildung in der Humusdecke jüngerer Bestände ist lebhafter als im Humus älterer Bestände. Um eine lebhaftere Nitrifikation in jüngeren Humusdecken hervorzurufen, genügt Kalkung oder auch Infektion mit salpeterbildender Erde. Für ältere Humusdecken sind hierfür beide Massnahmen erforderlich. Der Erfolg ist aber auch danach oft sehr gering.

Die in der Rohhumusdecke lebenden Regenwürmer bewirken eine gesteigerte Mobilisierung des Humusstickstoffs, welche in der Humusdecke jüngerer Bestände weit lebhafter ist als in der älterer Bestände.

3. Aufzucht von Kiefern- und Fichtenpflanzen in Sand-Rohhumusmischung.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über die Entwicklung der Nadelpflanzen im Rohhumus (HESSELMAN 1927) wurde eine Serie von Versuchen ausgeführt, die die Bedeutung der Stickstoffmobilisierung im Rohhumus für die Jungpflanzen beleuchten sollte. Kiefern- und Fichtenpflanzen wurden in Blumentöpfen, die eine Mischung von $\frac{1}{3}$ Volumteil Humus und $\frac{2}{3}$ Volumteilen Sand enthielt, aufgezogen. Die ersten Versuche bezweckten die Erforschung der Einwirkung der Rohhumusumwandlung auf Kahlschlägen auf die Entwicklung der Pflanzen. Die Ergebnisse waren in verschiedenen Hinsichten aufschlussreich. Es erwies sich, dass zwischen der Trieblänge der Kiefer und der Stickstoffmobilisierung im Boden, beurteilt durch Lagerung der Sand-Humusmischung, ein deutlicher und enger Zusammenhang besteht. Die Pflanzen, die in einer Mischung von Sand und Humus von einer Schlagfläche mit hier und da Himbeer- und *Chamaenerium*-Pflanzen aufgezogen wurden, entwickelten sich viel kräftiger als die, welche in einer Mischung von Sand und Rohhumus aus einem alten, flechtenbehangenen Fichtenbestand, auf gleichartigem Boden wie die genannte Schlagfläche und in deren unmittelbarer Nähe gelegen, aufgezogen wurden. Weit kräftigeren Wuchs zeigten ferner Fichtenpflanzen in Sand-Humusmischungen mit Humus aus einem Fichtenbestand im Gebirge, eingesammelt unter Fichten und Birken, als Fichtenpflanzen in Sand-Humusmischung mit Humus von gleichem Platz, aber ohne Birkenlaubbeimischung. Bei Bewässerung mit schwacher Ammoniumnitratlösung nahm die Trieblänge der Pflanzen zu; die erwähnten Unterschiede im Wuchs blieben jedoch bestehen. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass die Mobilisierung des Stickstoffs in den verschiedenen Töpfen für die Entwicklung der Pflanzen von sehr grosser Bedeutung war, wenn auch andere Faktoren vielleicht mitgewirkt haben. Ich

denke hierbei an das Zusammenleben zwischen den Pflanzenwurzeln und der Pilzflora des Bodens, das sich in verschiedenen Humusformen verschieden gestaltet.

Obwohl die durch Sand-Humusmischung geschaffenen Bedingungen für die Umsetzung des Humus nicht ganz den Verhältnissen im Freien entsprechen, müssen die festgestellten Unterschiede doch auf verschiedenen Eigenschaften der geprüften Humusdecken beruhen. Lagerungsproben mit Humus ohne Sand zeigten hinsichtlich der Stickstoffmobilisierung Ergebnisse, die mit den Sand-Humusmischungen übereinstimmten. Die Versuche beleuchten mithin die relativen Unterschiede zwischen den verschiedenen Humusformen, und alles spricht dafür, dass die Humusdecken auch draussen im Walde entsprechende Unterschiede aufweisen.

Um festzustellen, ob zwischen Stickstoffmobilisierung und Pflanzenentwicklung in Humusdecken von Beständen gleichen Typs und auf gleichartigem Boden, aber verschiedenen Alters ähnliche Beziehungen bestehen, wurde teils ein kleinerer einjähriger Versuch, teils eine die meisten Probeflächen umfassende Serie von Versuchen von zweijähriger Dauer angelegt.

Der erste Versuch umfasst Humusproben von der Brandfläche 1866, Brända Holmen und Degerö Stormyr und ferner aus dem Fichtenaltbestand auf Storliden, Kulbäcksliden. Die Verschiedenheiten der Humusdecke dieser Bestände ersieht man aus den S. 584—593 und in Tab. 18 mitgeteilten Untersuchungen. Die Stickstoffmobilisierung ist weit lebhafter auf Brända Holmen als in dem Altbestand auf Storliden. Die Entwicklung der Pflanzen in Sand-Humuskulturen mit Humus von diesen Orten ist von GAST (1937) näher erörtert worden.

Die von mir angelegten Versuche umfassten 10 Töpfe mit Kiefernpflanzen, je 5 für die beiden Bodenarten, sowie 9 Töpfe mit Fichtenpflanzen, 5 mit gutem und 4 mit schlechtem Rohhumus. Jeder Topf enthielt in der Regel 6 Pflanzen. Die Ergebnisse sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

	Kiefer	Fichte
	Frischgewicht	Frischgewicht
	mg	mg
Brandfläche 1866, Brända Holmen.....	112	26
Storliden-Reservat.....	35	19

Sowohl die Kiefern- als die Fichtenpflanzen waren weit kräftiger im Rohhumus von Brända Holmen als in solchem aus dem Altbestand von Storliden (vgl. Fig. 18 und 19), was mit den von GAST (1937) erzielten Resultaten gut übereinstimmt. Auch das Wurzelsystem der Pflanzen war kräftiger im Rohhumus von Brända Holmen als in dem von Storliden. Dasselbe ist bezüglich der Myrkorhizenentwicklung zu sagen. Im Rohhumus von Storliden weist die Kiefer reichlich Pseudomykorhizen auf, und das Wurzelsystem der Fichte scheint in seiner Entwicklung durch mehr oder weniger parasitäre Pilze gehindert zu sein; im Rohhumus von Brända Holmen dagegen sind die Saugwurzeln von Kiefer und von Fichte mit wohlentwickelten Myrkorhizen versehen. Das Resultat stimmt mit den Ergebnissen der Versuche mit Kiefernpflanzen in Sand-Humuskulturen mit Humus von Schlagfläche und aus altem Fichtenwald überein; im Schlagflächenhumus dominierten die A-Myrkorhizen, im Altwaldhumus die Pseudomyrkorhizen (s. HESSELMAN 1927 und MELIN 1927). Die Stickstoffmobilisierung in den Töpfen mit schlechtem Humus (Storliden) war weit schlechter als in denen mit gutem Humus (Brända

Holmen). Sie war im Herbst (Oktober—Dezember) lebhafter in Lagerungsproben mit Boden aus den Töpfen, die den Sommer 1930 über im Freien gestanden hatten, als in der Bodenmischung, die im Juni 1930 sofort zur Lagerung aufgestellt wurde. Diese Differenz beruht wahrscheinlich auf allmählicher Veränderung der Sand-Humusmischung, wodurch die Stickstoffmobilisierung temporär zunimmt (s. Tab. 22).

Im Sommer 1931 wurde ein neuer Sand-Humus-Kulturversuch mit Kiefern- und Fichtenpflanzen angestellt, der erst im Spätherbst 1932 abgeschlossen wurde. Die Humusproben wurden von folgenden Plätzen entnommen:

1. Brandfläche 1918. Aggberget.
2. Brandfläche 1878. Storliden.
3. Brandfläche 1853. Aggberget.
4. Brandfläche 1828. Högsvarterget.
5. Alter Fichtenwald. Stortjärn-Reservat.
6. Alter Fichtenwald. Storliden.
7. *Dryopteris*-Wald. Högsvarterget.
8. Kronforst Rönnliden. Rohhumus unter Fichten.
9. Kronforst Rönnliden. Rohhumus zwischen Fichten.

Die Proben von Rönnliden stammen aus einem alten Fichtenbestand mit absterbenden Altkiefern, der einige Kilometer südlich von Grottsjön zwischen dem See Långvattnet und Storuman in einer Höhe von za. 450 m ü. M. gelegen ist. An den offenen Stellen zwischen den Fichtengruppen findet man eine ziemlich mächtige, zähe und filzartige, hauptsächlich aus Moosen gebildete Rohhumusdecke, unter den breiten, bis zum Boden herunterreichenden, grünen Fichtenkronen dagegen eine zwar mächtige, aber lockere Humusdecke. Auch unter den Birkengruppen ist die Humusdecke locker. Die grossen Unterschiede struktureller und chemischer Art bei diesen Humusdecken sind aus Tab. 23 zu ersehen.¹ Den Unterschieden in Reaktionszahl und Kalkgehalt entsprechen Unterschiede in Stickstoffmobilisierung. Diese ist bei Lagerung bedeutend lebhafter bei den Humusproben, die unter Fichten, als bei denen, die zwischen Fichten entnommen sind, was aus der in Tab. 24¹ angeführten Serie von Lagerungsproben ersichtlich ist.

Die Ergebnisse dieser Lagerungsproben stimmen mit denen der Proben mit Regenwürmern gut überein. Nur die Brandfläche 1828 auf Högsvarterget zeigt eine stärkere Abweichung. Auch bei Sand-Humuskulturen mit Humus aus diesem Bestand ist, wie unten gezeigt wird, zwischen Pflanzenentwicklung und Stickstoffmobilisierung ein weniger deutlicher Zusammenhang wahrzunehmen als bei den übrigen Versuchen dieser Serie.

Die Stickstoffmobilisierung im Sand-Humus wurde durch Lagerung gleich nach Fertigstellung der Mischung teils im Sommer 1931, teils im Frühjahr 1933 untersucht. Im letzteren Fall entnahm man Bodenproben aus den Töpfen, in denen Kiefern- und Fichtenpflanzen aufgezogen wurden. Hierdurch erhielt man einen gewissen Einblick in die Veränderungen, die die Stickstoffmobilisierung im Sand-Humus allmählich erfährt. Tab. 25 zeigt die Stickstoffmobilisierung in der frischen Mischung von Sand und Humus. Die Mischung aus alten Fichtenbeständen auf Kulbäcksliden und Svartberget sowie von offenen Stellen zwischen den Fichten

¹ Öppet parti mellan granar = offene Stelle zwischen Fichten, under grankronan = unter Fichtenkrone, under björk = unter Birke.

auf Rönnliden haben eine schwache Stickstoffmobilisierung, eine Nitrifikation kommt nicht vor. Eine erhebliche Nitrifikation ist dagegen in Mischungen mit Humus von der Brandfläche 1828 sowie von Stellen unter Fichten auf Rönnliden zu beobachten. Eine lebhaftige Nitrifikation kommt im Humus aus Beständen mit frisch abgebranntem Boden oder mit stärkerer Beimischung von Birken vor.

Von Juni 1931 bis Spätherbst 1932 blieben die Töpfe mit Kiefern- und Fichtenpflanzen im Gewächshaus stehen, sodann wurden die Pflanzen untersucht, gemessen und gewogen. Ferner wurden von der Topferde Lagerungsproben zur Bestimmung der Stickstoffmobilisierung genommen. Da die Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen in Töpfen im Gewächshaus und in Lagerungsproben verschieden sind und ausserdem der Humus in Töpfen sich im Laufe der Zeit hinsichtlich der Stickstoffmobilisierung verändert, kann eine solche Bestimmung nur Näherungswerte für die Stickstoffmengen ergeben, die den Topfpflanzen während ihrer Entwicklung zur Verfügung standen. Trotzdem geben die auf diese Weise ermittelten Werte ein sehr interessantes Bild von den Bedingungen der Pflanzenentwicklung.

Jeder Versuch umfasste 5 Töpfe mit Kiefern und 5 mit Fichten, und in jeden Topf wurden 10 Kiefern- bzw. 10 Fichtenpflanzen eingepflanzt. Da im Verlauf des Versuches einige Pflanzen eingingen und eine Nachpflanzung auf den Versuch stark störend gewirkt hätte, sind die Ergebnisse teils mit Rücksicht auf das Totalgewicht sämtlicher Pflanzen, teils mit Rücksicht auf das Durchschnittsgewicht der einzelnen Pflanze berechnet worden (s. Tab. 26—27).

