

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Biologiske Meddelelser. **VII**, 9.

FYSISKE OG KEMISKE
UNDERSØGELSER OVER DANSKE
HEDEJORDER

MED SÆRLIGT HENBLIK PAA DERES INDHOLD AF
KOLLOIDER OG KVÆLSTOF

(PHYSICAL AND CHEMICAL INVESTIGATIONS ON DANISH
HEATH SOILS (PODSOLS))

AF

FR. WEIS

WITH A RESUMÉ IN ENGLISH



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S

1929

Pris: Kr. 8,25

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Biologiske Meddelelser. **VII**, 9.

**FYSISKE OG KEMISKE
UNDERSØGELSER OVER DANSKE
HEDEJORDER**

MED SÆRLIGT HENBLIK PAA DERES INDHOLD AF
KOLLOIDER OG KVÆLSTOF

(PHYSICAL AND CHEMICAL INVESTIGATIONS ON DANISH
HEATH SOILS (PODSOLS))

AF

FR. WEIS

WITH A RESUMÉ IN ENGLISH



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1929

FORORD

Skønt der i nærværende Arbejde saa at sige udelukkende er anvendt fysiske og kemiske Undersøgelsesmetoder, har Udgangspunktet for det dog været biologiske Problemer, der ogsaa danner Baggrunden for hele Drøftelsen af Analyse-resultaterne.

Gennemførelsen af det vilde imidlertid ikke have været mig muligt uden Raadighed over et veludstyret Laboratorium, nødvendige Pengemidler og en Stab af dygtige og interesserede Medarbejdere. Den materielle Støtte er ydet af Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (Laboratorieudstyr) og af »Dansk Skovforenings og Det danske Hedeselskabs fælles Gødningsforsøg«. Det omfattende og ofte trættende Analysearbejde er for Størstedelen udført af Laboratoriets Assistent, nemlig cand. polyt. STEVENIUS NIELSEN, Dr. phil. JAKOB BLOM, Dr. phil. DETLEV MÜLLER, Mag. sc. NIELS NIELSEN og Forstkandidaterne JØRGEN ABELL og CECIL TRESCHOW, samt, som ekstraordinære Medhjælpere, af cand. polyt. H. G. MYGIND og Fru INGER HINRICHSSEN. Assistent, Forstkandidat JENS HVASS, med hvem de forstlige Problemer ofte er drøftede, har optaget de vedføjede Fotografier, og Landinspektørstuderende A. PALUDAN har tegnet Kort og Kurver. En meget værdifuld Støtte er ydet af Dr. phil. HILMAR ØDUM, hvem Direktøren for Danmarks Geologiske Undersøgelse, Dr. VICTOR MADSEN,

beredvilligt tillod at gøre en Rejse til Hedearealerne og optage de i Afhandlingen indføjede Beskrivelser af disse. Hedeselskabets Bedømmelse af de paagældende Jorder er udførte af Assistent VILH. NIELSEN, Mangehøje Plantage, og Skovrider JENS HOLT, Skovsende Plantage. Og endelig har Docent, Dr. phil. OLOF TAMM, Stockholm, under en fælles Rejse til Hedearealerne og senere gennem mundtlige og skriftlige Drøftelser samt ved Gennemlæsning af det færdige Manuskript paa den elskværdigste Maade ydet Bistand. Hver enkelt af de her nævnte beder jeg modtage min hjerteligste Tak.

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles
plantefysiologiske Laboratorium.

Septbr. 1928.

FR. WEIS.

I. Indledning.

For saa vidt et videnskabeligt Arbejde over en Jordbundsform ogsaa henvender sig til en Læsekreds udenfor det Lands Grænser, hvor det er udført, eller hvorfra Materialet er taget, er det naturligt og ønskeligt at forudsikke nogle Bemærkninger om det paagældende Omraades Geologi, Klima og Vegetation, da disse Faktorer er af saa afgørende Betydning for Dannelsen af de naturlige Jordbundstyper, der forefindes her. Dette kan dog gøres ganske kort i dette Tilfælde, da der kan henvises dels til danske, dels til fremmede Arbejder, der udførligt beskriver den særlige Hededannelse, som forekommer i Jylland og som tillige strækker sig i et bredt Bælte ned gennem den sydlige Del af Slesvig over Holsten til Nordvesttyskland og herfra gaar mod Vest ind i Holland og Dele af Belgien.

Disse højst ufrugtbare Strækninger, der har dækket hele det centrale Parti af Jylland, har tidlig tiltrukket sig praktiske Landøkonomers og senere Naturforskernes Opmærksomhed, saa der nu foreligger en meget fyldig Litteratur om deres Naturhistorie. Af danske Arbejder kan der især henvises til J. G. FORCHHAMMERS¹, E. DALGAS'², P. E. MÜL-

¹ J. G. FORCHHAMMER: De jydske Heder. Dansk Maanedsskrift. Bd. I. 1855. Den jydske Hedeslettes physiske og geognostiske Forhold. Tidsskr. f. Landøconomie. III. R. Bd. IX. 1861.

² E. DALGAS: Oversigt over Hederne i Jylland. Aarhus 1866. Geographiske Billeder fra Heden. København 1867.

TERS¹ og N. V. USSINGS², af tyske til C. EMEIS'³, E. RAMANN'S⁴, R. ALBERT'S⁵ og P. GRAEBNER'S⁶, og i disse vil der findes Henvisninger til en Mængde mere specielle Undersøgelser over de paagældende Hededannelser.

Hovedparten af disse Heder udgøres af Sletter, de saakaldte Hedeflader, der i det sidste Afsnit af den nord- og mellemeuropæiske Istid er dannede af vældige Smeltvandsfloder ved Bortsmeltning af Isen fra de Gletscher-rande, som da bl. a. strakte sig op gennem den jyske Halvø med en Bue mod Vest omtrent fra Viborg henimod Limfjordens nuværende Udmunding i Nordsøen. Med de mægtige Vandstrømme bredtes Sand og Grus ud fra Isranden i et næsten plant Lag, med en svag Heldning ud mod Flodernes Udløb i Nordsøen, kun gennembrudt af større eller mindre Erosionsdale (ofte i flere Terrasser), hvori der endnu findes mindre Vandløb (Aaer og Bække). Men omkring paa disse ensformige Hedesletter hæver der sig dog større eller mindre Partier, de saakaldte Bakkeøer, der vel ogsaa i tidligere Afsnit af Istiden har været dækkede af Is og er efterladte af denne som Ende- eller Bundmoræner,

¹ P. E. MÜLLER: Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin 1887 (tidligere offentliggjort under Titlen: »Studier over Skovjord« i Tidsskrift for Skovbrug. III. Bd. 1878 og VII. Bd. 1884).

² N. V. USSING: Om Jyllands Hedesletter og Teoriene om deres Dannelse. Oversigt over Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger. 1907. Nr. 4.

³ C. EMEIS: Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen. Berlin 1875.

⁴ E. RAMANN: Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen in den Diluvial- und Aluvial-Sanden. Jahrb. d. kgl. preuss. geologischen Landesanstalt für 1885. Berlin 1886. Bodenkunde III. Aufl. 1911.

⁵ R. ALBERT: Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 45. 1916. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide. Ibid. Bd. 44. 1912 og Bd. 45. 1913.

⁶ P. GRAEBNER: Die Heide Norddeutschlands. 2. Aufl. Leipzig 1925.

men som paa det Tidspunkt, da Hedefladerne dannedes, var isfrie.

Saa vel Hedeflader som Bakkeøer har gennem lange Tidsrum under de paagældende Isafsmeltninger været udsatte for en gennemgribende Udvaskning af de Plante-næringsstoffer, der blev frigjorte ved samtidig stedfindende Forvitring, saa Jordbunden som Regel er bleven overordentlig fattig og væsentlig bestaaende af det ufrugtbare Kvantssand, mer eller mindre blandet med Grus eller Sten, som Forvitringen ikke har faaet Bugt med. Men medens Hedefladerne paa denne Maade er blevne temmelig ensartet forarmede, varierer Jordbunden i Bakkeøerne med deres uregelmæssige og ofte stærkt kuperede Overflade langt mere. Ogsaa i disse forekommer der Partier af lige saa ringe Beskaffenhed med Hensyn til Indhold af Plante-næringsstoffer som Hedefladerne, men til Gengæld kan der ogsaa findes bedre, ja ligefrem frugtbare, Dele af Bakkeøerne, i hvilke der bl. a. ofte findes Ler og Mergel, med disse Jordarters naturlige Indblanding af Kali og Fosforsyre i kendelige Mængder.

Paa visse Dele af Bakkeøerne har der tidligere været Skov, og de smaa Egekrat, som endnu eksisterer, kan være Rester af forhen anseelige Egeskove med Indblanding af Bævreesp, Birk, Lind og andre Løvtræer samt af Naaletræer som Enebær og Skovfyr.

Større Partier af Bakkeøerne har dog vist aldrig været skovklædte, og dette gælder sikkert hele Hedefladeomraadet, der, efter P. E. MÜLLER¹, endog skal have ligget hen som Tundraer i en længere Periode efter den sidste Istid

¹ P. E. MÜLLER: Bidrag til de jyske Hedesletters Naturhistorie. Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser IV. 2. 1924.

og da først senere være gaaet over til den mere tørre Lynghede, efter at Klimaet var blevet væsentlig varmere.

Skønt der nu af klimatiske Aarsager ikke længere vilde være nogen Hindring for Skovens Indvandring, og denne ogsaa allerede har fundet Sted paa større Omraader af f. Eks. Lüneburger Heide i Tyskland, er Klimaet paa de danske Heder endnu ret ugunstigt for Skovvegetation. Trods en forholdsvis ringe Nedbør (600—800 mm aarlig) hører disse Egne dog til de koldt tempererede, humide Klimaregioner, hvor Omsætningen af de fra Vegetationen efterladte døde organiske Stoffer foregaar meget langsomt og ikke altid kan holde Trit med Produktionen. Dette fører til Tørvedannelser paa den fugtige og Ophobning af anden Raahumus (Mor) paa den mere tørre Bund. Karakteristisk for Klimaet er nemlig en stor relativ Luftfugtighed i alle Aarets Maaneder og en i Regelen vedvarende og meget stærk Blæst, mest fra Vest, der just fra Nordsøen og Atlanterhavet (Golfstrømmen) fører fugtig Luft ind over Landet, som ikke har nogen Bjergkæde eller Højderyg til at bryde Vindene eller forhindre den fugtige Luft fra at stryge hen over Hederne. Disse er ofte meget plagede af Nattefrost i Sommertiden, hvilket jo ogsaa i høj Grad kommer til at influere paa Vegetationen.

Den alt dominerende Plante og den, som giver disse Egne deres særlige Præg, er Hedelyngen (*Calluna vulgaris*), paa fugtige Steder ofte stærkt indblandet med Kløkkelyng (*Erica Tetralix*), og saa forøvrigt isprængt andre smaa Halvbuske som Rævling (*Empetrum nigrum*), Tyttebær (*Vaccinium vitis idæa*), Melbærris (*Arctostaphylos uva ursi*), Visse (*Genista pilosa* og *anglica*), Gyvel (*Sarothammus scoparius*), endvidere en Række, mest kalkskyende, Urter, Græsser og Halvgræsser som Soldug (*Drosera*), Volverlei

(*Arnica montana*), Benbræk (*Narthecium ossifragum*), Bølget Bunke (*Aira flexuosa*), Faaresvingel (*Festuca ovina*), Blaa-top (*Molinia coerulea*), Katteskæg (*Nardus stricta*), Sand-skæg (*Weingærtneria canescens*), Sandstar (*Carex arenaria*), samt Ulvefod (*Lycopodium*), Mosser som forskellige *Polytrichumarter*, Lavarter som Rensdyrlav (*Cladonia rangiferina*) m. fl. Men Hedelyngen er som sagt den, der stiller alle de andre i Skygge, og den findes saavel paa den fattige som paa den bedre Jordbund, hvor den har faaet Lov at vandre ind. Den vokser nemlig ogsaa udmærket paa den gode Jord og indfinder sig f. Eks. gerne, hvor Skoven af en eller anden Grund forsvinder. Men naar den saa har faaet Magten, sætter den et saa kraftigt Stempel paa Jordbunden, at denne almindelig kaldes Hede, selv om den lige saa godt kunde bære en helt anden Vegetationsform. Og netop dette gør, at Hedejorden, trods en ensformig Vegetation, kan omfatte Jordbundstyper af højst forskellig Beskaffenhed og af højst forskellig Værdi til Opdyrkning.

Den jyske Hede er i vore Dage for Størstedelen taget ind til Agerbrug eller Beplantning med Skovtræer, selv om der er anseelige udyrkede Arealer tilbage. Men det hænder ogsaa, at Dyrkningen af Hedejord opgives, og at denne da igen »springer i Lyng« og vender tilbage til sin oprindelige, naturlige Vegetationsform. I det hele taget frembyder Opdyrkningen af de rigtig fattige Hedejorder saa store Vanskeligheder, at der endnu findes en hel Del uløste Problemer baade for Praksis og for den videnskabelige Forskning, der jo ogsaa gaar ud paa at komme den praktiske Hedyrkning til Hjælp.

Efter at saa store Dele af den jyske Hede er bleven beplantet med Rødgran, at denne er bleven Hovedtræet i disse Egne, er ogsaa store økonomiske Interesser knyttede

til denne Træart. Men medens den paa visse Lokalteter vokser særdeles tilfredsstillende, er dens Dyrkning paa andre saa vanskelig, og dens Produktion saa ringe, at man ofte har rejst det Spørgsmaal, om det her vil være økonomisk forsvarligt at anlægge de forholdsvis dyre Kulturer af den. Og navnlig har man spurgt, om dens daarlige Vækst ikke fortrinsvis skyldes Bundens Fattigdom, og om der i det hele taget findes Hedebund af saa ringe Beskaffenhed, at man burde undlade at dyrke Rødgran paa den.

At Hedebunden selv under et tilsyneladende ensformigt Lyngdække, med Forekomsten af Blegsand og allignende Dannelser, dog kan frembryde meget store Forskelligheder, ved enhver erfaren Hededyrker. Men hvori disse Forskelligheder egentlig bestaar, ved vi meget lidt om.

Det var Betragtninger af den Art, der foranledigede P. E. MÜLLER til — i Samarbejde med K. RØRDAM, JOHS. HELMS, E. H. WØLDIKE¹, o. a. — i 1905 at faa iværksat en omfattende Undersøgelse over de formentlige Aarsager til Rødgranens forskellige Trivsel paa forskellige Lokalteter i den midtjyske Hede. Og hans ledende Tanke ved disse Undersøgelser var, om der kunde paavises en lignende Sammenhæng mellem Granens Vækst og Bundens Indhold af mineralske Plantestoffer, som W. SCHÜTZE² i sin Tid mente at have paavist for Skovfyrrens Vedkommende i den nordtyske Hede, paa diluvialt Sand af omtrent samme Beskaffenhed som den jyske Hedebund.

MÜLLER udvalgte til disse Undersøgelser Jordbunden i

¹ P. E. MÜLLER, K. RØRDAM, JOHS. HELMS, E. H. WØLDIKE: Bidrag til Kundskaben om Rødgranens Vækstforhold paa midtjydske Hedebund. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark III. Bd. S. 1—270 (1910).

² W. SCHÜTZE: Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Walbodens. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. I (1869) und Bd. III (1871).

3 forskellige Bonitetsklasser af ældre Granbevoksninger paa Hedeslette (Karup-Fladen), men lod som Supplement her- til ogsaa foretage spredte Undersøgelser af Jordbunden paa en Bakkeølokalitet (i Birkebæk-Høgildgaard Plantagerne paa Skovbjerg Bakkeø), der i Almindelighed anses for en bedre Plantebund. Men ud fra den Betragtning, at de øverste Jordlag under Paavirkning af fysiske og biologiske Faktorer saa let undergaar Forandringer, der ændrer deres Karakter som Kulturbund for Skovdyrkning, lod han Undersøgelserne anstille i det øverste Lag af Undergrunden, der maa anses for Moderlaget for Overfladedannelserne, men ikke er blevet draget ind i disses Omdannelser. Og Hensigten med Arbejdet var da om muligt at finde en Boniteringsmetode for Hedejordens Værdi som Plantebund, med specielt Henblik paa Rødgranen.

De paagældende Undersøgelser blev offentliggjorte i den nævnte omfangsrige Afhandling i 1910, men MÜLLER og hans Medarbejdere kom imidlertid til det Resultat, at »den kemiske Jordanalyse, saa vidt man tør slutte af de udførte Arbejder, næppe egner sig til Bonite- ring af Hedebundens Evne til at frembringe økono- misk forsvarlig Granvækst«¹.

Der var nemlig ingen lovmæssig Forskel mellem Jord- bundens Indhold af mineralske Plantenæringsstoffer, som kunde stilles i Forbindelse med Granens bedre eller daar- ligere Vækst, og Analyserne af Bakkeøbunden gav samme Udtryk for den yderste Fattigdom som Analyserne af Hedefladebunden. Derimod gav Undersøgelsen en Mængde andre overordentlig vigtige Resultater, der bl. a. pegede hen imod de fysiske og biologiske Faktoreres store Betyd-

¹ I. c. S. 266. Udhævelserne foretagne her.

ning, saa det paagældende Arbejde baade ved sine negative og positive Fund dog blev af den største Interesse.

Da Spørgsmaalet om den kemiske Analyse som Hjælpe-middel til at bestemme en Jordbunds Frugtbarhed, oprindelig paa LIEBIGS Initiativ, af talrige Agrikulturkemikere er bleven gennemarbejdet for Agerjordens Vedkommende, men ogsaa her kun har beredt Skuffelser, har man i Landbruget i Almindelighed opgivet denne Metode og er gaaet over til andre, væsentligst biologiske, Metoder, bl. a. til gennem Dyrkningsforsøg at spørge selve Planterne om Jordbundens Værdi for dem, idet man i Forbindelse hermed ofte anstiller Iagttagelser over dens naturlige Vegetation, udfører Reaktions- (og Kalktrangs)bestemmelser samt mikrobiologiske Analyser. Men et Dyrkningsforsøg er jo en langvarig Metode, der end ikke altid giver Svar efter en enkelt Vegetationsperiode og tillige rummer saa mange Fejlkilder, at den langtfra i alle Tilfælde kan betragtes som sikker og eksakt. Og hvor det gælder Bedømmelsen af en Jord som Plantningsbund for Træer, vil den i Praxis være ganske uanvendelig.

Imidlertid har de sidste Aars Forskning afsløret saa mange, hidtil ukendte, Egenskaber ved Jordbunden, der har Betydning som Vækstfaktorer for Planterne, at man endnu ikke bør opgive at finde videnskabelige Metoder, der er anvendelige ved den praktiske Bedømmelse af en Jordbunds Værdi som Plantebund. Utvivlsomt spiller saaledes Jordbundens Reaktion og Stødpudeindhold, der er nøje forbundne med dens Indhold af eller Mangel paa basiske Stoffer, særlig Kalciumkarbonat, og dens Indhold af Elektrolyter i Almindelighed en overordentlig vigtig Rolle, fordi disse Egenskaber igen bestemmer Jordens Mikroflora og Mikrofauna, og f. Eks. en udpræget sur Reaktion i Regelen

udelukker Trivselen af de Bakterier, der besøger de organiske Stoffers Mineralisering og ikke mindst holder Kvælstoffets Kredsløb i Gang. Tillige forsvinder saa vigtige Dyr som Regnormene, naar Jorden er for sur, men de vender straks tilbage, naar Surheden formindskes ved Kalkning. I de varme, aride Egne af Jordkloden kan paa tilsvarende Maade stærk basisk Reaktion og Ophobning af visse Salte i Jorden virke i høj Grad skadelig paa Plantelivet. Den med Tilstedeværelsen af visse Mikroorganismer forbundne Nitrifikationsevne hos en Jord er ofte Kriteriet paa dennes Evne til at opretholde optimal Vækst hos mange Planter, bl. a. flere Træer, men denne Nitrifikationsevne staar ikke altid i ligefremt Forhold til Reaktionen, er endogsaa undertiden meget kraftig, hvor denne ligger ved en P_H -Værdi omkring 4, og kan være yderst svag eller helt mangle ved P_H -Værdier lige under eller over 7¹. Og i det hele taget vil Jordbundens fysiske Tilstand og dens Indhold af Mikroorganismer være Faktorer, der i Almindelighed er vigtigere end dens absolute Indhold af Plantenæringsstoffer. Men de enkelte Vækstfaktorer er ofte indbyrdes saa nøje forbundne eller gensidigt betingede af hinanden, at det sjælden er en enkelt Faktor, der bliver den dominerende gennem længere Tidsrum. Mere end de absolute Mængder af nødvendige Næringsstoffer betyder det f. Eks. ofte, at der findes andre Stoffer af saadan Beskaffenhed, at Frigørelsen og Omdannelsen af det Materiale, der leverer de egentlige Plantenæringsstoffer, kan komme i Stand, eller at disse ikke for hurtig udvaskes, men holdes tilbage ved Adsorp-

¹ FR. WEIS: Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne i typiske danske Bøgeskove. Meddelelser fra Dansk Skovforenings Gødningsforsøg. IV (S. 81—232). Dansk Skovforenings Tidsskrift. 1924. Nogle Undersøgelser om Askens Krav til Jordbunden. Ibidem. VI (S. 235—322). 1927.

tion eller Absorption, under hvilke Processer Udvekslingen af Anioner og Kationer, Hydratationer, Vandadsorption m. m. spiller en overmaadig vigtig Rolle.

Nu har det imidlertid vist sig, at disse Egenskaber ved Jorden i fremtrædende Grad er knyttede til saadanne kolloidale Stoffer, der i sig selv hverken er Næringsstoffer eller det Raamateriale, hvoraf Næringsstoffer dannes, nemlig fortrinsvis til kolloidal Aluminium- og Jernhydroksyd, Kiselsyre og forskellige Humusstoffer. Thi naar disse Kolloider kommer i Berøring med Elektrolytopløsninger, f. Eks. saadanne, der frigøres under Forvittringsprocesserne eller tilføres Jorden i Form af Kalksalte og Kunstgødning, viser de en udpræget Evne til Udveksling med de paagældende Saltes Baser, idet de netop repræsenterer Jorbundens Kompleks af absorberende Stoffer.

For disse Processer er der gjort udførligt Rede i en Række paa Russisk i Aarene 1912—1925 publicerede Arbejder af den fremragende Jordbundsforsker K. K. GEDROIZ, der først blev bekendt for den ikke-russiske Verden gennem en af den russiske Amerikaner S. A. WAKSMAN foretagen engelsk Oversættelse. Denne fremkom dog ikke offentlig, men blev uddelt i et begrænset Antal Eksemplarer til visse Instituter og Privatpersoner. Et kort Resumé af GEDROIZ's Arbejder er imidlertid givet af Englænderen H. J. PAGE¹, og forøvrigt har en Række andre Forskere uafhængig af GEDROIZ arbejdet med de samme Problemer, som Hollænderen D. J. HISSINK², Ungareren A. J. v. SIGMOND, Tyskeren

¹ H. J. PAGE: The investigation of K. K. GEDROIZ on Base exchange and absorption. Transactions of the second Commission of the International Society of Soil Science. Groningen. 1926.

² D. J. HISSINK: Beitrag zur Kenntnis der Adsorptionsvorgänge im Boden. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. Bd. XII. S. 81—112. 1922. Base Exchange in Soils. Transactions of the Faraday Society. Bd. XX. no. 60, part 3. 1925.

GEORG WIEGNER¹, Englænderen G. W. ROBINSON m. fl., saa der nu allerede foreligger en meget udførlig Litteratur om disse Spørgsmaal. Og da der saa tillige forelaa en af Svenskeren OLOF TAMM² udarbejdet Metode til kvantitativ Bestemmelse af det uorganiske Gelkompleks i Jorden, som senere har vist sig brugbar til Karakteristik og Bestemmelse af Degenerationsgraden ved begyndende Podsolering³ af Jordbunden i sydsvenske Bøgeskove, sammenlignede med nogle typiske Jorder fra det nordlige Sverige⁴, tog jeg mig for at prøve, om denne Metode ikke ogsaa kunde anvendes til Karakteristik og Bedømmelse af danske Hedejorder (der ogsaa kan være podsolerede i ret forskellig Grad), med specielt Henblik paa deres Værdi som Plantebund for Træer. Resultaterne viste senere, at saadanne Undersøgelser har ligesaa stor Interesse for Agerbruget som for Skovbruget.

De i det følgende meddelte Resultater vil dog vise, at Opklaringen af dette Spørgsmaal ikke var den eneste Op-gave for den her foreliggende Undersøgelse, men at denne i Almindelighed gik ud paa, ved videnskabelige Metoder

¹ GEORG WIEGNER: Boden und Bodenbildungen in kolloidchemischer Betrachtung. Dresden und Leipzig. 1924. Se ogsaa: K. K. GEDROIZ: Chemische Bodenanalyse. Berlin. 1926.