Der Zusammenhang zwischen Stickstoffmobilisierung und Pflanzenentwicklung in den einzelnen Töpfen mit gleicher Mischung von Sand und Humus war, wie auch bei den Versuchen von GAST (1937), nicht sehr stark. Die Erklärung dieser Tatsache liegt meiner Ansicht nach darin, dass die Stickstoffmobilisierung in verschiedenen Töpfen nicht gleichzeitig untersucht werden konnte, wodurch, in Anbetracht der Veränderung der Stickstoffmobilisierung im Laufe der Zeit, das Ergebnis beeinflusst werden muss. Vergleicht man dagegen das Totalgewicht der Pflanzen oder das Durchschnittsgewicht der Einzelpflanze in den Töpfen mit gleicher Sand-Humusmischung mit den Durchschnittswerten der Stickstoffmobilisierung in diesen Töpfen, so ist der Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Kiefern- und Fichtenpflanzen und der Stickstoffmobilisierung sehr stark. Der Zusammenhang zwischen Totalgewicht der Pflanzen und Stickstoffmobilisierung ist bei Kiefer sehr stark, bei Fichte weniger stark, aber unbestreitbar (s. Tab. 26 und 27 und Fig. 20—23). Ähnliche Beziehungen bestehen zwischen dem Durchschnittsgewicht der Einzelpflanze und der Stickstoffmobilisierung. Nur in einem Fall liegt eine stärkere Abweichung vor. Die Pflanzen, namentlich die Kiefer, in Mischung von Sand und Humus von der Brandfläche 1828 sind im Verhältnis zu der bei Lagerung festgestellten Stickstoffmobilisierung relativ klein. Worauf dies beruht, ist schwer mit Sicherheit zu sagen. Grosse Unterschiede bestehen jedenfalls in der Stickstoffmobilisierung zwischen den betreffenden Lagerungsproben mit diesem Humus aus Kiefern- und Fichtentöpfen, was auf Unregelmässigkeiten in der Freimachung des Stickstoffs hindeutet. In den Lagerungsproben mit Regenwürmern war die Stickstoffmobilisierung im Humus recht schwach. Gewisse Beobachtungen deuten ausserdem darauf hin, dass die Humusdecke in diesem Bestand recht mosaikartig ist; möglicherweise haben vorhandene Unterschiede, trotz sorgfältigen Durcheinandermengens des Bodens vor dem Beginn des Versuchs, nicht ausgeglichen werden können.

Die hier geschilderten Versuche zeigen also, dass zwischen der Entwicklung der Kiefern- und Fichtenpflanzen und der Mobilisierung des Humusstickstoffs derselbe Zusammenhang besteht, wenn der Humus aus verschiedenalterigen, aber auf gleichartigem Boden stockenden Beständen herkommt, und wenn er aus alten Beständen und von Schlägen entnommen wird. Der lockere Humus in den jungen, birkengemischten Beständen erzeugt in den Töpfen weit bessere Kiefern- und Fichtenpflanzen als der zähe, filzartige Humus in alten, flechtenbehangenen Beständen. Der lockere Humus unter den Fichtenkronen in einem stark von Rohhumus belasteten Wald erzeugt ebenfalls grössere und kräftigere Pflanzen als der filzartige Humus auf unbeschränkten Stellen zwischen Baumgruppen. Auch auf gleichem geologischem Untergrund machen sich dieselben Unterschiede in den alten und jungen Beständen geltend. Der Zusammenhang mit der Stickstoffmobilisierung ist deutlich. Die Bedeutung des Stickstoffs zeigen ferner die 1927 ausgeführten Bewässerungsversuche mit schwacher Ammoniumnitratlösung, worauf die in Boden mit schwacher Stickstoffmobilisierung wachsenden Pflanzen deutlich reagierten.

KAP. IX. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse über die Veränderungen in der Humusdecke im Laufe der Bestandsentwicklung.

Während der Entwicklung des Bestandes auf abgebranntem oder anderswie kahlegelegtem Boden ist die Humusdecke Veränderungen folgender Art unterworfen:

1. Veränderungen der Struktur. Im jungen, geschlossenen, gewöhnlich mit Birke gemischten Bestand ist die Humusdecke locker und etwas mullartig, im alten, flechtenbehangenen Bestand aber zähe und filzartig.
2. Veränderungen der Reaktionszahl. In den jüngeren Beständen ist die Humusdecke weniger sauer als in den älteren. In der F-Schicht schwankt das p_H von 4,8—4,9 in jüngeren bis $p_{H4,1}$ —4,3 in älteren Beständen.
3. Veränderungen des Gehalts der Humusdecke an basischen Pufferstoffen. Der Humus in den jüngeren, gewöhnlich mit Birke gemischten Beständen ist reicher an basischen Pufferstoffen als die Humusdecke der älteren Bestände.
4. Veränderungen der Mobilisierung des Humusstickstoffs. Bei Lagerung im Laboratorium zeigen Humusproben aus jüngeren Beständen eine lebhaftere Stickstoffmobilisierung als solche aus älteren Beständen. Zusatz von Kalk ruft im Humus aus jüngeren Beständen leichter Nitrifikation hervor als im Humus aus älteren Beständen. Analoge Unterschiede zeigen sich bei der Einwirkung der Regenwürmer auf die Zersetzung des Humus.

5. Veränderungen der Bedingungen für die Entwicklung der Jungpflanzen. Sand-Humuskulturen mit Kiefern- und Fichtenpflanzen liefern kräftigere Pflanzen mit Humus aus jüngeren als mit Humus aus älteren Beständen. Zwischen dem Gewicht der Pflanzen und der Stickstoffmobilisierung in dem Sand-Humusgemisch, beurteilt auf Grund von Lagerungsproben, besteht ein enger Zusammenhang. Analoge Unterschiede findet man zwischen der zähen Humusdecke auf offenen Plätzen in alten, lichten, rohhumusreichen Fichtenbeständen auf Kalkgrund und der lockeren Humusdecke unter dicht benadelten Fichtenkronen.

Für das Gedeihen der jungen Kiefern- und Fichtenpflanzen ist die Mobilisierung des Humusstickstoffs ohne Zweifel von ausschlaggebender Bedeutung. Es fragt sich, ob nicht derselbe Faktor auch bei älteren Beständen entscheidend einwirkt, und ob nicht die Ursache der für die älteren nordischen Fichtenwälder charakteristischen Wachstumsstockung in ungeeignetem Bodenzustand zu suchen ist. Vieles deutet darauf, dass die Stickstoffmobilisierung auch für ältere Bäume von grosser Bedeutung ist, über 200-jährige Fichtenbestände auf gutem Boden mit mullartigem Humus weisen nämlich auch in Norrland ein fortschreitendes Wachstum auf; die Fichtenkronen sind hier grün und gesund, und die Flechten spielen eine untergeordnete Rolle. Die Frage kann jedoch nicht durch solche Vergleiche, sondern nur durch Experimente entschieden werden.

KAP. X. Experimentelle Prüfung der Bedeutung des Stickstoffs für die alten, unwüchsigen, mit Flechten behangenen Fichtenbestände.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke auf das Wachstum der Altbäume müssen die natürlichen Prozesse als Vorbild dienen. Eine Zufuhr von grösseren Stickstoffmengen, wie es in der Landwirtschaft üblich ist, halte ich bei einem derartigen Versuch im Walde für nicht zweckmässig und auch irreführend, und zwar aus folgenden Gründen. Eine stärkere Düngung könnte verschiedene Veränderungen im Boden, so z. B. durch Abtöten eines Teils der Bodenvegetation oder der Bodenflora in der Humusdecke, herbeiführen; hierdurch würden bei Vermoderung der abgetöteten Pflanzen neue Pflanzennährstoffe geschaffen werden, deren Einwirkung auf die Bäume dann schwer von der direkten Stickstoffwirkung zu trennen wäre. Eine stärkere Stickstoffdüngung würde ferner aus dem Boden gewaschen werden, ohne dass die Bäume aus der zugeführten Nahrung Nutzen ziehen könnten. Eine oft wiederholte Düngung mit geringeren Stickstoffmengen ist, will man den Düngstoff gleichmässig verteilen, schwer durchzuführen. Ausserdem hätte man während der Trockenheitsperiode mit einer Anhäufung von Stickstoffsalzen in der obersten Bodenschicht zu rechnen, was selbstverständlich zu vermeiden ist. Man kommt der Wirklichkeit am nächsten, wenn man sich die Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke als einen langsam verlaufenden Prozess vorstellt, bei dem der höheren Vegetation ununterbrochen kleine Stickstoffmengen zur Verfügung gestellt werden. Das Verfahren, das den natürlichen Verhältnissen am besten entsprechen würde, wäre daher, dem Boden

stark verdünnte Stickstofflösungen zuzuführen. Da bei Anwendung von stark verdünnten Lösungen grössere Wassermengen erforderlich sind, waren bei der Ausführung des Versuchs besondere Vorrichtungen notwendig.

1. Die Durchführung der Stickstoffbewässerung und ihre Einwirkung auf Bestand und Bodenvegetation.

Zur Bewässerung der Probeflächen wurde teils eine stark verdünnte Ammoniaknitratlösung, teils reines Wasser aus dem Bach Storkåtatjärnsbäcken benutzt, der vom Moor Degerö Stormyr und dem dort gelegenen See Storkåtatjärnen gespeist wird und am Nordhang des Flakåtjälén herunter fliesst. Längs des Bachlaufs stocken alte, oft mit Flechten dicht behangene Fichtenbestände. Die lebende Bodendecke besteht aus einer mosaikartigen Mischung des *Vaccinium*- und des *Dryopteris*-Typs, von welchen der letztere überwiegt. In manchen Partien ist der Fichtenwald wüchsig, in anderen wiederum zeigt er so gut wie keinen Zuwachs; die Kronen sind von Flechten überwuchert.

Das Bachwasser wurde in Holzzinnen zu einem am Hang errichteten Holzgerüst mit zwei 200 l fassenden Tonnen (s. Fig. 24—25) geleitet. Die eine Tonne wurde zur Herstellung einer stark verdünnten Ammoniumnitratlösung, die andere zur Bewässerung mit reinem Bachwasser benutzt. Von diesen Tonnen wurde das Wasser bzw. die Lösung in Schläuchen zu den Probeflächen geleitet und hier gleichmässig und feinstrahlig verspritzt. Das Wasser im Storkåtatjärnsbäcken ist sehr nährstoffarm; die wahrscheinliche Menge von $MgO + CaO + Na_2O + K_2O$ ist nach TAMM (1932, S. 261) 5,2 mg und der Totalgehalt an unorganischen Bestandteilen za. 15 mg pro Liter. Das gleichfalls aus dem Degerö Stormyr herstammende Wasser des Vargstubbäcken enthält nach MALMSTRÖM (1923, S. 69) 3,3 mg CaO und 1,2 mg K_2O oder 6,8 mg $MgO + CaO + Na_2O + K_2O$ pro Liter. Die beiden Analysen des Wassers aus dem Degerö Stormyr stimmen also überein.

Im Frühjahr 1924 wurden von Dr. L. G. ROMELL und Revierförster O. HENRIKSSON zwei zur Bewässerung bestimmte, 100 m² grosse Probeflächen angelegt; zwischen diesen wurde ein Graben gezogen, um durch Abschneiden der Wurzeln die Baumvegetation der Probeflächen voneinander zu isolieren. Die eine Fläche sollte mit Stickstofflösung, die andere mit reinem Wasser bewässert werden. Die Untersuchungen wurden später auf zwei weitere 100 m² grosse Probeflächen unmittelbar oberhalb der Bewässerungsflächen (s. Fig. 36) ausgedehnt. Auf diesen Flächen wurden nur der Boden sowie die Grundfläche, Alter und Zuwachs des Bestandes untersucht.