² OLOF TAMM: Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponente des Gelkomplexes im Boden. Vorläufige Mitteilung. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte Nr. 4. Stockholm, 1922. Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion. Ibidem. Häfte 17, 1920. Ueber die Einwirkung des festen Gesteins auf den Waldboden. Ibidem. Häfte 18, 1920.

³ En Udredning af Podsoleringsbegrebet og af Benævnelsen af de forskellige Horisonter i en Podsoljordprofil har P. E. MÜLLER givet i »Bidrag til de jydskes Hedesletters Naturhistorie« S. 47—60 og S. 62—69.

⁴ KARL LUNDBLAD: Beitrag zur Kenntnis der Eigenschaften und der Degeneration der Bodenarten vom Braunerdetypus im südlichen Schweden. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 21, Nr. 1. Stockholm. 1924.

om muligt at finde Hjælpe midler til at klassificere og bedømme de Jordbundstyper, som blev tagne i Arbejde.

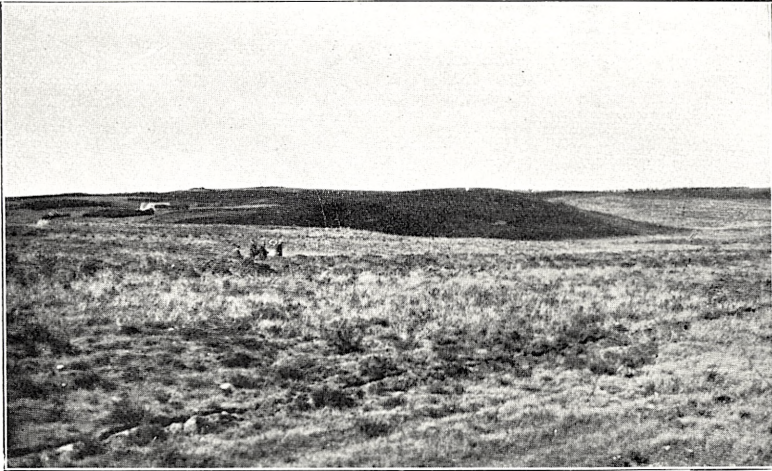
II. Beskrivelse af de undersøgte Hedejorder og de i dem aabnede Profiler.

Den ydre Foranledning til, at disse Undersøgelser blev tagne op, var følgende:

I 1924 blev der etableret et nærmere Samarbejde mellem Det danske Hedeselskab og Dansk Skovforenings Gødningsforsøg med det Formaal at anstille fælles Hedeplantningsforsøg under Ledelse af Hr. Kommitteret CHR. DALGAS og Forfatteren. Blandt forskellige andre Opgaver valgtes ogsaa den at anstille Forsøg over Dyrkning af andre Træarter paa Heden end de sædvanlig benyttede (Rødgran og Bjergfyr), som de evropæiske Skovfyr racer, østerrigsk og korsikansk Fyr, Ædelgran og Lærk, forskellige amerikanske og asiatiske Naaetræer og en Række forskellige Løvtræer, navnlig Bøg, Eg, Birk, m. fl. Det gjaldt nu at undersøge disses Vækst paa forskellige Typer af Hedejord, efter forskellig Jordbundsbehandling, Kalkning og Gødning, med og uden Anvendelse af Amme træer o. s. v. Og for Sammenligningens Skyld skulde da de samme Træarter dyrkes under de forskellige Vækst betingelser.

For disse Forsøg stillede Hedeselskabet bl. a. 2 ubeplantede Hedearealer af ret forskellig Beskaffenhed til Disposition, det ene beliggende 10 km nordvest for Holstebro, c. 10 km syd for Limfjorden og c. 20 km øst for Nord søen paa Limfjords-Bakkeøpartiet, som en Del af den under Selskabet hørende Mangehøje Plantage, det andet beliggende i Jyllands Hjerte paa Sønder-Ømme Hedefloden,

c. 12 km nord for Grindsted, som en Del af Skovsende Plantage. (Se Fotografierne Fig. 1--6). Paa det første Areal er Vinden muligvis noget haardere og Luftfugtigheden noget større paa Grund af Havets Nærhed end paa det sidste, der til Gengæld har noget større aarlig Nedbør (Mangehøje c. 650—700 mm, Skovsende over 750 mm Ned-



Jens Hvass fot. 28. 9. 1927.

Mangehøje Plantage (Plantation).

Bakkeø. Hill island.

(Se ogsaa Kortet Fig. 7. See also map, fig. 7).

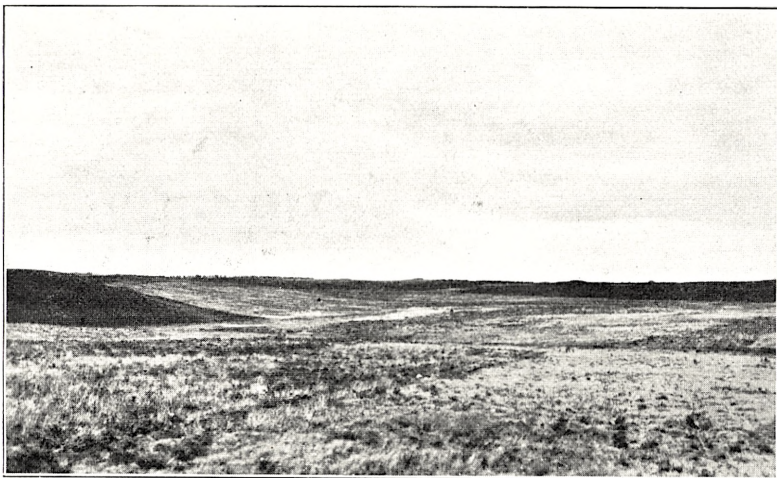
Fig. 1. En Del af Forsøgsarealet. I Forgrunden Afd. 28. I Midten i Baggrunden en lynchbevokset Bakke udenfor Forsøgsarealet. Det lyse Parti tilhøjre derfor er den nordvestlige Ende af Afd. 26.

Part of the experiment area. In the foreground, division 28. In the middle background, a heather covered hill outside the experiment area. The light part to the right of this is the north western end of division 26.

bør aarlig). De til Forsøg indtagne Arealer er i Mangehøje c. 20¹, i Skovsende c. 10 ha., men medens det sidste i

¹ Hele Arealet i Mangehøje Plantage var c. 30 Hektarer stort. Men det besluttedes straks at inddele det i Bælter paa henholdsvis 18 og 36 m Bredde, hvoraf de første udgik af det egentlige Forsøgsareal ved straks at tilplantes med Blanding af Rødgran og Bjergfyr som Læbælte. Disse er paa Kortet angivne ved Skravering paa langs, uden Signatur for de ved den praktiske Bedømmelse opførte Bonitetsklasser.

Kraft af sin plane Beskaffenhed (som Hedeflade) er forholdsvis ensartet, er det første Areal (som en Del af en Bakkeø) ret kuperet og meget afvekslende med Hensyn til Jordbundens Beskaffenhed, hvilket bl. a. umiddelbart gav sig til Kende ved den Vegetation, som her var indblandet mellem Lyngen, eller endnu mere ved Gravning i Jorden,



Jens Hvass fot. 28. 9. 1927.

Mangehøje Plantage (Plantation).

Bakkeø. Hill island.

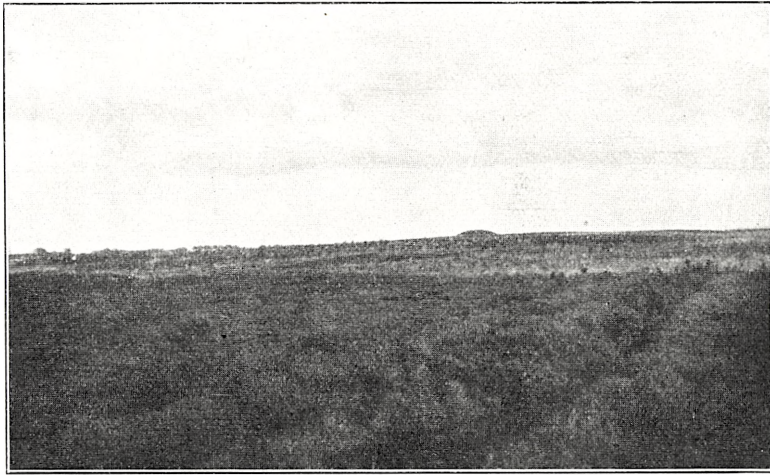
(Se ogsaa Kortet Fig. 7. See also map, fig. 7).

Fig. 2. Billedet taget fra samme Sted som foregaaende (en Kæmpehøj i Afd. 28 omtrent ved Profil Nr. 9), men Kameraet drejet saaledes, at kun en Del af Lyngbakken er kommen med. Derimod ses hele Afdeling 26 (i Baggrunden), østlige Ende af Afd. 28 og vestlige Del af Afd. 25 (i Forgrunden henholdsvis tilvenstre og tilhøjre).

Photograph taken from the same place as the preceding (a viking grave in division 28, near profile No. 9), but the camera is turned so that only part of the heather covered hill is included. All of division 26 is visible in the background. The eastern side of division 28 and the western side of division 25 appear in the foreground on the left and on the right.

hvor der snart var et eller flere Lag Al, snart kun Rødjord og snart kun en meget svag Podsolering, saa Jordbundstypen nærmede sig Muld.

Begge Arealer havde indtil for kort Tid siden været bevoksede med Hedelyng og ikke tidligere været dyrkede; de repræsenterede altsaa den naturlige, jomfruelige Hede. Men efter at de var indtagne til Beplantning, blev de inddelte, som de vedføjede Kortskitser viser (Fig. 7 og 8), og stykkevis forberedte til Beplantning gennem Pløjning, Kalk-



Jens Hvass fot. 10. 10. 1928.

Mangehøje Plantage (Plantation).

Bakkeø. Hill island.

(Se ogsaa Kortet Fig. 7. See also map, fig. 7).

Fig. 3. Billedet taget fra den raa, lyngbevoksede Hede (med Bjergfyrplantning) mellem Afd. 28 og 30, med Kameraet vendt mod Syd mod den beplantede Del af Afd. 30, der ses i Baggrunden. Her ses tydelig vellykkede Forkulturer af Hvidel (*Alnus incana*). Kæmpehøjen ligger ubetydelig tilvenstre for det Sted, hvor Jordbundshul 11 er gravet.

Photograph from the virgin heather covered heath with plantation of *Pinus montana*, between division 28 and 30, with the camera turned to the south, toward the planted section of division 30, which is seen in the background. Successful pre-growths of *Alnus incana* are plainly seen. The viking grave is located slightly to the left of the place where profile no. 11 is dug.

ning og tildels Dyrkning med Landbrugsplanter for hurtig at faa Lyngskjolden omsat. De første Skrælplojninger paa Afdelingerne i Mangehøje er foretagne i Aarene 1914—17,

i Skovsende i Aarene 1916—17. Derefter er der fulgt flere Ompløjninger i de følgende Aar, hvorved Lyngskjolden og Blegsandslaget er blevne blandede, men Dybdepløjning er først foretaget i de forskellige Parceller umiddelbart før Bepantningen. Hele Mangehøje-Arealet var, da det blev overladt til Forsøg, kalket med 9000 kg raa Kalk (fra det nær-



Jens Hvass fot. 17. 7. 1928.

Skovsende Plantage (Plantation).

Hedeflade. Heath plain.

(Se ogsaa Kortet Fig. 8. See also map, fig. 8).

Fig. 4. Raa, lyngbevokset Hede, udenfor Forsøgsarealet (Profilerne 1 og 2).
Virgin heath covered with heather, outside the experiment area (profiles 1 and 2).

liggende Kalkleje ved Hjerm) pr. Hektar. Af Skovsende-Arealet var Afd. 1 kalket med 40000 kg Klaaby-Mergel (Kalkindhold c. 45 %) eller c. 17000 kg Kalk pr. Hektar, medens Afd. 2 var ukalket. Detaillerne i de enkelte Afdelingers øvrige Behandling er der dog ingen Grund til at anføre her, da den næppe har influeret kendeligt paa Resultatet af de Undersøgelser, som blev udførte. Og hvor det gjaldt om en Kontrol paa den oprindelige, ganske uberørte,

Hedejords Beskaffenhed, er Jordbundshuller gravede og Prøver udtagne i endnu lyngbevoksede Striber mellem Afdelingerne eller umiddelbart udenfor det egentlige Forsøgsareal.

For nu at skaffe sig nogenlunde faste Holdepunkter for en senere Sammenligning af de planlagte Plantningsforsøg



Jens Hvass fot. 17. 7. 1928.

Skovsende Plantage (Plantation).

Hedeflade. Heath plain.

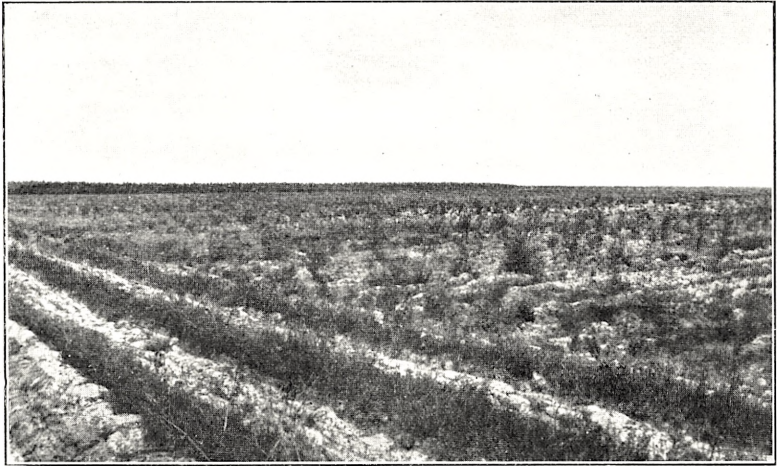
(Se ogsaa Kortet Fig. 8. See also map, fig. 8).

Fig. 5. Bearbejdet og dyrket Hede med Gederams (*Chamaenerium angustifolium*) i Forgrunden. Den nordlige Del af Forsøgsarealet omkring Profil 7. Treated and cultivated heath with *Chamaenerium angustifolium* in the foreground. Northern section of the experiment area, near profile 7.

gjaldt det om at faa en Karakteristik af Jordbundsforskellighederne. En saadan foreløbig Vurdering var endvidere af Betydning for Valget af de Træarter, man vilde prøve paa forskellige Steder af Forsøgsarealerne.

Ogsaa den praktiske Hededyrker foretager ofte en saadan Bedømmelse, væsentligst efter visse Skøn. Denne Vurdering er naturligvis ikke altid lige grundig, men de Karakterer, der tages Hensyn til ved en mere omhyggelig Be-

dømmelse, er bl. a. følgende (eller nogle af disse) Træk: 1) Lyngskjoldens, Blegsandets, Rødjordens eller Alens og Undergrundens Tykkelse, Dybde, Farve, Konsistens og Lejring (med andre Ord Podsoleringsgraden); 2) Indholdet af større eller mindre Sten og Arten af disse (Kvarts, Kvartsiter, Flint, Granit, Porfyr, Gnejs o. s. v.), af Grus, af



Jens Heass fot. 17. 7. 1928.

Skovsende Plantage (Plantation).

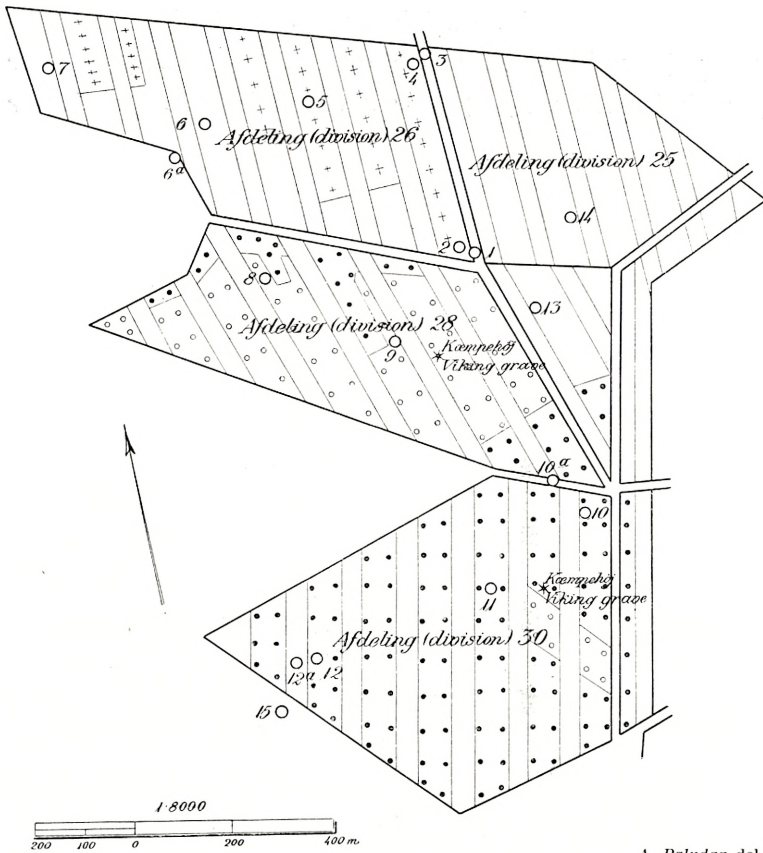
Hedeflade. Heath plain.

(Se ogsaa Kortet Fig. 8. See also map, fig. 8).

Fig. 6. Det sydøstlige Hjørne af Forsøgsarealet, i Nærheden af Profil 3. I Forgrunden ses nogle Bøgerillekulturer, dækkede med Bjergfyrris. Bag ved disse Forkulturer af Hvidel (*Alnus incana*) og Birk (*Betula pubescens*) samt nogle Rækker af Skovfyr (*Pinus silvestris*) og Sitkagran (*Picea sitchensis*).

The south eastern corner of the experiment area, near profile 3. In the foreground young beech plants in drills covered by scrub pine twigs. Behind these, pre-growth of *Alnus incana* and *Betula pubescens* and a few rows of *Pinus silvestris* and *Picea sitchensis*.

grovere eller finere Sand (og dettes Farve), af eventuel Indblanding af Ler og af Kalkkorn og Mergel (hvilken ofte forekommer i Bakkeøer) o. s. v.; 3) den naturlige Vegetations Beskaffenhed, om Lyngen er mer eller mindre kraftig,



A. Paludan del.

Fig. 7. Forsøgsarealet i Mangehøje Plantage. ○ med tilføjet Numer angiver de Steder (Profiler), hvor Jordprøverne er udtagne. Signaturerne indenfor Forsøgsarealerne angiver de 4 forskellige Bonitetsklasser, som Hedeselskabet havde opstillet ved en praktisk Bedømmelse.

Experiment area in Mangehøje Plantation. ○ with number added indicates places (profiles) where soil samples have been drawn. The signs in the experiment area indicate the 4 different classifications (qualities), which The Danish Heath Society made in appraising the soil.

Signaturer, signs:

- • I. Bonitet ○ ○ II. Bonitet + + III. Bonitet
- • I. Quality ○ ○ II. Quality + + III. Quality
- Uden Signatur IV. Bonitet
- Without signs IV. Quality

om den er indblandet med Enebær eller forskellige Bælgplanter (navnlig Genistaarter og Sarothamnus), om der ogsaa findes Klokkelyng eller andre Ericaceer, om der er

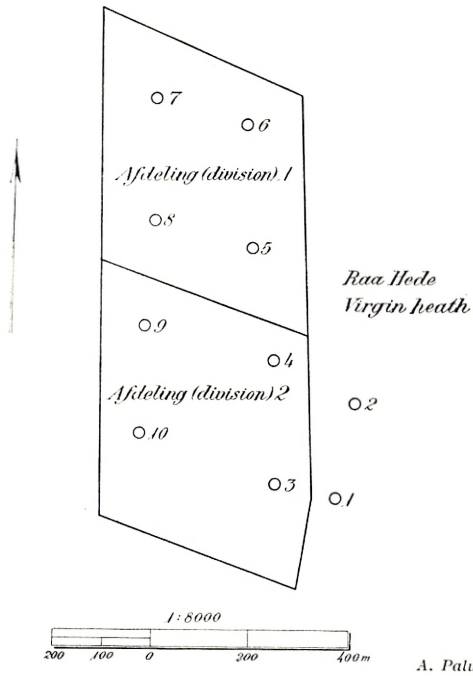


Fig. 8. Forsøgsarealet i Skovsønde Plantage. Her er ikke foretaget nogen Inddeling i Bonitetsklasser, men hele Arealet svarer nærmest til III. Bonitet i Mangehøje. Uden om Forsøgsarealet ligger raa, ubearbejdet, lyngbevokset Hede.

Experiment area in Skovsønde Plantation. No classification is made here, but the entire area is approximately III. quality in Mangehøje. Outside the experiment area is virgin, untreated, heather covered heath.

mer eller mindre Rensdyrlav eller andre Lavarter eller Mosser, om der findes Skovreliktpanter som Trientalis eller Bregner o. s. v. Og endelig noteres 4) Fugtighedsforholdene (Grundvandets Dybde paa forskellige Aarstider),

Niveauforholdene, og hvad der ellers kan iagttages med det blotte Øje.

En saadan praktisk Bedømmelse var allerede foretaget af Hedeselskabet i Mangelhøj-Arealet, hvor man havde vurderet Jordbunden i 4 Bonitetsklasser, der dog ikke faldt sammen med Grænserne for de 4 Afdelinger (se Fig. 7). Det havde derfor sin store Interesse at se, hvorledes denne praktiske Bedømmelse faldt sammen med den videnskabelige Undersøgelse af Jordbunden, og herfor vil der senere blive gjort Rede. I Skovsønde var en saadan Bedømmelse ikke optagen, men her, paa Fladen, regnede man jo heller ikke med større indbyrdes Forskelligheder, skønt saadanne ogsaa forekommer paa et tilsyneladende ensartet Areal.

I Slutningen af Oktober 1924 lod jeg da grave en Række Jordbundshuller, spredte over de to Forsøgsarealer, samtidig med at jeg optog en Beskrivelse af Profilerne og udtog Jordprøver i forskellige Dybder til nærmere Undersøgelse i mit Laboratorium. Og efter at disse Undersøgelser for Størstedelen var førte til Ende, fik jeg ved velvillig Imødekommen fra Direktøren for Danmarks geologiske Undersøgelse, Hr. Dr. VICTOR MADSEN, en af hans Assistenten, Hr. Dr. phil. HILMAR ØDUM, til at rejse over til Jylland i Novbr. 1926 og uafhængig af mine Optegnelser at optage en ny Beskrivelse af næsten alle de samme Profiler, suppleret med enkelte nye, der i den følgende Beretning er betegnet med Bogstavet *a* efter det Numer, jeg havde givet mine Profiler.

Dr. ØDUMS og mine Optegnelser faldt i alle Hovedtræk udmærket sammen, men da han har set med den øvede Geologs Øjne, og hans Optegnelser var noget udførligere end mine, skal jeg, under Henvisning til Afmærkningen af

Jordbundshullernes Beliggenhed paa de anførte Kortskitser, her, med Dr. ØDUMS Tilladelse, indskrænke mig til at anføre hans Optegnelser, der for begge Arealers Vedkommende indledes med en kort geologisk Karakteristik, idet jeg dog hertil føjer mine Profilbeskrivelser fra de Jordbundshuller, som Dr. ØDUM ikke har medtaget, nemlig Mangehøje Nr. 2, 4, 6 og 12, fra hvilke der ogsaa er udtaget Jordprøver til Analyse.

Mangehøje Plantage.

Almindelig Oversigt.

Forsøgsplantagen ligger paa en »Bakkeø«, umiddelbart udenfor USSINGS Isrand NV. f. Holstebro.

Terrænet er bølget, saa Prøvegravningerne dels ligger paa jævner, højt Terræn (Nr. 1—5, 13—14), dels paa Skraaninger, 6 og 6a ligger i en Lavning Ø. f. en høj Banke, 7 ligger paa en ret stejl Østskraaning.

Undergrunden bestaar overalt af lidet stenet Diluvialsand, som dog ikke fremtræder tydelig lagdelt i Profilerne. Terrænets Overflade er mere eller mindre stenet, oftest bestaar Stenbestrøningen næsten udelukkende af Flint (Smaasten som Følge af Sprængning), iblandet Kvartsiter og en Del Gnejs, endnu sjældnere træffes Graniter, en Del Rhombeporfyr og Larvikit saas (norsk). Hvor Undergrundsplojning har fundet Sted, er der flere Eruptiver paa Marken, men baade disse og alle uforstyrrede Overfladesten er meget stærkt forvitrede. De feldspatførende Stens Underlegenhed er sikkert en Følge af, at Terrænet gennem lange Tider har ligget udsat for Forvitningsprocesserne. Vindblæste Sten er meget almindelige.

Ofte — særlig omkring Punkt 1—5 og 13—14 — er Overfladen meget lidt stenet, og heller ikke de øvre Sand-

lag paa disse Steder viser Sten i Profilerne, her optræder derimod i nogen Dybde Horisonter med vindblæste Sten, som dels har paaført Sand (omkring Punkterne 1—5 og 13—14 samt især Punkt 7), dels bortført Sand, saa Overfladen viser sig beriget paa Sten (f. Eks. omkring 6—6 a og 12—12 a).