Tab. 18 enthält eine Analyse der Bodenvegetation nach LAGERBERG-RAUNKIER (15 0,1 m² grosse Kreisflächen; Bedeckung geschätzt in Zehntel der Kleinflächen). Die Bodenvegetation besteht aus Blau- und Preisselbeere, den gewöhnlichen *Hylocomium*-Arten, vor allem *Hylocomium proliferum*, sowie *Linnea*; *Dryopteris Linnaeana* kommt auf allen Flächen, jedoch am wenigsten auf der Stickstofffläche vor. Das zerstreute Auftreten von *Carex globularis*, *Sphagnum Girgensohnii* und *Sph. Russowii* auf Fläche 14 zeigt, dass der Boden recht feucht ist. Auf der Stickstoffprobefläche (12) setzt sich die Bodenvegetation vorwiegend aus Blau- und Preisselbeere, *Linnea* und den gewöhnlichen *Hylocomium*-Arten zusammen, gehört also in der Hauptsache dem reinen *Vaccinium*-Typ an.

Der Boden besteht aus einer oberflächlich von den Wellen bearbeiteten Moräne, die an Ton und anderem Feinmaterial bedeutend reicher ist als die Moräne auf den

vorher beschriebenen Probeflächen auf Högsvarterberget; auch ist der Basenmineralindex, wie aus der nachstehenden Zusammenstellung hervorgeht, höher.

Korngrösse in mm

	20—6	6—2	2—0,6	0,6—0,2	0,2—0,06	0,06—0,02	0,02—0,006	0,006—0,002
%	6,6	7,4	15,0	19,2	17,6	14,4	8,5	5,8

d:o	< 0,002	Basenmineralindex
%	5,5	11,8

Das Bodenprofil zeigt einen Eisenhumuspodsol mit stark entwickelter Bleicherde. Die Humusdecke ist recht stark, im Durchschnitt 9—10 cm; die Schwankungen der Mächtigkeit um die Mittelzahl sind ziemlich gleichmässig (vgl. Fig. 26).

Auf Grund einer Serie von 4 dm² grossen, in der Nähe der mit Ammoniumnitrat bewässerten Fläche entnommenen Proben sind folgende Werte für diese berechnet worden.

Humus je Hektar	Stickstoff je Hektar	CaO _{ass} je Hektar
60 000 kg	780 kg	370 kg

Die Reaktionszahl auf den vier Flächen (Mittel von 15 Proben) betrug:

	Stickstofffläche	Wasserfläche	Oberhalb der Stickstofffläche	Oberhalb der Wasserfläche
	pH	pH	pH	pH
F.....	4,4	4,4	4,2	4,2
H.....	3,9	4,0	3,8	4,1

Der Gehalt an assimilierbarem Kalk war:

	Stickstofffläche	Wasserfläche
F.....	0,61 %	0,80 %
H.....	0,61 %	0,61 %

Die Menge der basischen Pufferstoffe im Humus der Stickstofffläche (Pufferkapazität gegen 0,1 n HCl) betrug:

	F-Schicht	H-Schicht
pH	ccm	ccm
4,5	1,0	0
4,0	3,2	0
3,5	8,0	2,6
3,0	11,8	6,2

Hinsichtlich der Menge der Pufferstoffe im Humus nimmt die Stickstofffläche eine Zwischenstellung ein zwischen den Proben aus dem Stortjärn- und dem Stordlid-Reservat, also zwischen den magersten Flächen der untersuchten Serie aus Beständen von reinem *Vaccinium*-Typ.

Nach Lagerungsproben stimmt die Stickstoffmobilisierung am meisten mit der im Rohhumus aus dem Stortjärn-Reservat überein; Infektion mit salpeterbildender Erde zeigt kein Resultat. Die eigene Nitratbildung der Infektionserde wird stark herabgedrückt.

Obwohl die Bodenvegetation etwas variiert, ist die Bestockung der vier Probestellen — Fichte mit Beimischung von Kiefer und Birke — sehr gleichmässig. Das Brusthöhenalter schwankt bei Kiefer von 180 bis 225 Jahren. Die ältesten Fichten und Kiefern sind nach TIRÉNS Untersuchungen (1937) etwa 235-jährig. Der Bestand ist im wesentlichen als Restbestand von dicht aufgewachsener, unterdrückter und schliesslich von Flechten überwuchterter Fichte anzusehen. Die Grundfläche beträgt 0,30—0,47 m² auf 100 m² (Tab. 29). Die höchsten Fichten erreichen eine Höhe von 16,5, die höchsten Kiefern 17 m (s. Fig. 27). Bei Anlegung der Probestellen waren die Fichtenkronen auf sämtlichen Flächen, besonders aber auf der Stickstofffläche, dicht mit Flechten (*Alectoria sarmentosa* Ach.) behangen.

Die Bewässerung: Die Bewässerung wurde einmal wöchentlich während der Vegetationsperiode ausgeführt. Das Ammoniumnitrat wurde als 44 %-ige Ammoniumnitratlösung zugesetzt. Die Konzentration der verspritzten Lösung war in den Jahren 1924—1929 8 g Ammoniumnitrat pro 100 l Wasser. Bei jeder Bewässerung wurden 1000 l Lösung sowie 100 l Bachwasser, das zum Durchspülen des Schlauches benutzt und ebenfalls auf der Nitratfläche verspritzt wurde, gebraucht. Die Kontrollfläche erhielt gleichzeitig 100 l Bachwasser. Ende 1929 wurden die Bewässerungsversuche abgebrochen, im August 1932 aber wieder aufgenommen. Nunmehr wurden für die Nitratfläche je 400 l Lösung, die insgesamt 80 g Ammoniumnitrat enthielt, und 100 l Wasser zum Durchspülen, sowie für die Kontrollfläche je 500 l Bachwasser benutzt. Diese Mengen kamen in den Sommern 1933 und 1934 zur Anwendung. Von 1934 an wurde nur während der Monate Juni—August bewässert. Von 1935 an wurde die Menge Ammoniumnitrat durch Steigerung der Konzentration auf das Doppelte erhöht; die Lösungsmenge blieb dieselbe.

Zugeführte Stickstoffmengen: Die Stickstoffmengen in der Humusdecke pro Flächeneinheit auf Brända Holmen und auf der Stickstofffläche sind praktisch dieselben: 770 bzw. 780 kg je ha. Die Stickstoffmobilisierung ist indessen, nach Lagerungsproben zu urteilen, auf Brända Holmen weit lebhafter als auf der Stickstofffläche. Die Ammoniakbildung ist auf dem erstgenannten Platz etwa 4 mal so lebhaft; auch zeigen Lagerungsproben von Brända Holmen oft eine deutliche, in der Regel aber schwache Nitrifikation, Proben von der Stickstofffläche aber keine. Bei Zusatz von Infektionserde weist der Humus von Brända Holmen eine rege Nitrifikation auf, während im Humus der Stickstofffläche die eigene Nitrifikation der Infektionserde herabgesetzt wird, was für besonders ungünstige Humusdecken kennzeichnend ist. Doch ist die Humusdecke der Stickstoffprobe-fläche sicher von besserer Art als die im Fichtenaltbestand auf Storliden.

Die durch Bewässerung mit Ammoniumnitrat während der eigentlichen Vegetationsperiode, Juni—August, der Probestellen zugeführte Stickstoffmenge betrug für die Jahre 1924—29 und 1933—34 jährlich 364 g, oder za. 4,7 % der Gesamtmenge Stickstoff der Humusdecke. Als Mobilisierungskoeffizient ist letztere Zahl nicht als besonders hoch anzusehen; bei Lagerungsproben von aktiven Humusdecken können weit höhere Werte beobachtet werden. Auch der Umstand, dass die Bodenvegetation der Stickstofffläche nur geringe Veränderung aufweist (vgl. unten), zeugt davon, dass die zugeführte Stickstoffmenge keineswegs abnorm hoch war.

In den Jahren 1924—29 und 1932—33 wurde die Stickstofffläche auch im September mit Ammoniumnitratlösung bewässert, was jährlich etwa 102 g Stickstoff entspricht. Ob diese Stickstoffmenge dem Bestand von Nutzen gewesen ist,

erscheint jedoch fraglich, denn die Bäume schliessen ihr Wachstum im September ab, und der spät zugeführte Stickstoff dürfte durch Herbstregen ausgewaschen werden.

Während der Sommer 1935 und 36 ist der Probefläche durch Erhöhung der Konzentration der Lösung jährlich (Juni—August) 724 g bzw. 9,4 % des Totalstickstoffs des Bodens zugeführt worden.

Die Reaktion des Bestandes auf die Stickstoffzufuhr. Wie bereits hervorgehoben, war der Bestand zu Beginn des Versuchs ausgesprochen unwüchsig mit stark von Flechten behangenen Kronen. Fichten mit über 200 Jahresringen in Brusthöhe massen 18 cm mit Rinde, und die Jahresringe waren fast papierdünn. Unter solchen Umständen ist es nicht zu erwarten, dass der Bestand, zumal ein so gedrängt geschlossener, durch Besserung des Bodens leicht seinen Charakter ändern wird. In den ersten Jahren waren die äusseren, wahrnehmbaren Veränderungen gering. Was zunächst auffiel, waren die Fichtenkronen im Vorsommer, die auf der Stickstofffläche ein dunkleres Grün zeigten als auf den Vergleichsflächen. Dieser Unterschied glich sich jedoch gegen den Nachsommer aus. Noch im Herbst 1929 war eine Veränderung des Bestandes schwer mit Sicherheit nachzuweisen, weshalb man den Versuch zunächst abbrach. Im Sommer 1932 konnte man aber eine deutliche äussere Veränderung beobachten. Der Flechtenbehang war bedeutend schwächer geworden, die Benadelung zeigte eine frischere grüne Farbe. Die Bewässerung wurde daher im August 1932 wiederaufgenommen. Im Herbst 1934, nachdem die Stickstofffläche 1933 und 34 dieselben Stickstoffmengen erhalten hatte wie während der Zeit 1924—1929, war eine stark positive Reaktion bei dem Bestand unverkennbar. Viele Fichten, die früher von Flechten überwuchert waren, zeigten nun eine ganz oder fast flechtenfreie Krone. Durch kräftigeres Wachstum (s. unten) und damit verbundenes schnelleres Abstossen der toten Rinde wurden die Äste allmählich von den anhaftenden Flechten befreit. Viele Fichten begannen neue kräftige Sprosse zu treiben, und die Benadelung wurde dichter und dunkler als bisher. Dagegen zeigten die mit Bachwasser behandelte Fläche wie auch die beiden übrigen unbehandelten Kontrollflächen keine Veränderung. Die Unterschiede zwischen der Stickstoff- und der Wasserfläche sind aus Fig. 28—33 ersichtlich.

Bei den Kiefern und Birken der Stickstofffläche sind die Veränderungen dem Aussehen nach gering. Die Kiefern der Stickstofffläche scheinen etwas grünere Krone zu haben als die in der Umgebung, und die Birken behalten ihre Blätter im Herbst länger als ausserhalb der Fläche. Doch sind die Unterschiede nicht sehr auffallend.

Einen zahlenmässigen Ausdruck für die Veränderung des Bestandes gibt die Untersuchung der Jahresringbreite während der Periode 1913—1934 (s. Fig. 34). Der durchschnittliche Halbmesserszuwachs der Fichte für die Zeit 1913—1924 ist auf den Flächen 12, 14 und 15 ungefähr der gleiche. Besonders übereinstimmend in dieser Beziehung verhalten sich die Flächen 12 und 14, d. h. die Stickstoff- und die Wasserfläche. Auf Fläche 15 sind die Jahresringe der Jahre 1913—1921 etwas schmaler, 1922—24 aber ebenso breit wie auf den übrigen Flächen. Im ersten Bewässerungsjahr, also 1924, und auch wohl 1925, sind keine Veränderungen in der Jahresringbreite wahrzunehmen. Vom Jahre 1926 an beginnt die Jahresringbreite auf der Stickstofffläche zuzunehmen und von der auf den übrigen Flächen, 13—15, abzuweichen; dieser Unterschied wird in den folgenden Jahren noch grösser. Während dieser Zeit (1926—1934) zeigen die Wasser- und die beiden übrigen Kontrollflächen einen fast identischen Verlauf des Halbmesserszuwachses (vgl.

Fig. 34). Um die Zuwachsänderung auf der Stickstofffläche weiter zu studieren, wurden 13 zwischen dieser Fläche und einem ca. 30 m von ihr entfernten Schläge aus dem Jahre 1927 wachsende, wüchsiger Fichten auf Zuwachs untersucht. Diese Fichten, die in derselben Höhe stocken wie die Bäume auf der Stickstofffläche, zeigen keine andere Änderung des Zuwachses, als wie sie mit dem Wechsel von guten und schlechten Jahren verknüpft ist; so nimmt der Zuwachs, wie auch auf den Flächen 12—15, in den Jahren 1913—1917 und 1933—1934 zu, in den Jahren 1928 und 1931 ab (s. Fig. 35). Im übrigen sind schmale Jahresringe 1928 und 1931 sowie die breiten 1933 und 1934 eine im Versuchsrevier Kulbäcksliden allgemeine Erscheinung.

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchung können wie folgt zusammengefasst werden.

Die Jahresringbreite auf der Stickstofffläche, Fläche 12, war in den Jahren 1913—1925 so gut wie gleich der auf den Flächen 14—15. Der Durchmesserzuwachs auf der Fläche 13 war in den Jahren 1913—1922 etwas schwächer als auf den übrigen Flächen. Von 1926 an zeigt die Stickstofffläche eine starke Zunahme des Durchmesserzuwachses, wodurch sie von den übrigen Flächen, die hinsichtlich der Grösse und des Verlaufs des Durchmesserzuwachses miteinander praktisch ganz übereinstimmen, abweicht. Wüchsiger Bäume westlich der Stickstofffläche zeigen keine Anzeichen einer Zuwachszunahme, wie sie auf dieser zu beobachten ist. Die Schwankungen der Jahresringbreite in verschiedenen Jahren sind auf sämtlichen Flächen diegleichen und für die Fichtenwälder auf Kulbäcksliden charakteristisch. Aus dieser Untersuchung geht mit voller Klarheit hervor, dass die auf der Stickstofffläche zu beobachtende Zunahme des Durchmesserzuwachses eine Folge der Wirkung des zugeführten Stickstoffs ist. Die mit reinem Bachwasser behandelte Fläche 14 zeigt in den Jahren 1924—1934 denselben Zuwachsverlauf wie die Flächen 13 und 15.

Die Zuwachszunahme ist auf der Stickstofffläche durchgehend. Von 26 untersuchten Fichten zeigen 22 eine entschiedene Zunahme der Jahresringbreite, die von 4,8 bis 133 % variiert.

Die Veränderungen der Bodenvegetation. Das Nachspülen mit reinem Bachwasser nach vorgenommener Nitratbewässerung bezweckte nicht nur die Reinigung des Schlauches, sondern auch das Abspülen der an Blättern der Bodenvegetation haftengebliebenen Lösung. Bei trockenem Wetter hätte man nämlich erwarten können, dass an den Blättern eine feine Salzkruste sich bilden würde, wodurch die Bodenvegetation beschädigt oder getötet werden könnte. Derartiges ist jedoch nicht beobachtet worden. Die Veränderungen der Bodenvegetation sind auf der Stickstofffläche unbedeutend, auf der Wasserfläche nicht wahrnehmbar. Die Artenzusammensetzung der Bodenflora der Stickstofffläche hat sich nicht verändert. Auch im Aussehen unterscheiden sich viele Pflanzen, wie Preiselbeere, Linnea, *Pyrola secunda*, *Lycopodium annotinum*, *Empetrum nigrum*, *Goodyera* sowie *Trientalis*, nicht von solchen auf den Kontrollflächen (s. Fig. 37). *Deschampsia flexuosa* dagegen ist häufiger geworden und zeigt stellenweise recht dichte Horste; möglicherweise hat sie auch die Moose etwas zurückgedrängt (s. Fig. 38). Die Blaubeere zeigt nach der Bewässerung grössere Blätter von dunklerer Farbe und stärkere und längere Triebe als auf den Kontrollflächen; dem Habitus nach gleicht sie am meisten der Blaubeere im Bestand von gutem *Dryopteris*- oder einfacherem *Geranium*-Typ (s. Fig. 39). *Dryopteris Linnaeana* ist etwas mehr dunkelgrün als auf den Kontrollflächen.

Die Veränderungen der Bodenvegetation sind mithin nicht gross, woraus hervorgeht, dass die Menge des zugeführten Stickstoffs nicht abnorm hoch war. Nach der Behandlung mit Ammoniumnitrat erinnert die lebende Bodendecke mehr an eine solche im *Vaccinium*- oder *Dryopteris*-Typ mit aktiver Humusdecke. Soll nun das Ergebnis nach der Bodenvegetation bewertet werden, so hat die zugeführte Stickstoffmenge die Unterschiede beseitigt, die zwischen einer gutartigen, aktiven und einer schlechtartigen, relativ inaktiven Humusdecke bestehen. Dies war auch der Ausgangspunkt bei der Berechnung der zuzuführenden Stickstoffmengen. Die Berechnungen stützten sich auf die bei Lagerungsproben mobilisierten Stickstoffquantitäten. Ohne den Ergebnissen der Lagerungsproben absoluten Wert beizumessen, kann man doch behaupten, dass das gewonnene Resultat zeigt, dass der relative Wert der Lagerungsproben zur Beurteilung der Aktivität verschiedener Humusdecken hinsichtlich der Stickstoffmobilisierung gut anwendbar ist.

Ausser den bereits erörterten Veränderungen bei Fichten auf der Stickstofffläche, sind noch Veränderungen bezüglich der Mykorrhizen der Wurzeln, die ich bei Untersuchungen 1934 nachweisen konnte, zu nennen. Zur näheren Untersuchung der Mykorrhizen wurden auf den Probeflächen 12—15 an je 15 verschiedenen Stellen za. 4 dm² grosse Humusproben mit Fichten- und Kiefernwurzeln mittels Spatens entnommen. Aus den Proben, die sowohl die F-Schicht wie die H-Schicht enthielten, wurden sodann die vorhandenen Fichten- und Kiefernwurzeln sorgfältig herausgezogen. Das eingesammelte Material wurde von mag. phil. ERIK BJÖRKMAN in Uppsala bearbeitet. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind im folgenden Abschnitt dargelegt.

2. Über die Einwirkung von Ammoniumnitrat auf die Ausbildung der Fichtenmykorrhiza in Rohhumusboden.

VON ERIK BJÖRKMAN.

Die Bearbeitung des auf den Probeflächen 12—15 eingesammelten Wurzelmaterials wurde im Botanischen Laboratorium der Universität Uppsala unter Leitung von Professor E. MELIN ausgeführt. Die reingespülten Wurzeln wurden mit Hilfe eines binokularen Präpariermikroskops untersucht und hierbei sämtliche Kurzwurzeln berücksichtigt. Von den ausgeschiedenen Typen wurden Mikrotomschnitte gemacht und diese mikroskopisch untersucht. Bei den Analysen kamen, soweit möglich, nur einjährige Wurzeln in Betracht. Im ganzen wurden von jeder Probefläche über 10 m. Langwurzeln mit zugehörigen Kurzwurzeln untersucht.

Bekanntlich tritt die Mykorrhiza bei Nadelhölzern in zahlreichen Formen auf (MELIN 1925, 1927). Bei Wurzelanalysen ist es aber zweckmässig, nur eine geringe Anzahl von Typen auszuscheiden (MELIN 1927). Im nachstehenden folge ich in der Hauptsache MELINS (a. a. O.) Typeneinteilung.

Mykorrhiza A. Optimal entwickelte Mykorrhiza, gewöhnlich mit Hyphenmantel und einem wohlausgebildeten Netzwerk von Hyphen zwischen den Rindenzellen versehen. Im Gegensatz zu MELINS A-Mykorrhiza zeigt sie oft ausgebildete Hyphenstränge.

Mykorrhiza B. Kombinierte A- und Pseudomykorrhiza, letztere den basalen Hauptteil einnehmend.

Mykorrhiza *C*. Dieser anscheinend lediglich bei Kiefer vorkommende Typ ist nicht beobachtet worden.

Mykorrhiza *D*. Zu diesem Typ rechnet MELIN (a. a. O., S. 436) die schwarzbraun—schwarze Mykorrhiza, deren Hyphenmantel entweder aus einer Innenschicht hyaliner und einer Aussenschicht schwarzbrauner Hyphen oder aber aus letzteren besteht. Das schwarzbraune Myzel gehört nach MELIN Pilzen mit parasitärer Neigung an, vor allem *M. R. atrovirens*. Die *D*-Mykorrhiza ist später von HATCH (1934) in zwei makroskopisch leicht kenntliche Typen eingeteilt worden; der eine Typ besteht aus von *M. R. atrovirens* überwachsener *A*-Mykorrhiza, der andere Typ, *M. R. nigrostrigosum*, weist ein ähnliches schwarzbraunes Myzel auf. Im folgenden nenne ich diese beiden Mykorrhizatypen Mykorrhiza *Da* und Mykorrhiza *Dn*, erstere mit *atrovirens*-, letztere mit *nigrostrigosum*-Myzel. Bei beiden Typen laufen vom Mantel schwarzbraune Hyphen aus; habituell unterscheidet sich der Typ *Dn* (Fig. 44) vom Typ *Da* leicht durch gröbere und reichlicher ausstrahlende Hyphen (HATCH 1934).

Die Pseudomykorrhizen sind meist von dunkelbrauner Farbe; eins der wichtigsten in dieser Gruppe auftretenden Myzelien ist *M. R. atrovirens* (MELIN 1923).

Das Ergebnis der Untersuchung des von mir bearbeiteten Wurzelmaterials ist in Tab. 30 und 31 zusammengestellt. Aus diesen Tabellen ist zu ersehen, dass die Kurzwurzeln als Mykorrhizen oder Pseudomykorrhizen ausgebildet sind; nicht infizierte Wurzeln wurden nicht beobachtet.

Die in Tab. 31 angeführten Werte für die verschiedenen Probeflächen sind möglicherweise nicht ganz fehlerfrei, da das untersuchte Wurzelmaterial hinsichtlich des Alters der Langwurzeln nicht als völlig homogen anzusehen ist. Da aber bei der Untersuchung die grösstmögliche Gleichförmigkeit in dieser Beziehung angestrebt wurde, dürften die Tabellenwerte als voll brauchbarer Ausdruck für die Ausbildung der Kurzwurzeln auf den vier Probeflächen anzusehen sein.

Die Pseudomykorrhizen dominieren auf sämtlichen Probeflächen. Ihre Frequenz variiert zwischen 54 und 64 %. Auf der Ammoniumnitratfläche sind die Pseudomykorrhizen prozentual weniger zahlreich als auf den Kontrollflächen; der Unterschied ist jedoch unbedeutend. Sie sind einfach dunkelbraun und haben in der Regel keine Wurzelhaare. Auf der Ammoniumnitratfläche sind 15 %, auf den übrigen Flächen 7—10 % der Kurzwurzeln als *A*-Mykorrhiza ausgebildet. Die entsprechenden Zahlen für die *B*-Mykorrhiza sind 17 bzw. 9—10 %. Wird die Zahl der Mykorrhizen je dm Langwurzel (Tab. 31) berechnet, so zeigt die Ammoniumnitratfläche etwa doppelt so viel *A*- und *B*-Mykorrhizen wie die übrigen Flächen.

Die Bezeichnung Mykorrhiza *A* in Tab. 30 und 31 umfasst verschiedene Formen, von denen die in Fig. 40 abgebildete Form die häufigste ist. Diese ist meist ziemlich lang und wenig verzweigt. Der Mantel ist mit mehr oder weniger reichlich ausstrahlenden weisslichen Hyphen sowie mit ziemlich dicken Hyphensträngen versehen. Der basale Teil der Kurzwurzeln hat stets Pseudomykorrhizastruktur; dies besagt, dass die Mykorrhiza sich an der Spitze einer Pseudomykorrhiza gebildet hat.