Hele Arealet har været lyngklædt¹ indtil Anlægget af Plantagen. Indenfor Forsøgsarealet er Podsoleringen ret stærkt vekslende i Intensitet, saaledes som det vil fremgaa af de følgende Profilbeskrivelser. I det store og hele er Podsoleringen af yngre Dato end Sandflugten, selv om begge Processer kan gaa langt tilbage i Tiden.

Jordbundsprofiler.

Nr. 1) Fladt bølget Terræn, lyngklædt.

- a. 0—8 cm. Sandet Mør (Lyngskjold).
- b. 8—17 cm. Graat Blegsand (Blysand).
- c. 17—23 cm. Sort lidt sejt, men blødt, meget humøst Lag, Sandkorn klare, affarvede, »Tørveal«.
- d. 23—43 cm. Sortebrun Alzone, ikke særlig stærkt udviklet, selv om Laget er nogenlunde fast, Sandkorn rustfarvede. Øverst indeholder den sortebrune Al lysere gule Pletter, nedad aftager Farven jævnt til lidt lysere mørkebrunt. Paa Lagets Overgrænse imod c findes smaa konkretionsagtige Knolde, omgivet af Rodfilt. Grænsen nedad udgøres af en sort, 8 mm tyk, uregelmæssig forløbende Gleistribe, Grundvandsal; lignende Gleistriber gennemsætter med et horizontalt-bølget Forløb baade dette Lag og de underliggende Lag indtil 70 cm Dybde.
- e. 43—65 cm. Gulbrunt Sand.
- f. 65—90 cm. Lysegult Sand.

Sandet er stenfrit, Overfladen dog lidt stenet. Rødder findes indtil 25 cm Dybde.

¹ Jeg har desuden noteret følgende: »Aarsagen til den ringe Mængde Lyngskjold og Muld maa bl. a. søges i, at Heden flere Gange har været brændt af, og i, at der før Krigen tillige er borttaget Lyngtørv paa store Arealer«.

Nr. 2) Pløjet, tidligere dyrket Areal. Profilet aabnet ganske nær ved Nr. 1.

a + b. 0—20 cm. Lyngmor og Blegsand blandet, det sidste overvejende.

c + d. 20—50 cm. Al i sammenhængende Lag, tættest, haardest og mørkest foroven.

e + f. 50—70 cm. Brungult, ret fint Sand og heri flere c. 1, cm tykke, horizontale Gleistriber helt ned til 70 cm Dybde, desuden nogle skraat løbende Striber af samme Art.

Nr. 3) Terræn og Vegetation som Nr. 1.

a. 0—9 cm. Sandet Mor.

b. 9—17 cm. Graat Blegsand.

c. 17—24 cm. Sort, blød, humøs Tørveal, Sandkorn klare, affarvede.

d. 24—35 cm. Mørkebrun Alzone, noget fastere, ikke saa stærkt udviklet som i Nr. 5. Laget er gulspættet og sortaaret (af Gleistriber?). Gaar jævnt over i

e. 35—45 cm. Brunt, sortaaret Sand.

f. 45—90 cm. Gult Sand med svage, mørkere, horizontale Streger, Overgrænsen af Laget udgøres af en uregelmæssig, forgrenet, 5—10 mm tyk Gleistribe.

Sten saas ikke i Profilet, men i nogen Grad paa Overfladen. Sandet er fint, Rødder indtil 25 cm Dybde.

Nr. 4) Pløjet, tidligere dyrket Areal. Profilet aabnet ganske nær ved Nr. 3.

a + b. 0—15 cm. Lyngmor og Blegsand.

c + d. 15—30 cm. Fast sammenhængende, foroven sort og temmelig haard Al.

e + f. 30—60 cm. Lysegult, ret grovt Sand med horizontale Gleistriber til 60 cm Dybde.

Nr. 5) Fladt, bølget Terræn, pløjet.

a. 0—13 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).

b. 13—19 cm. Sort, blød Tørveal af en lagdelt, knoldet Struktur. Sandkorn klare, affarvede.

c. 19—30 cm. Brun, fastere Al, Sandkorn overtrukne. Laget er spættet af lysere eller mørkere gule Sandpletter, som dog ikke er sammenflydende. Overgrænsen er skarp, Undergrænsen udgøres af en uregelmæssig forløbende, 5 mm tyk, sort Gleistribe.

- d. 30—44 cm. Gult Sand, fremtrædende i Profil som sammenflydende Pletter med indvævede mørkere, gulbrune Partier, Laget er ikke fast som c. Undergrænsen udgøres atter af en meget uregelmæssig, tynd, mørkebrun Gleistribe.
- e. 44—90 cm. Meget lyst, hvidgult Sand. Laget er spættet af en udflydende horizontalt orienteret Gulfarvning, samt gennemsat af lysere eller mørkere brune, faa mm tykke, korte, uskarpt begrænsede Glestriber og Aarer.
Sandet er fint, stenfrit, Rødder gaar ned i c.

Nr. 6) Pløjet, men ikke tidligere dyrket Areal. Ligger nær ved Nr. 6 a.

- a + b. 0—20 cm. Lyngmor og Blegsand.
- c + d. 20—35 cm. Sort, ret fast, noget stenet Al, der foroven er homogen, forneden blandet med lyst Sand.
- e + f. 35—60 cm. Lysegult, noget mindre fint Sand (end i Nr. 5), hvori der med c. 10 cm Mellemrum findes c. $\frac{1}{2}$ cm tykke horizontale Glestriber i indtil 60 cm Dybde (og muligvis dybere).

Nr. 6 a) Flad Lavning mellem Bakkerne, formodentlig til Tider noget fugtig, Overfladen noget stenet. Vegetationen Lyng med Lichener.

- a. 0—5 cm. Fast Lyngmor.
- b. 5—23 cm. Graat Blegsand.
- c. 23—31 cm. Sort Tørveal, øverst blød, nedad noget haardere, Sandkorn klare, affarvede. Opad gaar Laget jævnt over i b, tynde Lag af Rodfilt findes dels paa Undergrænsen mod d, dels omkring Smaasten.
- d. 31—43 cm. Brun Al, meget fast og haard, Sandkorn og Sten overtrukne, Farvningen er meget skjoldet, og iøvrigt indeholder Laget Pletter af løst, gulbrunt Sand. Grænsen mod c er skarp, nedad gaar Laget jævnt over i
- e. 43—60 cm. Mørkebrunt Sand, noget hærnet, skjoldet og plettet i Farven, danner Overgang mellem d og f.
- f. 60—85 cm, Lysere gulbrunt Sand, løst, skarpt, uden iøjnefaldende Lagdeling.
Rødder indtil 32 cm Dybde.

Nr. 7) Ret stejl Skraaning, sikkert Flyvesand. Stedet er pløjet.

- a. 0—15 cm Graat Sand (Blegsand + Mor?).
- b. 15—25 cm. Graat Blegsand.

- c. 25—35 cm. Sort Tørveal, Sandkorn klare, affarvede.
 - d. 35—43 cm. Brun Al, Sandkorn overtrukne.
 - e. 43—55 cm. Brunt Sand, lidt skarpere og grovere end de overliggende Lag, den øvre Del af Laget er plettet af lysere gult Sand, som tiltager i Mængde nedad og efterhaanden bliver eneraadende.
- Sandet er stenfrit, Rødder indtil 35 cm Dybde.

Nr. 8) Jævn Skraaning, Overfladen stenet, Stedet er pløjet.

- a. 0—17 cm. Graat Sand (Blegsand + Mør).
- b. 17—21 cm. Sort humøs Tørveal, blød, lidt »fed« at føle paa, Sandkorn klare, affarvede.
- c. 21—30 cm. Svagt udviklet Alzone, mørkebrunt Sand, hvis Korn er lidt overtrukne, Laget er kun en lille Smule fastere end c, lidt »fedt«, skørt, spættet af lysere Sand i flere gule Nuancer, hvis Korn er mere normalt farvet.
- d. 30—60 cm. Gulbrunt Sand, uden skarp Grænse mod c, det er kun svagt skjoldet, omtrent ensartet i Farven, med normalt farvede Sandkorn, svagt leret. Nedad gaar det jævnt over
- e. 60—85 cm. Gult, skarpt Sand.

Lag d indeholder en Del uregelmæssig, delvis vertikalt forløbende Gange af sort, humøst Sand, hvis Sandkorn er klare og affarvede, meget mindende om Lag b i Konsistens. Ud prægede Gleidannelser af samme Art som i de foregaaende Gravninger ses derimod ikke. I Profilet fremtræder Sandet uden Sten. Rødder gaar ned til en Dybde af 25 cm.

Nr. 9) Jævnt Terræn, smaastenet paa Overfladen. Stedet pløjet.

- a. 0—13 cm. Graat Sand (Blegsand + Mør).
- b. 13—17 cm. Sort Tørveal, meget humøs, blød og fed, Sandkorn affarvede.
- c. 17—23 cm. Brun Al, ret skør, kun meget løst sammenkittet, Sandkorn og Smaasten med brunt Overtræk. Laget er plettet af lysere Sandpletter af 1—et Par cm Diameter, lige under Lagets Overgrænse er disse Pletter gulbrune, nederst lysere af samme Farve som Lag d. Lagets Undergrænse er bølget, ujævn og uskarp og kan sænke sig helt ned til 30 cm.
- d. 23—60 cm. Brungult Sand, skarpt, skørt, Sten normalt farvede. Laget er noget skjoldet i Farven og indeholder hist og her mørkere humøse (?) Pletter. Nederst paa Undergrænsen optræder stedvis haard, sort Glej.

- e. 60—85 cm. Hvidt Sand, horizontal lagdelt, det indeholder hist og her ca. 2 mm tykke, bølgede, sorte Glestriber.
Rødder gaar ned i (ikke igennem) Lag c.

Nr. 10) Jævn Bakkeoverflade. Stedet pløjet. Overfladen stenet.

- a. 0—18 cm. Forstyrret Overjord (Tørveal + Blegsand + Mor).
b. 18—45 cm. Sortebrun Alzone, skør, plettet af øverst mørkebrune, nederst gule Sandpletter, mer eller mindre sammenflydende.
c. 45—85 cm. Gult Sand, ingen Gleidannelse.

Nr. 10 a) Jævn Bakkeoverflade, lidet stenet. Vegetetation Lyng.

- a. 0—15 cm. Sandet Mor.
b. 15—23 cm. Graat Blegsand.
c. 23—30 cm. Sort, blød Tørveal, Sandkorn affarvede, Grænsen nedad uskarp.
d. 30—40 cm. Diffus Zone af mørk, brunsort Al, uden skarp Begrænsning, Laget er ikke særlig udpræget, løst og skørt, ikke sammenkittet, det er stærkt spættet af lysere brune Sandpletter, hvori Kornene er mere normalt farvede, mens Sandkornene i det mørke Sand, der fremtræder som en flamm, netformet Baggrund for Pletterne, er svagt overtrukne.
e. 40—65 cm. Sand, øverst endnu mørkflammet, men nedad rent gulbrunt. Sandet er lidet stenet, naar undtages en stærk sten Zone i 30—50 cm Dybde; Stenene heri, overvejende Kvartsiter, er stærkt vindblæste. Rødder indtil 35 cm.

Nr. 11) Jævn Bakkeoverflade, noget stenet. Stedet pløjet.

- a. 0—10 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
b. 10—12 cm. Sort, humøst, fedt Sand, Sandkorn klare, affarvede.
c. 12—30 cm. Mørkere brunt Sand, Alzone. Det begynder øverst som brune Sandpletter i det sorte Lag (b), der stadig er tilstede som et Netværk imellem Pletterne, men Sandet tager hurtig Overhaand nedad, det er lidt mere sammenhængende end Lag d, Laget indeholder spredte Smaasten, hvilke — ligesom Sandkornene — kun er svagt overtrukne. I 25—30 cm Dybde findes flere normalt farvede Sten paa indtil Ægstørrelse.
d. 30—85 cm. Lysegult Sand, skarpt, løst, gruset og smaastenet med normalt farvede Korn.
Gleidannelser findes ikke, Rødder til ca. 20 cm Dybde.

Nr. 12) Pløjet, men ikke dyrket, jævn Skraaning.

- a + b. 0—20 cm. Muldagtig Jordbund, saa at sige intet Blegsand.

- c + d. 20—30 cm. Ingen Al, men stenet brungult Sand under det muldagtige Lag.
- e + f. 30—70 cm. Lidt haardere, sammenkittet, lysegult Sand, iblandt enkelte Sten.