Kontinuierliche Übergangsformen zwischen *A*- und *B*-Typ sind beobachtet worden. Eine eingehendere Beschreibung verschiedener, im Untersuchungsmaterial vorkommender Formen von *A*-Mykorrhiza gehört nicht in den Rahmen dieses kurzen Berichts. Einige Formen sind in Fig. 41—42 abgebildet. Fig. 41 zeigt eine reichlich verzweigte bräunliche Mykorrhiza mit fehlenden Hyphensträngen. Solche von Anfang an optimal entwickelte Mykorrhizen sind im vorliegenden Material

sehr selten und kommen nur gruppenweise vor. Fig. 42 zeigt einen anderen, dunkelbraunen Typ mit weniger zahlreichen, kurzen, vom dicken, fast glänzenden Mantel auslaufenden Hyphen. Ferner wurden zahlreiche *A*-Mykorrhizen ohne Hyphenmantel, aber mit reichlich ausstrahlenden Hyphen beobachtet. In manchen Fällen (Fig. 43) sind sie ohne mikroskopische Untersuchung kaum von Pseudomykorrhizen zu unterscheiden.

Hinsichtlich der mikroskopischen Struktur stimmen die beobachteten Formen des *A*-Typs miteinander überein. Die Lebensdauer ist relativ lang, und eine Kerndegeneration in den Rindenzellen konnte nicht, auch nicht in den älteren Partien, nachgewiesen werden. Offenbar setzen sich die genannten Typen der *A*-Mykorrhiza aus verschiedenen, nebeneinander vorkommenden Pilzsymbionten zusammen.

Aus Tab. 30 und 31 geht hervor, dass die Mykorrhiza *Da* auf der Ammoniumnitratfläche etwas weniger zahlreich auftritt als auf den übrigen Probeflächen. Die relative Frequenz der Mykorrhiza *Dn* (Fig. 44) ist dagegen ungefähr dieselbe auf allen Probeflächen.

Nennenswerte Unterschiede hinsichtlich der Fichtenmykorrhiza zwischen der Wasserfläche und den Kontrollflächen konnten nicht nachgewiesen werden (vgl. Tab. 30 und 31). Die die Niederschlagsmenge weit übertreffende Wasserzufuhr hat also keinen Einfluss auf die Mykorrhizabildung ausüben können.

Die angeführte Untersuchung zeigt, dass die Bildung der Fichtenmykorrhiza in dem fraglichen Waldtyp mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, die auch nicht durch Düngung mit Ammoniumnitrat zu beheben sind. Zwar hat die totale Frequenz der Mykorrhizen und Kurzwurzeln auf der Ammoniumnitratfläche zugenommen, doch ist diese Zunahme als relativ schwach zu bezeichnen. Mithin hat die Düngung mit Ammoniumnitrat die Bildung der Fichtenmykorrhizen direkt oder indirekt gefördert, sie vermochte aber nicht die ungünstige Einwirkung des Rohhumus zu beseitigen. Worin diese ungünstige Einwirkung besteht, kann vorläufig nicht entschieden werden. Auch bleibt die Frage offen, inwieweit die etwas stärkere Mykorrhizabildung auf der Ammoniumnitratfläche zu der nachgewiesenen Besserung der Fichtenentwicklung beigetragen hat.

Die Ergebnisse der ausgeführten Untersuchung können wie folgt zusammengefasst werden.

1. Die Untersuchung umfasst eine Analyse der Entwicklung der Fichtenwurzeln in älterem, schlechtwüchsigem Fichtenwald (Kulbäcksliden) nach Bewässerung teils mit Bachwasser, teils mit Ammoniumnitratlösung.
2. Die auf den Kontrollflächen vorkommende Humusform übt einen stark hemmenden Einfluss auf die Mykorrhizabildung bei Fichte aus.
3. Durch Bewässerung mit Bachwasser ist keine merkliche Änderung im Mykorrhizabildungsvermögen eingetreten.
4. Durch Bewässerung mit einer Ammoniumnitratlösung scheint das Mykorrhizabildungsvermögen der Fichte bis zu einem gewissen Grade gestiegen zu sein. Die ungünstige Einwirkung der auf der Probefläche vorhandenen Humusform auf die Mykorrhizabildung der Fichte konnte jedoch nicht behoben werden.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Stickstoffzufuhr in altem, flechtenbehangenem Fichtenwald.

Die bei Bewässerungsversuchen mit Ammoniumnitratlösung gewonnenen Resultate ergeben Folgendes.

1. Durch die während der Sommermonate Juni—August in den Jahren 1924—1929 und 1933—1934 ausgeführte Bewässerung mit schwacher Ammoniumnitratlösung wurde der Probefläche (100 m²) jährlich 364 g Stickstoff oder 4,7 % des Totalstickstoffgehalts der Humusdecke zugeführt. Als Folge dieser Behandlung zeigte der auf der Probefläche stockende, za. 200-jährige, flechtenbehangene Fichtenbestand folgende Veränderungen:
 - a) eine im Vergleich mit den Kontrollflächen starke Zunahme des Durchmesserzuwachses,
 - b) Zunahme des Höhenzuwachses,
 - c) allmähliches Abwerfen des Flechtenüberzugs,
 - d) dunklere Kronenfarbe, längere und besser ausgebildete Nadeln,
 - e) zahlreichere Kurzwurzeln und eine Begünstigung von *A*- und *B*-Mykorrhizen.
2. Die Bodenvegetation der Stickstofffläche zeigt nach der Behandlung nur geringe Veränderungen und ähnelt nunmehr der in Beständen von *Vaccinium*- oder *Dryopteris*-Typ mit aktiver, stickstoffmobilisierender Humusdecke.

Bei Erhöhung der totalen Stickstoffmenge auf das Doppelte (Sommer 1935 und 1936), entsprechend 9,4 % des Totalstickstoffs der Humusdecke, traten diese Veränderungen noch deutlicher hervor.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Stickstoffmobilisierung der Humusdecke nicht allein für die Entwicklung der Jungpflanzen, sondern auch für das Wachstum und die Entwicklung älterer Bestände sowie für das Zusammenleben zwischen den Wurzeln und der Pilzflora der Humusdecke von ausserordentlicher Bedeutung ist. Die beschriebenen Experimente sowie die vergleichenden Beobachtungen im Walde zeigen, wie wichtig es wäre, der Stagnation in der Entwicklung des Fichtenwaldes, wie sie heute zu beobachten ist, durch Aufrechterhaltung der Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke vorzubeugen. Inwieweit dies theoretisch und praktisch möglich ist, soll im folgenden erörtert werden.

KAP. XI. Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen der Humusdecke auf Kahlschlägen mit oder ohne Bodenbrennen.

Sämtliche vorstehend beschriebenen untersuchten Bestände sind auf abgebranntem Boden entstanden.

Die Einwirkung des Feuers auf den Rohhumus in Beständen von *Vaccinium*-Typ zeigt sich in der Abnahme der Azidität und einer Umwandlung der Art der

Stickstoffmobilisierung in der Humusdecke. Nach dem Brand erhält die Humusschicht eine lockere, mullartige Struktur, und eine mehr oder weniger rege Nitrifikation setzt in der Regel ein. Es gibt jedoch Humusdecken, die ohne Bodenbrennen, allein durch stärkeren Lichtzutritt in das Nitrifikationsstadium übergehen. Hierbei wird dann die Humusdecke mehr locker und mullartig. Die zähen, mächtigen und ausgesprochen filzartigen Rohhumusdecken lassen sich weniger leicht in ein Nitrifikationsstadium bringen und bedürfen hierzu des Bodenbrennens.

Zur Klarlegung der Frage, welche Faktoren an der Umwandlung der Rohhumusdecke in ein mehr mullartiges, gewöhnlich salpeterbildendes Stadium beteiligt sind, wurde eine Serie von Versuchen ausgeführt.

Die Einwirkung des Feuers auf die Humusdecke dürfte in der Hauptsache von zweierlei Art sein. Zunächst werden dem Boden aus der Asche Nährstoffe zugeführt, die die im Boden lebenden Mikroorganismen stimulieren können. Die reichliche Zufuhr von Basen — in der Asche dürfte der Kalk dominieren — beeinflusst die Struktur der Humusdecke und setzt gleichzeitig die Azidität herab. Andererseits wird die Humusdecke durch Erwärmung partiell sterilisiert und ein Teil der organischen Stoffe chemisch oder physikalisch verändert. Die Mikroflora wird umgewandelt, gewisse Mikroorganismen werden zurückgedrängt, während andere bessere Entwicklungsmöglichkeiten erhalten. Um diese Fragen zu studieren, habe ich die Einwirkung, die die Nährstoffzufuhr und die Erhitzung der Humusdecke auf die Stickstoffmobilisierung ausüben können, untersucht.

Versuchsserien Nr. 1 und 2, ausgeführt im Herbst 1925 (Tab. 31) und im Herbst 1927 (Tab. 32). Für diese Versuchsserien wurden Humusproben aus dem schlechtwüchsigen Fichtenbestand auf Storliden (Versuchsrevier Kulbäcksliden), also die ungünstigste Humusform der Versuchsserie Kulbäcksliden-Svartberget, benutzt. Den Proben wurden in verschiedenen Mengen folgende Stoffe zugeführt:

1. CaCO_3 ,
 2. Fichtenasche,
 3. Sachs' Nährlösung (KCl statt KNO_3),
 4. Phosphorsäure in Form von primärem Kalzium- und Kaliumphosphat,
 5. Phosphorsäure in Form von primärem Kalzium- und Kaliumphosphat sowie CaCO_3 .
- Der Zusatz von Salzen bezweckte die Zuführung:
1. eines basischen Pufferstoffs unter gleichzeitiger Erhöhung der Reaktionszahl,
 2. eines reich zusammengesetzten Nährstoffs (Fichtenasche), ebenfalls, zugleich mit Erhöhung der Reaktionszahl,
 3. eines reich zusammengesetzten Nährstoffs ohne Änderung der Reaktionszahl und
 4. einer leicht zugänglichen Phosphorsäure mit oder ohne Erhöhung der Reaktionszahl.
- Die Versuche wurden ausgeführt mit:
1. unerhitzter Erde ohne Infektion,
 2. » » mit » »
 3. Erde, die in einer Serie 5 Stunden lang auf 50 bzw. 100° C, in der anderen 2—4 Stunden lang auf 40, 60 bzw. 100° C erhitzt wurde, und
 4. in gleicher Weise erhitzten Proben, die nach der Erhitzung mit salpeterbildender Erde infiziert wurden.

Die Ergebnisse, die in Tab. 31 und 32 dargelegt sind, können kurz wie folgt zusammengefasst werden.

Durch die Erhitzung ist die Ammoniakbildung während der darauffolgenden Lagerung gestiegen. Die Zufuhr von Nährsalzen ohne Infektion hat weder mit noch ohne Erhitzung der Proben Nitrifikation verursacht. Infektion mit salpeterbildender Erde hat gewöhnlich Nitrifikation zur Folge gehabt; diese ist jedoch nur dann intensiv gewesen, wenn die Reaktionszahl durch die zugeführten Nährsalze (CaCO_3 , Fichtenasche) bedeutend erhöht wurde.

Eine andere, im Herbst 1931 ausgeführte Probenserie hatte zum Zweck, die Einwirkung des leicht zugänglichen Stickstoffs auf die Umsetzung in der Humusdecke zu untersuchen.