Nr. 12 a) Jævn Skraaning. Stedet pløjet. Profilen aabnet ganske nær ved Nr. 12.

- a. 0—19 cm. Sortegraat Sand (Blegsand + Mor), de nederste faa cm er lidt lysere, maaske urørte.
- b. 19—25. Sort humøs Sand ikke fast, men lidt fedagtig sammenhængende, Sandkorn klare og affarvede. Laget indeholder stedvis lysere graa Pletter.
- c. 25—35 cm. Brunsort Alzone, indeholdende mange gule eller graa-gule Sandpletter, tiltagende nedad, hvor de flyder sammen. Laget gaar jævnt over i
- d. 35—75 cm. Lysegult Sand, indeholdende et flammet Netværk af gulbrun Farve, hvori Sandet er mere sammenkittet (stedvis), mens det gule Sand er løst.
- e. 75—90 cm. Lysegult Sand, kun indeholdende enkelte uregelmæssige Jernudskillelser.

Nr. 13) Jævnt bølget Terræn, Overfladen omtrent stenfri. Stedet pløjet.

- a. 0—13 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 13—18 cm. Sort blød Tørveal, Sandkorn klare, affarvede.
- c. 18—40 cm. Diffus Alzone, mørkebrun, Sandkorn svagt overtrukne, Laget er stærkt spættet af lysere gulbrunt Sand med mere normalt farvede Korn. Sandet er ret skørt, ikke sammenkittet og i det hele ikke stærkt udpræget som Al betragtet, det ligner ganske det tilsvarende Lag i Nr. 10 a.
- d. 40—65 cm. Ensfarvet, gulbrunt Sand.
Mens Sandet ellers er stenfit, optræder der imellem 20 og 35 cm Dybde en stærkt stenet Horisont, i hvilken Stenene er stærkt forvitrede og vindblæste.

Nr. 14) Jævnt bølget Terræn, Overfladen lidt stenet. Stedet pløjet.

- a. 0—16 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 16—20 cm. Sort, blød, humøs Tørveal, Sandkorn klare, affarvede.
- c. 20—30 cm. Brunsort Al, fast sammenkittet, Sandkornene overtrukne, Laget indeholder lysere Pletter, som nedad tiltager i Antal.

d. 30—50 cm. Overgangslag, hovedsagelig gulbrunt Sand, indeholdende lysere Pletter samt sortebrune Flammer.

e. 50—80 cm. Gult Sand, nedad bliver det lysere og efterhaanden helt hvidt.

Sandet i Profilet er noget stenet.

Nr. 15) Svagt skraanende Terræn. Vegetation *Calluna* + *Arcostaphylos*. Stedet har vistnok aldrig været pløjet, men det ligger tæt ved Siden af gamle Hulveje, saa der har maaske været nogen Færdsel hen over det. Overfladen stenet.

a. 0—5 cm. Fast Mor.

b. 5—8 cm. Graasort, humøst Sand.

c. 8—13 cm. Sort, meget humøst Sand.

d. 13—26 cm. Sort Sand, humøst, med udflydende, mere graalige Partier, i det hele er Lagene b—d vanskelige at afgrænse, da de er meget udflydende. Af Konsistens er det noget sammenhængende, sejt, Sandkorn og enkelte (indtil nøddestore) Sten er klare, affarvede. Der har fundet uregelmæssig intermitterende Paafygning af Sand Sted fra Hulvejene.

e. 26—46 cm. Brunsort Al, fastere sammenkittet Sand med overtrukne Korn, uden skarp Begrænsning, med lysere Pletter af gulbrunt Sand.

f. 46—85 cm. Gulbrunt Sand. Laget sender uregelmæssige Flammer ned indtil 60 cm Dybde, men dette er dog underordnet, Sandet er ellers mere ensfarvet, løsere end e. Fra 60 cm Dybde og nedefter findes enkelte uregelmæssigt horizontalt forløbende 2—3 mm tykke Striber af haard, mørk Glej, og ogsaa Sandet i Nærheden af disse Striber er stærkere sammenkittet, uden at dog Farven er væsentlig mørkere end hos Omgivelserne. Enkelte Rødder gaar ned til 40 cm Dybde.

Skovsende Plantage.

Almindelig Oversigt.

Forsøgsplantagen ligger paa Hedesletten, paa meget svagt og fladt bølget Terræn, der efter Stenbestrøningen at dømme er noget oprindeligt. Sandflugt har fundet Sted i nogen Udstrækning, og Overfladestenene er vindblæste, men dette har næppe haft større Betydning for Terrænet, kun i det nordvestlige Hjørne af Forsøgsarealet findes noget Flyvesand af Betydning.

Blandt Overfladestenene findes Flint i stor Udstrækning, men denne bliver dog mere iøjnefaldende for en overfladisk Betragtning, end dens Mængde berettiger til, idet den — som altid paa saadant Terræn — er stærkt søndersprængt. Feldspatførende Eruptiver er rigelig tilstede og er kun i ringere Grad forvitrede; der saas 1 Påskallavikporfyr (baltisk).

Arealet har indtil for nylig været lyngklædt.

Sandflugten synes i hvert Fald delvis at være yngre end Podsoleringen.

Jordbundsprofiler.

Nr. 1) Raa Hede Vegetation: Calluna + Lichener.

- a. 0—7 cm. Brunsort Lyngmor.
- b. 7—15 cm. Graat Blegsand, nederst med et svagt rødt Skær.
- c. 15—22 cm. Sort Tørveal, meget humøs, Sandkorn klare, affarvede, er en lille Smule sejt sammenhængende, indeholder en Del Rødder.
- d. 22—29 cm. Rødbrun, sandet Al, ret skør, ikke hærdnet, Sandkorn overtrukne, Grænsen mod c er nok nogenlunde skarp, men ujævnt forløbende, idet c sender tætliggende, forgrenede Tunger 4—5 cm ned i d.
- e. 29—55 cm. Graabrunt Sand, skarpt, stenet (indtil Haandstørrelse), Sandkorn og Sten omtrent normalt farvede, desuden findes Pletter af lysere, graagulligt Sand paa nogle cm Diameter. Laget er gennemsat af et sort Netværk (Glei), naaende op til Lagets Overkant og op i d, men skillende sig tydelig ud fra baade d's og e's røde Farvetone, Sandkornene i disse Gleiarer er stærkt sortfarvede, og Aarerne er fastere sammenhængende end det omgivende Sand uden dog at være egentlig haarde. Laget er iøvrigt stærkt stenet.
- f. 55—70 cm. Samme graabrune Sand som e, men uden Glei.
- g. 70—85 cm. Lysere gulligt Sand, jævn Overgang fra f.
Rødder gaar ned til 40 cm Dybde, særlig i Gleistriberne.

Nr. 2) Terræn som ved Nr. 1.

- a. 0—10 cm. Lyngmor, sort, sej.
- b. 10—18 cm. Graat Blegsand.

- c. 18—24 cm. Sort Tørveal, blød og lidt sej, Sandkorn klare, af-farvede.
- d. 24—30 cm. Brunrød, skør Al, Sandkorn overtrukne.
- e. 30—55 cm. Graagult Sand, Sandet optræder nærmest som sam-menflydende Pletter paa Baggrund af et flammet, mørkt brun-sort Netværk (Glei?), der gaar gennem hele dette og det over-liggende Lag d, Sandkornene i det gulgraa Sand er normalt farvede, i det sorte Netværk derimod overtrukne med en mørk Hinde, ikke røde som i Lag d, det sorte Net er fastere, mere sammenhængende end omgivende Sand, men ikke egent-lig haardt. Lagets Grænse mod d er udflydende, ikke skarp, og nedad gaar det ligesaa jævnt over i
- f. 55—85 cm. Skarpt, graagult Sand.
Rødder gaar ned til 60 cm.

Nr. 3) Stedet pløjet.

- a. 0—22 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 22—27 cm. Sort blød Tørveal, Sandkorn affarvede, klare, paa Undergrænsen er Laget udviklet som smaa knoldede Konkretioner, omgivne af Rodfilt.
- c. 27—35 cm. Rødbrun skør Al, Sandkorn overtrukne.
- d. 35—50 cm. Mørkere, brungraat Sand, Sandkorn normale.
- e. 50—85 cm. Lyst gulgraat Sand.
Lagene c og d er stærkt sorts kjoldede, stærkest foroven, af-tagende jævnt nedad.

Nr. 4) Stedet pløjet.

- a. 0—16 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 16—21 cm. Sort, blød Tørveal, noget sejt sammenhængende paa Grund af et ret stort Indhold af fine Rødder, Sandkorn af-farvede.
- c. 21—27 cm. Rødbrun, skør Al, ikke sej, kun lidet fastere end det underliggende Sand. Lagets Overgrænse er bølget, nedad er det uden skarp Grænse. Sandkorn overtrukne.
- d. 27—80 cm. Gult, løst Sand, Sandkorn normalt farvede, under 80 cm bliver det endnu lysere.
Fra 55 cm og opefter strækker sig et Net af brunsorte Gleis-triber. De begynder nederst som skarpt begrænsede, uregel-mæssigt bugtede, tynde Linier, øverst i d bredere, indtil 2 cm tykke, udflydende, saa det lyse Sand her nærmest optræder som Pletter paa den mørke Baggrund; de gaar helt op i c

men viser atter her Tendens til at koncentrere sig i tynde Linier med horizontalt Forløb, dog er hele Lag c mørkt skjoldet.

Alle Lag er stenede (indtil Haandstørrelse), Rødder indtil 40 cm.

Nr. 5) Stedet pløjet. Dyrket.

- a. 0—15 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 15—20 cm. Sort, blød Tørveal, ret skør, Sandkorn affarvede.
- c. 20—30 cm. Mørkebrun Al, skør, kun lidt fastere sammenhængende end det underliggende Sand, til hvilket der er jævn Overgang.
- d. 30—50 cm. Graabrunt Sand.
- e. 50—90 cm. Gulhvidt Sand.

Lag d er stærkt sortspraglet, hvilket med aftagende Styrke strækker sig gennem d og nogle cm ned i e.

Nr. 6) Stedet pløjet. Dyrket.

- a. 0—20 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 20—25 cm. Sort Tørveal (Overgrænsen er forstyrret), Sandkorn affarvede.
- c. 25—35 cm. Mørkebrun Alzone, løs og skør, meget lidt udpræget, Sandkorn overtrukne.
- d. 35—80 cm. Rødgult, skarpt, løst Sand, Sandkorn mindre stærkt farvede. Indtil 60 cm Dybde er Laget noget, men ikke meget sortpletet.

Nr. 7) Flyvesand. Stedet pløjet. Dyrket.

- a. 0—25 cm. Graasort Sand (ompløjet, blandet med Mor eller Muld).
- b. 25—85 cm. Ensartet graat Sand, horizontalt lagdelt, ingen Podsolering. Sandet har et rødlig-violet Skær, der tyder paa, at det er dannet af afblæst Blegsand.

I Dybden 45—85 saas en stor, sortfarvet, haard Plet i Sandet, aabenbart en Gleidannelse, den var 2—3 cm i Gennemsnit, men udflydende i sin Begrænsning; den indeholder et Par gule, Sandpletter.

Nr. 8) Stedet pløjet. Dyrket.

- a. 0—20 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 20—27 cm. Sort, blød Tørveal, skarpt begrænset, Sandkorn affarvede.

- c. 27—45 cm. Brun Al, haardere, sammenhængende, Sandkorn stærkt overtrukne. Laget er stærkt stenet indtil Haandstørrelse.
Laget er sortspraglet.
- d. 45—80 cm. Lysebrunt, løst, stærkt stenet Sand.

Nr. 9) Stedet pløjet.

- a. 0—20 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 20—29 cm. Sort, blød Tørveal, Sandkorn affarvede.
- c. 26—35 cm. Mørkebrun, mere sammenhængende Al, Sandkornene er overtrukne og sammenkittede, Grænsen opad er skarp. Laget indeholder sorte Flammer og Striber med horizontal Tendens, endnu haardere, strækkende sig ned i det underliggende.
- d. 35—80 cm. Rødgult, løst Sand, svagt mørkskjoldet, stenet med indtil haandstore Sten.

Nr. 10) Stedet pløjet.

- a. 0—25 cm. Graat Sand (Blegsand + Mor).
- b. 25—31 cm. Sort, blød Tørveal, Sandkorn affarvede.
- c. 31—41 cm. Mørkebrun Al, lidt mere sammenhængende, men ikke egentlig hærdenet, Sandkorn overtrukne. Laget er mørkpletet, men særlig paa Undergrænsen.
- d. 41—75 cm. Løsere, graabrunt Sand, stærkt stenet (indtil Haandstørrelse). Laget indeholder dels lysere gule Pletter, dels mørkere Skjolder, omkring 60 cm ligger et 5—8 cm tykt, horizontalt bugtet, haardt Lag Glei.