Als leicht zugänglicher Stickstoff wurde teils Ammoniumsulfat, teils Pepton benutzt. In beiden Fällen wurden den Proben diese Stoffen in Mengen zugeführt, die dem Verhältnis 300 mg Stickstoff auf 1 kg Bodenprobe entsprachen. Die Versuche wurden mit verschiedenen Humusformen von verschiedener Umsetzungsgeschwindigkeit ausgeführt, nämlich:

1. Zwei Humusformen mit lebhafter Umsetzung (Brända Holmen, Revier, Kulbäcksliden, und Kronforst Rönnliden, unter einer Fichte). Bei den Topfversuchen (S. 600—602) lieferten diese Humusformen kräftige und wohlentwickelte Kiefern- und Fichtenpflanzen.
2. Zwei Humusformen mit schwacher Umsetzung (Fichten-Altbestand auf Storliden und Fläche mit dicker Rohhumusdecke in der Kronforst Rönnliden). Bei den Topfversuchen lieferten diese Humusformen schwache Kiefern- und Fichtenpflanzen (S. 600—602).
3. Eine Humusform mit mässiger Umsetzung (*Vaccinium*-Wald im Versuchsrevier Högsvartberget). Bei den Topfversuchen ergab dieser Humus relativ schwache Pflanzen (S. 606), doch bessere als bei den unter 2 genannten Versuchen.

Die Ergebnisse dieser Versuchsserie (vgl. auch Tab. 33) sind die folgenden.

Die lockeren und strukturell etwas mullartigen Humusformen (s. oben unter 1) mit pH 5,4 und 5,9 bildeten bedeutende Mengen Ammoniak- und Nitratstickstoff. Die zähen, filzartigen Rohhumusformen (s. oben unter 2) haben dagegen unbedeutende Mengen Ammoniakstickstoff gebildet, die Nitratstickstoffmengen liegen innerhalb der Analysenfehlergrenze. Eine Zwischenstellung nehmen die Humusproben aus dem *Vaccinium*-Wald (s. oben unter 3) ein; die Ammoniakmengen sind erheblich, die Nitratmengen aber unbedeutend und innerhalb der Fehlergrenze liegend. Ein Zusatz von Kalziumkarbonat, wodurch das pH auf etwa 6,0 erhöht wird, ruft Nitrifikation bei günstigeren Humusdecken hervor, versagt aber bei weniger günstigen; bei letzteren wird oft auch eine Abnahme der Ammoniakmenge am Ende der Lagerungszeit beobachtet. Eine Zufuhr von leicht zugänglichem Stickstoff (300 mg Ammoniumsulfat oder Pepton pro kg Boden) hatte keine nitrifizierende Wirkung. In nitrifizierenden Böden wirkte jedoch Pepton, nicht aber Ammoniumsulfat, stimulierend auf die Nitrifikation.

Infektion mit salpeterbildender Erde hat in sämtlichen nicht nitrifizierenden Böden eine, wenn auch weniger starke Nitrifikation hervorgerufen. Durch den Kalkzusatz wird die Intensität der Nitrifikation bei den infizierten Proben erhöht. Doch ist die Menge des gebildeten Nitratstickstoffs bei den zähen, filzartigen Humusformen bedeutend geringer als bei den lockeren Humusformen. Der Zusatz von Ammoniumsulfat oder Pepton rief bei günstigeren Humusformen nach der Infektion eine lebhaftere Nitrifikation hervor, wobei Pepton sich wirksamer zeigte als Ammoniumsulfat. Bei weniger günstigen Humusformen war die Wirkung nach der Infektion weniger deutlich; doch wurde durch Pepton die Nitrifikation in infizierten Proben von Storliden und in der ungünstigen Humusform von Rönnliden erhöht.

Aus den vorstehend geschilderten Versuchen geht deutlich hervor, dass durch Zufuhr von Nährsalzen die Ammoniakbildung stimuliert wird. Eine Rohhumusdecke auf einem Kahlschlag, die unter solchen Klimabedingungen vermodert, dass die Nährsalze nicht sogleich nach dem Freiwerden ausgewaschen werden, vergrössert ihren Gehalt an Nährsalzen und somit auch die Stickstoffmobilisierung. Gibt es in dieser Humusdecke eine unterdrückte Mikroflora von salpeterbildenden Mikroorganismen, so werden ihr bessere Entwicklungsmöglichkeiten geboten, und die Nitrifikation tritt dann leicht ein. Eine solche Mikroflora scheint in den mehr lockeren Humusdecken vorzukommen, die allein durch Zusatz von Kalk nitrifiziert werden. Bei zähen, filzartigen, trägen Humusdecken spielt die Erhitzung beim Bodenbrennen eine Rolle: die Ammoniakbildung wird lebhafter. Der Zusatz von Asche erhöht zwar die Reaktionszahl, die Nitrifikation tritt jedoch nur nach der Einwanderung der Mikroflora ein.

KAP. XII. Felduntersuchungen über die Umwandlung der Rohhumusdecke auf Kahlschlägen.

Neben dem günstigen Einfluss, den das Bodenbrennen, wie vorstehend geschildert, auf die Umwandlung der Humusdecke ausübt, kann diese Massnahme aber auch eine nachteilige Wirkung haben, und zwar durch Stickstoffverluste. Der Stickstoff der verbrannten Schicht der Humusdecke geht dem Boden verloren, er entweicht als freier Stickstoff in die Luft. Aber auch andere Stickstoffverluste sind, wie die Versuche zeigen, möglich. Durch Zusatz von Kalk (CaCO_3) oder Fichtenasche kann nämlich die Ammoniakmenge am Ende der Lagerungszeit herabgesetzt werden. Wahrscheinlich erklärt sich dies dadurch, dass der Kalk als eine starke Base das Ammoniak verdrängt. Die nach Bodenbrennen gewöhnlich eintretende Nitrifikation ist geeignet, den Stickstoffverlusten vorzubeugen. Durch Umwandlung in Salpeterstickstoff kann der Stickstoff an den Kalk oder andere freigewordene Basen gebunden werden. Tritt dagegen keine Nitrifikation ein, so kann man nach Bodenbrennen bedeutende Stickstoffverluste erwarten. Bisweilen sieht die Humusfläche wie totgebrannt aus, die Umsetzung oder Vermoderung scheint aufgehört zu haben, und eine Nitratflora findet sich nicht ein. Vermutlich hängt diese Erscheinung mit Stickstoffverlusten zusammen. Durch Brennen wird dem Boden Kalk zugeführt, der aber den Stickstoff wegen fehlender Nitrifikation nicht zu binden vermag; der Stickstoff geht daher dem Boden verloren. Durch diesen Stickstoffverlust wird aber die Umsetzung oder Vermoderung in der Humusdecke verzögert.

Viele Rohhumusdecken beherbergen allem Anschein nach eine unterdrückte Flora von salpeterbildenden Organismen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen unwirksam verbleiben, bei Änderung der Entwicklungsbedingungen aber eine lebhaftige Tätigkeit an den Tag legen können. Dieser Umstand scheint mir die natürlichste Erklärung dafür zu sein, dass gewisse Rohhumusformen bei der Behandlung im Laboratorium allein durch den das p_H erhöhenden Kalkzusatz zur Nitrifikation gebracht werden können. Bei anderen und meist den zäheren, filzartigen und ausgesprochen sauren Rohhumusformen fehlt eine derartige Pilzflora. Zur Nitrifikation bedürfen diese Formen bei Laboratoriumsversuchen sowohl der Kalkzufuhr als auch der Infektion mit salpeterbildender Erde.

Die Umwandlung der Humusdecke auf dem Kahlschlag hängt indessen nicht allein von deren Beschaffenheit, sondern auch vom Klima ab. Je rauher und kälter das Klima, umso schwieriger die Umwandlung. Hierin sind auch die Ursachen der Schwierigkeiten bei der Verjüngung des Fichtenwaldes in Hochlagen zu suchen. Unter den klimatischen Verhältnissen auf Kulbäcksliden wird jedoch die Humusdecke auf Kahlschlägen ohne Bodenbrennen im alten *Vaccinium*-Wald in 5—10 Jahren umgewandelt. Die Vermoderung wird intensiver, ein Teil der organischen Bestandteile entweicht in Form von Kohlensäure und Wasser, und neues Förmaterial kommt nur in geringen Mengen hinzu. Der Unterschied zwischen F- und H-Schicht verschwindet oder wird gering, und die Humusdecke erhält eine mehr oder weniger mullartige Struktur. Dabei nimmt die Azidität der Humusdecke ab, der Kalkgehalt aber wird grösser.

Als Beispiel von Kulbäcksliden können folgende Beobachtungen angeführt werden. Auf Stormyrjtälén findet sich ein Kahlschlag, etwa 1917 angelegt. Schöne Verjüngung hat sich allmählich eingefunden, der Boden ist stellenweise mit *Cha-*

maenerium angustifolium, stellenweise mit *Deschampsia flexuosa*, Zwergsträuchern und Moosen bewachsen. In dem Walde vor dem Abtrieb besteht die Bodenvegetation aus Blaubeere, Preisselbeere und den gewöhnlichen Waldmoosen, der Bestand von Kiefer und Fichte mit etwas Birke gehört dem auf Kulbäcksliden gewöhnlichen *Vaccinium*-Typ an. Innerhalb des Bestandes ist die F- und die H-Schicht leicht voneinander zu unterscheiden, auf dem Kahlschlag dagegen ist die Vermoderung so weit fortgeschritten, dass eine Aufteilung der Humusschicht nicht mehr möglich ist. Reaktionszahl und Kalkgehalt in der Humusdecke des Bestandes und des Kahlschlags gestalteten sich (1936) wie folgt (die eingeklammerten Zahlen geben die Anzahl der Beobachtungen an):

	P _D	CaO _{ass} dir.	CaO _{ass} umger.
Bestand: F-Schicht (15).....	4,28	0,58	0,74 } 0,70
H- » (15).....	4,06	0,52	
Kahlschlag: F- + H-Schicht (25).....	4,76	0,67	1,21

Auf einem anderen Kahlschlag aus dem Jahre 1926—27 in einem flechtenbehangenen Fichtenaltbestand auf Stormyrjtälern war die Humusdecke so stark vermodert, dass die verschiedenen Humusschichten in der Regel nicht mehr zu unterscheiden waren. Vor dem Hieb war die Humusdecke etwas saurer als im letztgenannten Bestand und fast von derselben Beschaffenheit wie im alten Fichtenbestand auf Storliden (vgl. Probe 2 in Tab. 18). An einigen Stellen ist das Reisig abgebrannt worden. Reaktionszahl und Kalkgehalt der Humusdecke auf der Schlagfläche betragen (eingeklammerte Zahlen geben die Zahl der Beobachtungen an):

	P _H	CaO _{ass} dir.	CaO _{ass} umger.
F+H (14).....	4,50	1,23 %	1,78 %
F (6).....	4,37		
H (6).....	3,97		

Die Bedeutung des Kalkgehalts und der Reaktionszahl für die Nitrifikation wird ferner durch folgende Beobachtungen beleuchtet. Die Schlagfläche auf Stormyrjtälern (Kulbäcksliden) zeigt im Gebiete der vermodernden Reisighaufen eine reiche Nitratflora von *Chamaenerium angustifolium*; rings um die Haufen aber wächst *Deschampsia flexuosa*. Für die Untersuchung wurden 3 Reisighaufen (s. Fig. 45) ausgewählt. Innerhalb jedes Haufens unter dem Reisig und um den Haufen herum wurden je 5 vergleichbare Proben genommen. Die Ergebnisse sind in Tab. 34 wiedergegeben. Die Reaktionszahl ist unter dem Reisig um 0,7—0,9 p_H-Einheiten höher und der Kalkgehalt 2—3 mal so hoch wie gleich ausserhalb des Haufens. Der Unterschied im Kalkgehalt ist besonders deutlich: der niedrigste Gehalt unter Reisig ist grösser als der höchste ausserhalb der Reisighaufen (vgl. auch HESSELMAN 1926, S. 477).

Unter den geologischen und klimatischen Verhältnissen von Kulbäcksliden kann also die Veränderung der Humusdecke im *Vaccinium*-Wald, die durch Brennen verursacht wird, auch ohne diese Massnahme eintreten. Da die Nitrifikation mit der Bildung einer Säure verbunden ist, hat sie die Neigung, die Reaktionszahl des nitrifizierenden Bodens herabzusetzen. Diese Erscheinung macht sich nicht allein bei Lagerungsproben sehr deutlich bemerkbar, sondern ist auch im Freien zu beobachten. Auf ungebrannten Schlägen mit stark nitrifizierendem

Humus kann die Reaktionszahl trotz höheren Kalkgehalts niedriger sein als in angrenzenden Beständen.