III. De ved Laboratorieundersøgelse af Jordprøverne anvendte Metoder.

I Efteraaret 1924 udtoges i de før beskrevne Jordbundshuller Prøver af de forskellige Horisonter, i Regelen 4 fra hvert Hul, dog i enkelte Tilfælde (med ganske svag Podsol-dannelse) kun 3. Senere (1926) udtog ogsaa Dr. ØDUM Prøver fra de samme Profiler til lejlighedsvis Kontrol paa de allerede i Hovedsagen undersøgte og saa desuden Prøver fra 3 Jordbundshuller i uberørt Hede fra 5 forskellige Horisonter, som blev anvendte til Bausch-Analyserne, navn-

lig med Henblik paa en mere detailleret Bestemmelse af Humus- og Jernindholdet i disse Horisonter, i Lyngmøren, Blegsandet, den sorte Tørveal, den brune Al og den uforvitrede Undergrund.

Prøverne blev ved Ankomsten til Laboratoriet tørrede i Luften ved at udbredes i tynde Lag paa rent, glat Papir. Herunder smuldrede i Regelen selv de haarde Alklumper, og fandtes der endnu Aggregater af Al, kunde disse let knuses ved et Tryk med Fingeren eller en Gummipistil. Prøverne blev derefter opbevarede til videre Undersøgelse i Pulverglas med sleben Glasprop, og et Sæt af alle Prøver opbevares i mindre Prøveglas fremdeles i Den kgl. Veterinær og Landbohøjskoles plantefysiologiske Laboratorium, hvor hele Analysearbejdet er udført. Hvilke Bestemmelser der udførtes, fremgaar af Tabellerne I—VII (se Bilagene).

Den mekaniske Analyse

udførtes dels ved Sigtning, dels ved Slemning.

Til Sigtning af det lufttørre Materiale anvendtes det Sæt af Sigter, med runde Huller, leverede af R. Muencke, som er beskrevne og afbildede i WAHNSCHAFTE und SCHUCHT: Wissenschaftliche Bodenuntersuchungen. IV. Aufl. (1924) S. 17—18, og herved bestemtes Partiklerne af følgende 3 Størrelsesklasser: 1) over 2 mm, 2) fra 2—1 mm og 3) fra 1—0,5 mm Diameter.

Til Slemningen anvendtes KOPECKY's Apparat med den Fremgangsmaade, som er angivet i WAHNSCHAFTE und SCHUCHT: Bodenuntersuchungen, S. 20 og 48¹. Paa det

¹ Se ogsaa: J. KOPECKY: Ein Beitrag zur Frage der neuen Einteilung der Körnungsprodukte bei den mechanischen Analysen. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. IV. Bd. 1914. S. 199.

Tidspunkt, da disse Bestemmelser blev udførte, var man endnu ikke enedes om en fælles international Metode for mekaniske Analyser¹. Til hver Analyse afvejedes 100 gr lufttørret Jord, som i en stor Porcellænsskaal kogtes med 500 cc destilleret Vand i 15 Minuter. Opslemningen blev derefter omhyggelig skyllet ned i det første Kopecky-Rør, Skaalen skyllet efter med Vand. Der sendtes en langsom Vandstrøm gennem Apparatet, indtil alle Rørene var fyldte. Derefter blev Vandstrømmen ved Hjælp af Stoppeur og Piezometer maalt og justeret. Slemningen foretoges med Vand fra Vandværket. Naar den havde været saa længe, at der ikke mere førtes Partikler fra den ene Beholder til den anden, blev den afbrudt. Indholdet af de tre Rør blev hældt i hver sit Cylinderglas, og Rørene blev omhyggelig skyllede efter. Efter Bundfældningen af Partiklerne blev den ovenstaaende Væske fjernet ved Hjælp af en Hævert, idet der sørgedes for, at ingen af Partiklerne blev reven med. Indholdet af Cylinderglassene blev derefter ved Hjælp af en ringe Mængde Vand skyllet ud i Porcellænsskaale og inddampet til Tørhed. Derefter blev de 3 Fraktioner vejede og den fjerde Fraktion (de fineste Partikler) bestemt ved Subtraktion. Ved denne Metode bestemtes Mængden af Partikler indenfor følgende Størrelsesgrupper (sml. overfor): 4) fra 0,5—0,1 mm, 5) fra 0,1—0,05 mm, 6) fra 0,05—0,01 mm og 7) mindre end 0,01 mm.

Maaling af Brintionkoncentrationen

udførtes ved Hjælp af BILMANN'S Kinhydronelektrode.

Af den lufttørre Jord udtoges c. 10 gr, der overhældtes med 20 cc destilleret Vand. Denne Blanding af Jord og

¹ Se B. A. KEEN: Mechanical Analysis: National and International. Soil Research. Supplement to the Proceedings of The International Society of Soil Science. Vol. I, p. 43. 1928.

Vand omrystedes omhyggelig, og efter 1—2 Timers Forløb maalttes Brintionkoncentrationen i Opslemningen. Der tilsattes derunder en lille Spatelfuld Kinhydron (Præparation efter BILMANN), og der omrystedes, idet Elektrode og KCl-Agarrør neddyppedes i Væsken. Der maalttes med blanke Platinelektroder mod VEIBELS Elektrode og med Kaliumklorid-Agar-Bro. Til Maalingen benyttedes Potentiometer og Spejlgalvanometer.

De kemiske Analyser.

De Jordprøver, der skulde underkastes kemisk Analyse, lufttørredes ved Stuetemperatur, hvorefter de sigtedes paa en Sigte med 2 mm Masker. Grovere Partikler blev knuste i en Agatmorte og derpaa sigtede igen. Eventuelt indblandede Planterester blev skilte fra. Af den saaledes behandlede Jordprøve udtoges mindre Portioner til kemisk Analyse, som altsaa foretoges paa lufttør Substans. Men naturligvis blev der samtidig gjort Tørstofbestemmelser og alle de anførte Analyseresultater er udregnede paa Tørstof.

Hygroskopisk Vand bestemtes ved Tørring til konstant Vægt af 15 gr Jord ved 110°.

»Humus«¹ er bestemt ved »vaad« Forbrænding efter Knops Metode² (med Indskud af et Kvartsrør med CuO og Blykromat til fuldstændig Iltning). 3—10 tør Jord (ved de humusrige Jorde 3 gr, ved de andre 10 gr) afvejes og bragtes over i en 200 cc Kjeldahl-Kolbe, derefter tilsattes 30 cc destilleret Vand og 40 cc koncentreret Svovlsyre. Den herved frigjorte Kulsyre fjernedes ved Gennemledning af Luft. Efter at Kulsyren var fjernet, tilsattes

¹ Ved »Humus« forståes her Kulstof i organiske Forbindelser.

² Se f. Eks. WAHNSCHAFFE-SCHUCHT: Wissenschaftliche Bodenuntersuchungen. IV. Aufl. 1924. pag. 66.

c. 15 gr pulveriseret Kaliumbikromat + 1 Spatelfuld Merkurisulfat til Kolben, og den opvarmedes forsigtig, senere stærkere. Der sugedes da paany Luft gennem Kolben. Denne Luft lededes først gennem en Vaskeflaske med Natriumhydroksyd (for at fjerne Luftens Kulsyre), derefter gennem Kjeldahl-Kolben, hvor den dannede Kulsyre opsamledes, og derefter gennem et U-rør med konc. Svovlsyre og Glasperler. Her passerede den et Kvartsrør, der først indeholdt Kobberilte og længere henne Blykromat, og som opvarmedes til Glødning. Efter at have passeret Kvartsrøret førtes Luften gennem et andet U-rør fyldt med Pimpsten, som var vædet med Kobbersulfat. Endelig passerede den to U-rør med Kalciumklorid og tre U-rør fyldte med Natronkalk til Opsamling af Kulsyren, det sidste af disse Rør var i den ene Gren fyldt med Kalciumklorid. Disse tre U-rør vejedes paa Analysevægt før og efter Luftgennemledningen. Hele Analysen tog c. 3 Timer. »Humus«-indholdet beregnedes da ved Multiplikation af Kulsyremængden med Faktoren 0,471.

De uorganiske Kolloider (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) er bestemte efter den af OLOF TAMM¹ angivne Metode, hvorved det uorganiske Gelkompleks udtrækkes ved en Opløsning af surt Ammoniumoksalat. 6 gr lufttørret Jord udrystede i 1 Time med 200 cc af TAMMS sure Ammoniumoksalat-Opløsning (12. 608 gr Oksalsyre + 24. 840 gr Ammoniumoksalat, begge Mercks »garanteret rene Reagenser«, pr. Liter destilleret Vand). Efter Udrystningen dekanteredes Væsken fra Jorden gennem et Filter, og Jorden vaskedes et Par Gange med destilleret Vand ved Dekantering. Den paa

¹ OLOF TAMM: Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 19. No. 4 p. 385. Stockholm 1922. Se ogsaa: KARL LUNDBLAD: ibidem. Häfte 21. No. 1, p. 1. Stockholm 1924.

Filtret værende ringe Mængde Jord sprøjtedes med Oksalatopløsning tilbage i Udrystningskolben, hvorefter der igen udrystedes 1 Time med 200 cc Oksalatopløsning. Derpaa dekanteredes igen paa samme Filter, hvorefter hele Jordmassen bragtes paa Filter og udvaskedes med destilleret Vand. Den samlede Mængde Filtrat og Vaskevand indampedes i Platinskaal paa Vandbad til Tørhed, hvorpaa Ammoniumsaltene blev afrøgne, og hele Massen glødet, til alt Kulstof var forbrændt. Glødningsresten blandedes med vandfri Soda og smeltedes paa Blæser i c. 20 Minuter. Derpaa opløstes Smeltemassen i Overskud af Saltsyre og behandlede iøvrigt som den sædvanlige Silikatanalyse¹.

I Filtratet fra Kiselsyren fældedes Jern og Aluminium (efter at Overskud af Fosforsyre var tilsat) som Fosfater med Ammoniakvand i Overensstemmelse med GLASER-JONES Metode², som har vist sig at være fordelagtig ved de foreliggende Analyser, hvor Opløsningerne praktisk talt ikke indeholdt Ca^{++} . Summen af AlPO_4 og FePO_4 faaes ved Glødning til konstant Vægt og Vejning af det med Ammoniak fældede Bundfald.

Efter sidste Vejning opløstes de glødede Fosfater i conc. Saltsyre, og Mængden af Fe bestemtes jodometrisk efter MOHR's Metode. Al beregnedes som Differens.

¹ DR. TAMM har senere i et Brev oplyst mig om, at der foreligger en Mulighed, om end ikke nogen Sandsynlighed, for, at der efter Oksalatbehandlingen findes en Rest af kolloidal Kiselsyre, som ikke gaar i Opløsning. Dette har nu hverken han eller jeg faaet Tid til nærmere at undersøge. De fundne Mængder af kolloidal Kiselsyre vil da imidlertid repræsentere Minimumsværdier. Skulde der kunne paavises endnu mere, vil dette derfor kun betegne et yderligere Plus til Hedejordens værdifulde Bestanddele. — Samtidig meddeler Dr. TAMM, at alle hans Analyser er udførte paa i flere Aar lufttørt Materiale, og at denne Lufttørring ikke har nogen Indflydelse paa Analysemetodens Nøjagtighed.

² EUGEN GLASER: Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1889, p. 636. JONES: ibidem. 1893, p. 3.

I enkelte af Analyserne kunde Mangan og Titan paa-vises kvalitativt, men Mængderne var saa smaa, at en kvantitativ Bestemmelse ikke kunde lønne sig. Til Kontrol foretoges nogle Dobbeltanalyser, som her skal anføres:

Duplicate determination of colloids.

Prøve Nr. Sample No.	9		37		38		59		68		79	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
% koll. SiO ₂ . .	0,05	0,04	0,05	0,05	0,16	0,12	0,15	0,13	0,08	0,08	0,27	0,25
% koll. Fe ₂ O ₃ .	0,06	0,07	0,18	0,17	0,62	0,64	0,23	0,20	0,12	0,11	0,20	0,22
% koll. Al ₂ O ₃ .	0,05	0,05	0,10	0,09	0,50	0,51	0,29	0,30	0,16	0,14	0,70	0,66

Disse Overensstemmelser maa formentlig siges at være tilfredsstillende¹.

Total-Kvælstof bestemtes efter KJELDAHLS Metode.