Die Verjüngung von Kiefer, Fichte und Birke auf Kulbäcksliden beschränkt sich nicht allein auf die Schlagstellen mit Nitratflora, sondern kommt auch auf mit *Deschampsia flexuosa* bewachsenen Partien reichlich vor. Auf solchen Partien wird der Stickstoff gewöhnlich nicht nitrifiziert, das Vorkommen von *D. flexuosa* deutet aber auf relativ reichliches Vorhandensein von leicht assimilierbarem Stickstoff. Oft beobachtet man, dass *D. flexuosa*-Vegetation allmählich durch eine mehr ausgeprägte Nitratflora von *Chamaenerium angustifolium* ersetzt wird. Es ist einleuchtend, dass die Humusdecke auf dem obenerwähnten Schlage hinsichtlich der Stickstoffmobilisierung aktiv ist. Diese Aktivität begünstigt die Verjüngung auf dem Schlage genau so, wie die Stickstoffmobilisierung die Entwicklung der Jungpflanzen bei Topfversuchen mit Rohhumus-Sandgemisch begünstigt. Bei den Topfversuchen wird der Stickstoff hauptsächlich in Salpeter übergeführt, den die Nadelholzpflanzen leicht aufnehmen. Die Frage, ob der Ammoniakstickstoff ebenso leicht aufgenommen wird, oder ob die Nitrifikation, die in günstigen Humusdecken stattfindet und die offenbar die Pflanzenentwicklung begünstigt, eine direkte Einwirkung ausübt oder mehr als Zeichen anderer günstiger Bedingungen in der Humusdecke aufzufassen ist, wird in einer demnächst erscheinenden Arbeit behandelt werden.

KAP. XIII. Die Bedeutung und die Ursachen der Umwandlung der Humusdecke während der Bestandsentwicklung.

Die ausgeführten Untersuchungen machen es sehr wahrscheinlich, dass zwischen der Beschaffenheit der Humusdecke und der Wüchsigkeit des Bestandes ein direkter Kausalzusammenhang besteht. Der Bewässerungsversuch mit schwacher Ammoniumnitratlösung spricht deutlich hierfür. Neben dem Zuwachs gibt es aber auch andere Vorgänge im Leben des Bestandes, die mit der Beschaffenheit der Humusdecke in Zusammenhang stehen. Vergleicht man die Bestandsbilder von der Brandfläche 1878 auf Storliden (S. 543), Brända Holmen im Degerö Stormyr (S. 544) sowie von der Brandfläche 1853 auf Aggberget (S. 547) mit solchen vom Stortjärn-Reservat (S. 549) und besonders vom alten Fichtenbestand auf Storliden (S. 550), so findet man einen frappanten Unterschied in den Entwicklungsmöglichkeiten der beschatteten Bäume. In den erstgenannten Beständen zeigen die Fichten und auch die Kiefern trotz Beschattung einen freudigen Wuchs, in den letztgenannten Beständen aber wachsen die kleinen Fichten, ungeachtet des guten Lichtzugangs, entweder gar nicht oder nur sehr langsam. Der Gedanke liegt nahe, dass diese Unterschiede mit den Eigenschaften der Humusdecke in Zusammenhang stehen. Das Problem ist von R. GAST (Meddelanden fr. Stat. Skogsförsöksanstalt Bd. 29, 1936) behandelt worden. Er führte Sand-Humus-Kulturversuche mit Kiefernpflanzen bei von 6 bis 50 % des vollen Sonnenlichts variierender Bestrahlungsintensität aus und benutzte hierzu u. a. Humusproben von Brända Holmen (aktive Humusdecke) und aus dem alten Fichtenbestand auf Storliden (inaktive Humusdecke). Die Pflanzen wurden durch ihr Trockengewicht charakterisiert. Bei 6 % des vollen Sonnenlichts waren die Pflanzen in beiden

Humusformen gleich schlecht, bei 12 % zeigten die Pflanzen in besserem Humus stärkeren Wuchs. Bei grösserem Lichtzugang nahm das Pflanzengewicht zu, doch bedeutend mehr im Humus von Brända Holmen als in solchem von Storliden. Bei ersterer Humusform ist der Zusammenhang zwischen Pflanzenentwicklung und Bestrahlungsintensität geradlinig, bei letzterer nimmt die Gewichtsvergrößerung asymptotisch ab (s. Fig. 46). Bei 50 % des vollen Tageslichts sind die Pflanzen im Humus von Storliden (nach Trockengewicht bestimmt) nicht besser entwickelt, als dies bei za. 18 % im guten Humus der Fall sein würde. Der hemmende Einfluss des Humus mit schwacher Stickstoffmobilisierung (Storliden) auf die Entwicklung der Pflanzen macht sich bereits bei 12 % und noch deutlicher bei 24 % des vollen Tageslichts bemerkbar; bei 50 % Lichtzugang ist der Unterschied in der Pflanzenentwicklung bei beiden Humusformen ganz gewaltig. Die günstigere Humusform von Brända Holmen macht es den Pflanzen möglich, das Licht auch bei schwächerer Bestrahlung bedeutend besser auszunutzen als der Humus von Storliden (s. Fig. 46). Die direkten Beobachtungen im Freien stimmen also mit den Experimenten auffallend gut überein. Es dürfte mithin kaum zweifelhaft sein, dass bei der Entwicklung beschatteter Bäume die Beschaffenheit der Humusdecke eine bedeutende, wenn nicht entscheidende Rolle spielt. Bei den geschilderten Versuchen wird die Pflanzenentwicklung allein durch die Beschaffenheit des Humus, nicht aber der geologischen Unterlage, beeinflusst. In alten, überjährigen Beständen kann jedoch die Humusdecke ganz unabhängig von der Geologie des Bodens sein, wie dies aus dem Vergleich zwischen der Brandfläche aus dem Jahre 1878 und dem Altbestand auf Storliden deutlich hervorgeht; die erstere mit ihrem guten Humus hat nämlich schlechteren Untergrund als der letztere mit ausgesprochen schlechtem Humus. Die aktive Humusdecke bedingt also nicht nur bessere Wüchsigkeit des Hauptbestands, sondern ermöglicht auch, ihn besser zu pflegen.

Ein anderes Beispiel für die Bedeutung der Humusdecke liefern die in Fig. 47—50 abgebildeten Bestände im Versuchsfeld Rokliden (Revier Piteå). Der in Fig. 47 abgebildete Jungbestand ist auf einer Kahlschlagfläche aus dem Jahre 1908 nach Abtrieb eines alten, flechtenbehangenen Fichtenbestands von dem in Fig. 50 (HESSELMAN 1909, S. 40, Fig. 6, und 1926, S. 478, Fig. 72) dargestellten Typ entstanden. Allmählich vollzog sich die Umwandlung der mächtigen Rohhumusdecke, und einzelne Nitratpflanzen, wie Himbeere und *Chamaenerium angustifolium*, fanden sich ein. Kiefernpflanzen, die in Sand mit Humus von diesem Schlag aufgezogen wurden, waren weit stärker als Pflanzen, die gleichzeitig in Sand mit Humus aus einem schwer verjüngbaren Bestand aufgezogen wurden (HESSELMAN 1927, S. 348, Fig. 3). Die Pflanzenentwicklung auf dem Schlage ist auch in dem sehr dichten Birkenaufwuchs gut. Auch hier stimmen die Beobachtungen im Freien mit dem Experiment gut überein.

Bezüglich der Bestandsentwicklung auf Kulbäcksliden geben vor allem die Untersuchungen von TIRÉN (1937) Aufschluss. Nach dem Brand entstand auf der Brandfläche ein dichter Mischbestand von Birke, Kiefer und Fichte. Die Fichte wurde von der Kiefer unterdrückt und von der Birke gepeitscht. Eine längere Zeit liess man den Bestand ohne jegliche Behandlung stehen, bis schliesslich die alten starken Kiefern sowie auch die Birken als Bau- bzw. Pottaschenholz entfernt wurden. Es blieb nur ein Restbestand von alten, misshandelten und unterdrückten, flechtenbehangenen, äusserst langsam wachsenden Fichten übrig. Zur Beleuchtung der Frage, wie eine derartige Bestandsentwicklung die Aktivität

der Humusdecke ungünstig beeinflussen konnte, sei zunächst auf die Veränderungen der Humusdecke hingewiesen. Auf unbeschatteten Partien zwischen Fichten oder Fichtengruppen in einem solchen, in der Regel sehr lichten Restbestand dominieren Moose und beerentragende Zwergsträucher. In der F- und H-Schicht herrschen oft zu einer Decke verfilzte Moosreste vor. Unter Fichten oder Fichtengruppen wird dagegen das Moos zurückgedrängt. Unter einer bisweilen recht dichten Preiselbeerdecke findet man eine aus Nadeln und Zweigen bestehende Förnaschicht. Die Humusdecke hat eine mehr lockere, etwas mullartige Struktur, obwohl sie keineswegs mit Mineralerde gemischt ist. In gewissen Teilen der Kronforst Rönnliden zwischen Långvattnet und Storuman sind die Unterschiede der Humusdecke besonders in Fichtenaltbeständen mit absterbenden Kiefern ausgeprägt. Unter diesen Fichten mit frischer, grüner, weit nach unten reichender Krone, sowie auch unter Birkengruppen, ist die Humusdecke zwar mächtig, aber locker und etwas mullartig. Die Streu besteht aus Laub und Nadeln. Auf den freien Stellen zwischen den Fichtengruppen bilden *Hylocomium*-Arten sowie *Nephroma arcticum*, Blaubeere und *Empetrum* eine zähe und filzartige Humusdecke. Wie verschieden sich diese Humusdecken hinsichtlich der Aktivität, Stickstoffmobilisierung sowie als Substrat für die erste Jugendentwicklung der Fichten- und Kiefernpflanzen verhalten, ist bereits oben (S. 606) erörtert worden. Der Unterschied bezieht sich jedoch nicht allein auf die Stickstoffmobilisierung, sondern auch auf andere Eigenschaften, wie p_H , Kalk- und Stickstoffgehalt sowie Gehalt an basischen Pufferstoffen (siehe Tab. 36).

Zwischen den Humusdecken unter und zwischen den Fichten bestehen also in bezug auf p_H , Gehalt an CaO_{ass} , basischen Pufferstoffen und N % sowie Mobilisierbarkeit des Stickstoffs bei Lagerung und bei Behandlung mit Sand dieselben Unterschiede wie zwischen der Humusdecke im wüchsigen, geschlossenen Bestand mittleren Alters und einer solchen im lichten, unwüchsigen, flechtenbehangenen Altbestand. Was Rönnliden anbelangt, so ist diese Verschiedenheit auf die Zusammensetzung der Förnadecke zurückzuführen. Unter Fichten besteht diese aus Nadeln, Zweigen usw., zwischen Fichten aus Moosresten und Beerenkräutern. Diese beiden Förnadecken sind ernährungsbiologisch verschieden. Die Fichte erhält wenigstens einen Teil ihrer Nahrung aus dem Mineralboden, die Moose dagegen leben von Niederschlägen und empfangen keine Mineralnährstoffe aus dem Boden; die Beerenkräuter dringen mit ihren Wurzeln nicht oder nur unbedeutend in den Mineralboden ein. Das Förnaterial ersterer Art muss daher einen an Kalk und mineralischen Nährstoffen reicheren Humus ergeben. Die Unterschiede sind analog jenen unter und rings um Reisighaufen auf dem Kahl-schlag auf Stormyrtyälän (s. S. 651).

Diese Beobachtungen sprechen dafür, dass die Streu, ihre Menge und Beschaffenheit für die Aktivität der Humusdecke von grosser Bedeutung sind. Solange der Bestand wüchsig ist, erhält der Boden jährlich eine mehr oder weniger reiche Abfallstreu; bei schlechter Wüchsigkeit dagegen, wie z. B. in alten, flechtenbehangenen Restbeständen, ist der Streuabfall geringer und wahrscheinlich auch weniger wertvoll. Moose und Beerenkräuter nehmen zu, und mit gleichfalls zunehmender Azidität und abnehmendem Kalkgehalt sinkt die Aktivität der Humusdecke.

Analoge Erscheinungen sind auch von anderen Waldtypen bekannt, so z. B. von den norrländischen Kiefernheiden (vgl. HESSELMAN 1909 und 1917) sowie von den Calluna-Heiden Südwestschweden mit ihren spärlich vorkommenden, langästigen Kiefern.

Neben der Beschaffenheit und Menge der Förna übt auch die zu dichte Bestockung der Bestände einen ungünstigen Einfluss auf die Humusdecke aus. Ein charakteristisches Beispiel hierfür sind die Stabfichtenbestände, die durch sehr gedrängten Schluss und mächtige Rohhumusdecken gekennzeichnet sind. Durch kräftige Durchforstungen in letzter Zeit konnte die Humusdecke in diesen Beständen mehr oder weniger stark umgewandelt werden, die Veränderungen sind indessen noch nicht genügend eingehend studiert worden (vgl. Skogsförsöksanstaltens exkursionsledare XIII, S. 93 und Tab. 48). Aber auch ein weniger dichter Schluss als in den erwähnten Stabfichtenbeständen kann den Zersetzungsprozess in der Humusdecke ungünstig beeinflussen. So z. B. findet man in gepflanzten Fichtenbeständen Schonens oft eine von Pilzhypphen durchsetzte Nadelstreuschicht von Rohhumusstruktur, die aber nach der Durchforstung wesentlich verändert wird und oft einen mullartigen Charakter erhält (HESSELMAN 1926, LINDQUIST 1932). Wie die Durchforstung die Humusdecke in mehr normalen, nach Brand entstandenen Nadelmischbeständen Norrlands beeinflusst, wird in den von ÅNGSTRÖM (1936) in bezug auf Bodentemperatur untersuchten Beständen studiert. Diese Untersuchungen sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Die Zersetzung der Förna ist mithin ein Ergebnis des Zusammenwirkens von Wärme und Feuchtigkeit. Eine günstige Kombination dieser beiden Faktoren bedingt eine raschere Zersetzung der Förna. Um dieses Ziel zu erreichen, stehen dem Forstmann verschiedene Mittel, wie Nieder- und Kronendurchforstung, Behandlung des Unterbestandes usw., zur Verfügung.

Alle gemachten Beobachtungen sprechen also für eine Wechselwirkung zwischen der Wüchsigkeit und der Beschaffenheit des Bestandes einerseits und der Aktivität der Humusdecke andererseits. Eine inaktive Humusdecke kann das Wachstum des Bestandes herabsetzen, andererseits aber kann ein schwachwüchsiger, gedrängt geschlossener Bestand die Humusdecke ungünstig beeinflussen. Für die Praxis ergibt sich daraus Folgendes. Ein wüchsiger, geschlossener Bestand ist so zu durchforsten, dass nicht nur das Wachstum der Einzelstämme gesichert wird, sondern dass auch der Boden genügend Licht und Feuchtigkeit sowie reichlich Laub- und Nadelstreu erhält. Hierdurch kann die für alte, aus ungepflegten Naturwäldern entstandene Fichtenbestände charakteristische Bodendegeneration verhindert oder zumindest abgeschwächt werden. Eine Herabsetzung der Umtriebszeit würde hierbei wahrscheinlich auch von Nutzen sein.

Selbstverständlich kann der Einfluss des Klimas, der Geologie des Bodens, der Feuchtigkeitsbedingungen u. dgl. nicht durch Aktivierung der Humusdecke aufgehoben werden. Das aktive Humusstadium bildet aber die Voraussetzung für eine vollständige Ausnutzung der Wachstumsbedingungen. Von zwei Moränen mit aktiver Humusdecke ist diejenige ertragsreicher, die mineralogisch wertvoller ist. Viele gute Böden zeigen jedoch infolge ungünstiger Beschaffenheit der Humusdecke einen niedrigen Ertrag. Die Steigerung der Ertragsfähigkeit der degenerierten Böden ist daher zu den bedeutsamen Aufgaben des norrländischen Waldbaus zu rechnen.

Die Begründung neuer wüchsiger Bestände bietet indessen vom biologischen Gesichtspunkt aus gewisse Schwierigkeiten, die im nachstehenden Abschnitt erörtert werden.

KAP. XIV. Die Begründung neuer Bestände an Stelle der alten, überjährigen Fichtenwälder.

Nach den in Norrland gemachten Beobachtungen kann auf Rohhumusboden durch Hiebsmethoden, die darauf hinzielen, den Bestand so lange wie möglich zu nutzen, eine reichliche, den Boden ausnutzende Verjüngung nicht erwartet werden. Hierzu ist es nötig, die Humusdecke in ein neues, aktives Stadium zu bringen. Wie dieses Ziel zu erreichen ist, belehrt uns am besten die Natur. Die jungen, lebenskräftigen natürlichen Bestände sind nämlich sämtlich auf ehemaligen Brandflächen entstanden. Die hier angeführten und auch älteren Untersuchungen (HOLMGREN 1917, HESSELMAN 1917, 1926) zeigen jedoch, dass eine Umwandlung der Wuchsbedingungen ähnlich der, die nach Brand zu beobachten ist, auch auf Kahlschlägen ohne Bodenbrennen eintreten kann. Für Kulbäcksliden scheint das Problem, ob Bodenbrennen oder nicht, in der Hauptsache eine Zeitfrage zu sein. Das Brennen beschleunigt zwar die Entwicklung auf dem Schlag, nichts scheint aber dagegen zu sprechen, dass die Bestände, die sich auf Schlägen mit aktiver Humusdecke entwickeln, ebenso gut werden wie die auf Brandflächen. Es erscheint daher zweckmässig, dort, wo die Aktivierung der Bodendecke schon durch Kahlhieb erreicht werden kann, wie z. B. auf Kulbäcksliden, die Bestandsbegründung wenigstens vorläufig ohne Bodenbrennen auszuführen. Ganz anders liegen die Verhältnisse in Norr- und Västerbotten in 400—500 m Meereshöhe. Die Veränderung der Rohhumusdecke vollzieht sich dort bedeutend langsamer (HESSELMAN 1917), und es fragt sich, ob man auf die Bodengare und danach folgende Verjüngung warten darf. Auch günstigere Humusformen, wie z. B. in Beständen von *Geranium*- und *Dryopteris*-Typ, werden in diesen Gebieten nur langsam umgewandelt, wenn auch schneller als in Beständen von *Vaccinium*-Typ. Wahrscheinlich ist die Aktivierung der Humusdecke ohne Reisigbrennen im letztgenannten Typ in dieser Meereshöhe nicht möglich. Doch stösst das Verjüngungsproblem auch auf andere Schwierigkeiten. Samenjahre sind spärlich, und der Same ist oft von geringer Keimfähigkeit. Die Aufzucht eines geschlossenen Bestandes erfordert eine dichte Besamung. In dieser Beziehung scheinen aber unsere Verjüngungsflächen weniger günstig zu sein als die Brandflächen im Naturwald. Auf Kahlschlägen in altem Fichtenwald, auf denen das Reisig verbrannt worden ist, fehlen Samenbäume oft so gut wie vollständig. Der Waldbrand lässt dagegen mehr oder weniger grosse Gruppen oder Horste, wie z. B. auf feuchten Plätzen, unversehrt stehen (vgl. TIRÉN 1937). Diese Überbleibsel des abgebrannten Bestandes dienen nach dem Brand als Samenbäume. Nach den von mir in den Wintern 1931—1932 und 1932—1933 ausgeführten Untersuchungen über die Ausbreitung des Fichten- bzw. des Kiefersamens nimmt die Besamungsintensität mit steigender Entfernung vom Bestandsrande sehr rasch und regelmässig ab. Gegenwärtig sind ähnliche Untersuchungen in recht grossem Umfang im Gange. Sollten diese Untersuchungen zu demselben Ergebnis führen wie die ebenerwähnten, so erhielte man damit eine weitere ernste Warnung vor Grosskahlschlagbetrieb ohne Samenbäume. Wenn man geschlossene Bestände erzielen will, muss man Fichten- und Kiefersamenbäume in ausreichenden Mengen stehen lassen und sich nicht auf die Randbesamung verlassen. Dagegen dürfte es berechtigt sein, eine genügende Birkenbesamung vom Rande aus zu erwarten; der Birken Same hat nämlich ein grösseres Ausbreitungsvermögen als der Same von Kiefer und Fichte (HESSELMAN 1934, S. 152). Die

Erhaltung von Fichtensamenbäumen auf den zu brennenden Schlägen ist ohne Zweifel mit erheblichen, wohl aber überwindlichen Schwierigkeiten verbunden.

Wenn man sich fragt, wie die Bestände in Hochlagen mit ihren für die Verjüngung ungünstigen klimatischen Verhältnissen entstanden sind, so scheint die Erklärung naheliegend, dass sie ihre Entstehung der Einwirkung besonders günstiger, von Zeit zu Zeit zusammentreffender Umstände zu verdanken haben. Es sind dies Waldbrände und Samenjahre, die während Perioden mit warmen Sommern aufzutreten pflegen und zeitlich oft zusammenfallen. Auch die Keimung und Entwicklung der Jungpflanzen wird durch warme Sommer begünstigt. Die Klimaschwankungen, die die Periodizität der Verjüngung im Naturwald bedingen, können im Wirtschaftswald nicht berücksichtigt werden; der Wald wird genutzt, gleichgültig ob die Klimaperiode günstig oder ungünstig ist. Hierdurch entstehen naturgemäss Verjüngungsschwierigkeiten, die sich im Naturwald weniger bemerkbar machen. Schwierigkeiten bietet ferner die lange Verjüngungszeit, die die moderne Forstwirtschaft nach Möglichkeit zu verkürzen bestrebt ist. Für die Verjüngung in alten Fichtenwäldern in Norrlands Hochlagen wird man wohl immer mit langen Zeiträumen rechnen müssen, es sei denn dass der Hieb mit der Periode günstigen Klimas zusammenfällt. Gleichgültig, ob man nun in klimatisch schlechten oder guten Jahren zu arbeiten hat, so muss dafür gesorgt werden — falls man einen geschlossenen, wüchsigen Bestand grossziehen will — dass die Humusdecke in ein aktives Stadium gebracht wird. Hierbei wird es wohl kaum einen anderen Weg geben, als dem Beispiel der Natur zu folgen, d. h. den Boden blosszulegen. Es gilt nun, diese Methode mit Hilfe des modernen Waldbaus den Forderungen der Wirtschaft anzupassen.

Rättelser och tillägg:

- Sid. 577, andra stycket ovanifrån
 står: I de äldre råhumusbesvärade granskogarna av *Vaccinium*-typ i Norrland
 läs: I de äldre råhumusbesvärade granskogarna av *Vaccinium*-typ på kalkfattig mark
 i Norrland.
- Sid. 593, rad 4 uppfifrån
 står: 1928 års bränna
 läs: 1828 års bränna
- Sid. 600, Tab. 21
 Står: 1865 års bränna
 läs: 1866 års bränna
- Sid. 603, Tab. 22
 står: 1865 års bränna
 1865 års bränna
 läs: 1866 års bränna
 1866 års bränna
- Sid. 625, Fig. 33. I figurförklaringen tillägges 1936.
- Sid. 629, Fig. 38. I figurförklaringen tillägges 1934.
- Sid. 630, Fig. 39. I figurförklaringen tillägges 1936.
- Sid. 638 11:e raden nedifrån
 står: (8 g per 100 liter)
 läs: (8 g per 100 liter åren 1924—1929, 20 g per 100 liter aug. 1932—1934).
- Sid. 656, Fig. 47, i figurförklaringen
 står: upptaget 1918
 läs: upptaget 1908
- Tillägg: Årtalen i figurförklaringarna till fotografierna avse det år bilden tagits.

Den svenska texten tryckt i juni 1937 och separat utdelad till deltagarna i Nordiska skogskongressens exkursion n:r 1.