Ammoniak- og Nitratkvælstof bestemtes paa følgende Maade: Til 100 gr Jord sættes 100 cc destill. Vand og en Blanding af $\frac{2}{3}$ CaCO₃ og $\frac{1}{3}$ KAlSO₄, 12 aq i en Kolbe, som tilproppedes og henstilledes 1 Time under jævnlig Omrystning. Derpaa filtreredes, og Jorden paa Filtret udvaskedes med Vand. — I den saaledes fremstillede Jordekstrakt bestemtes NH₃ og HNO₃ efter de af FRODE HANSEN² gennemprøvede Metoder, idet Ammoniakken destilleredes af, efter at Væsken var gjort alkalisk. Derpaa reduceredes med DEWARDAS Legering og destilleredes paany.

¹ Om en Begrænsning af Oxalatmetodens Anvendelighed ved Bestemmelsen af det uorganiske Gelkompleks i Jorder har Dr. TAMM tilskrevet mig følgende: »Man kan ikke anvende Oksalatmetoden paa virkelig lerholdige Jorder. Naar de sædvanlige Silikatmineralier er finfordelte til en Grad af $\frac{1}{2}$ —1 μ , reagerer de med Oksalatopløsningen, hvorved Al, Si m. m. gaar i Opløsning. Dette Forhold burde dog ikke spille nogen Rolle paa Jyllands Sandjorder, medens der allerede i vore normale Morænejorder opstaar en Fejl paa 0,1—0,2 % i Summen af Kolloiderne«.

² FRODE HANSEN: Om Bestemmelse af Nitratkvælstof i Regnvand, Drænvand og Jord. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl. Bd. 32. 1926, p. 69.

— Til Titreringerne anvendtes $n/70$ H_2SO_4 og $n/70$ $NaOH$ samt Metylrødt som Indikator. Da der anvendtes Glaskolber og Glasforlag, foretoges Blindforsøg med rent Vand, hvorefter de fundne Tal korrigeredes.

Bausch-Analyser. Foruden Bestemmelser af »Humus« og hygroskopisk Vand, som sædvanlig indgaar i en Bausch-Analyse, og hvorom der er berettet ovenfor, er der i Jordprøver fra 3 Lokalteter udført 5 fuldstændige Analyser i hver, altsaa ialt 15 Bausch-Analyser, omfattende »kemisk bundet« Vand, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , SO_3 og CO_2 (og i de samme Prøver tilige Bestemmelser af kolloidal Kiselsyre, Jern- og Aluminiumhydroksyd).

»Kemisk bundet« Vand er beregnet som Differensen mellem »Glødetabet« og hygroskopisk bundet Vand + »Humus«.

Til Bestemmelse af SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO og MgO oplukkedes 1 gr af den finpulveriserede Jord ved Smeltning med vandfri Soda. Smeltmassen behandledes med Saltsyre, og Kiselsyre udskiltes paa sædvanlig Maade ved 2 Inddampninger¹, frafiltreredes, udvaskedes og glødedes paa Blæser til konstant Vægt. I det samlede Filtrat fra Kiselsyren fældedes Al, Fe og Ti ved Acetathydrolyse². Det udvaskede Bundfald glødedes til konstant Vægt som $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2$. Efter Vejningen bragtes Glødningsresten i Opløsning ved Smeltning med $KHSO_4$. Derpaa reduceredes med SO_2 , og efter Bortkogning af Overskuddet under Tilledning af CO_2 bestemtes Fe_2O_3 med $KMnO_4$. I den titrerede Opløsning bestemtes Titanet kolorimetrisk

¹ Se W. F. HILLEBRAND: The analysis of silicate and carbonate rocks. U. S. Geol. Survey. Bull. 422. 1910, pag. 91.

² Se W. F. HILLEBRAND: l. c. p. 100.

efter Tilsætning af H_2O_2 , idet der anvendtes et Krüss-Kolorimeter og en Opløsning af Titansulfat med kendt Indhold af TiO_2 som Standard. Al_2O_3 bestemtes da som Differensen mellem den vejede Sum af Oksyderne og de to sidste Resultater.

I Filtratet fra Al-, Fe- og Ti-bundfaldet fældedes Ca paa sædvanlig Maade som Oksalat, frafiltreredes, glødedes og vejedes som CaO.

I Filtratet fra Calciumoksalatet fældedes Magnium som $MgNH_4PO_4$ og vejedes efter Glødning som $Mg_2P_2O_7$.

Mn_3O_4 bestemtes i en særlig forberedt Prøve, idet Kisel-syren bortskaffedes af 1 gr fint pulveriseret Jord som beskrevet af HILLEBRAND¹. Manganet bragtes i Opløsning i Salpetersyre og iltedes ved Hjælp af $(NH_4)_2S_2O_8$ til Permanganat, som derpaa bestemtes kolorimetrisk, idet der som Standard anvendtes en kendt Opløsning af $KMnO_4$.²

Na_2O og K_2O bestemtes efter LAWRENCE SMITH's Metode³, idet først Summen af Alkalikloriderne bestemtes, derefter Kalium som Perklorat og Natrium som Differens. Der foretoges Blindforsøg med de anvendte Reagenser, og Resultaterne heraf fradroges de fundne Resultater.

P_2O_5 fældedes i salpetersurt Udtræk af Jorden som Ammoniumfosformolybdat og vejedes som $24 MoO_3, P_2O_5$, efter MITSCHERLICH'S Metode⁴.

For Svovlsyre prøvedes i salpetersurt Udtræk af Jorden med en Opløsning af $BaCl_2$. $BaSO_4$ fældedes ikke i vejelige Mængder ved nogen af de foreliggende Analyser.

CO_2 bestemtes ved direkte Vejning⁵.

¹ I. c. p. 128.

² Se HILLEBRAND: I. c. p. 117.

³ Se f. Eks. HILLEBRAND: I. c. 171.

⁴ Se WAHNSCHAFFE-SCHUCHT: I. c. pag. 131.

⁵ Se WAHNSCHAFFE-SCHUCHT: I. c. pag. 57.

IV. Analyseresultaterne.

I den som Bilag efter Teksten følgende Opstilling er Resultaterne grupperede i Hovedtabeller (I—IV), der omfatter de oprindeligt planlagte Analyser, og Specialtabeller (V—VII) over mere detaljerede Undersøgelser (Bausch-Analyser) paa enkelte typiske Lokalteter angaaende Spørgsmaal, som rejste sig i Løbet af Undersøgelserne. Af disse Tabeller er der saa senere uddraget og sammenstillet Tal, der ved nærmere Bearbejdning viste sig at kunne belyse visse vigtige Resultater af Undersøgelsen i Almindelighed.

Ud fra dennes ledende Tanke, nemlig Spørgsmaalet om Kolloidernes Fordeling i Horisonterne fra forskellige Profiler, til Belysning af særlig karakteristiske Egenskaber ved de paagældende Jorder, der i overraskende Grad har fundet Bekræftelse og givet et slaaende Udtryk for Podosoleringsgraden gennem de fundne Tal, er Hovedtabellerne spaltede i 3 Grupper for Bakkeølokaliteten (Mangehøje) og 1 for Hedefladelokaliteten (Skovsende). Der kunde i Analyseresultaterne derimod ikke findes Holdepunkter for en Inddeling i de 4 Bonitetsklasser, som den praktiske Bedømmelse af Jordbunden i Mangehøje havde opstillet, men ved denne har det jo ogsaa kun drejet sig om Gradsforskelligheder.

Til foreløbig Karakterisering af de Jordbundstyper, der er opførte i hver sin Hovedtabel, skal her uddrages nogle fælles Træk fra den almindelige Beskrivelse af dem, som er givet foran (i II. Afsnit), sammenholdt med nogle af de mest iøjnefaldende Analyseresultater.

Mangehøje. Bakkeø.

I. Bonitetsklasse. Profilerne Nr. 10, 11 og 12. Tabel I.
Prøverne er vel her tagne fra en typisk Lynghede, men

denne er dog aabenbart en ret ung Dannelse, og den har sandsynligvis indtil for relativ kort Tid siden baaret Skov eller Egekrat, da der findes Relikter af Skovurter (som *Trientalis*) her, og Jordbunden nærmer sig Muld- eller Brunjordstypen. Det er nok en tydelig, men dog kun svagt podsoleret Bund med ringe Blegsandsdannelse og en blød, diffus Al- eller Rødjordszone, uden skarpe Grænser opad eller nedad, idet de farvede Partier ofte kun optræder pletvis eller netformig. Selv om der er nogen Ophobning af nedslemmede »Humus«partikler (Tørveal) i denne Zone, er det dog ikke kommet til den Sammenkitning af Partiklerne ved nedsivede Kolloider, som er karakteristisk for den ægte Al. Grundvandsal (Glestriber) forekommer ikke.

II. Bonitetsklasse. Profilerne Nr. 8 og 9. Tabel II.

Denne viser tydeligere og stærkere Podsolering end foregaaende, men Alen er dog, omend skarpere afgrænset opad og nedad, endnu temmelig blød, navnlig i dens øverste, humøse Parti (af Tørveal), derunder findes en lidt fastere smal Zone i B-Horizonten af lysere, ægte Al (ofte dog med uskarpe Grænser nedad), og der findes herunder en Del uregelmæssige, delvis vertikalt forløbende, Gange af sort, humøst Sand, hvis Korn er klare og affarvede. Hist og her i større Dybder (60—85) findes 2 mm tykke, bølgede, sorte, svage Glestriber.

III. Bonitetsklasse. Profilerne Nr. 13, 14, 2, 4, 5, 6 og 7. Tabel III.

Bunden er her stærkt podsoleret med kraftige Blegsands- og Aldannelser. De sidste forekommer ikke allevegne lige udprægede og sammenhængende, men de er i Reglen skarpt afgrænsede, foroven bestaaende af typisk Tørveal, forneden af brun, tæt sammenkittet, ægte Al, tit med kraftige vertikale Flammer ned i det underliggende Sand og ofte af en

saa haard Konsistens, at Alens Gennembrydning med dybt-gaaende Plov vil være en nødvendig Betingelse for at sikre en god Plantningsbund. I denne Type findes hyppig flere horizontale, op mod 1 cm tykke, faste Gleistriber. Næsten hele det paagældende Omraade af Forsøgsarealet (Afdelingerne 25 og 26) med Undtagelse af det lavere Parti, hvor Profil Nr. 6 er aabnet, har været udsat for Sandflugt, saa der er ophobet et ret tykt Lag af Flyvesand, hvilket ogsaa giver sig til Kende ved de mekaniske Analyser. Men denne Sandflugt ligger aabenbart langt tilbage i Tiden, forud for Podsoleringen, der ogsaa er af gammel Dato.

Denne Bakkeø-Lokalitet minder i det hele taget meget om Hedefladsen, den er en lige saa fattig og vanskelig opdyrkelig Bund som denne, og da den her i Mangehøje findes paa et lavere Terræn end Omgivelserne, er dens Oprindelse formentlig af en lignende Art som Hedefladsen, idet den aabenbart har været udsat for en meget kraftig Udvaskning og tilmed for en stor Del er bleven bedækket med et Lag Flyvesand. Den har da heller næppe nogen-sinde baaret Skovvegetation. —

Intetsteds i Mangehøje-Lokaliteterne er der ved Gravning af Jordbundshullerne naaet ned til Grundvandet. Men de hyppig forekommende Gleidannelser viser hen til, at dette tidligere har staaet højere, i vekslende Dybder.

Skovsønde. Hedeflade.

Profilerne Nr. 1—10. Tabel IV.

Naar Resultaterne herfra sammenstilles i en enkelt Tabel, skal dermed ikke være sagt, at vi her har med en udpræget ensartet Jordbundstype at gøre. Der er endogsaa ret store indbyrdes Forskelligheder fra Plet til Plet, navnlig med Hensyn til Jordbundens fysiske Struktur (Fordelingen

af grovere og finere Partikler i de forskellige Horisonter) og »Humus«indholdet i de forskellige Lag. Men med Hensyn til Podsoleringen, der her anses for det vigtigste Kriterium paa Jordbundstilstanden, og som i alle Hovedtræk falder sammen med den, der beskrevet for III. Bonitetsklasse i Mangehøje, har alle Profiler frembudt saa stor indbyrdes Overensstemmelse, at Lokaliteten dog i det store og hele kan henregnes til én Jordbundstype.

Denne er imidlertid kun én, omend almindelig forekommende, af de Typer, der karakteriserer Hedefladerne, navnlig i Nærheden af Gletscherrandene, hvor Isafsmeltningen har været saa kraftig, at de finere Sandpartikler fortrinsvis er skyllede bort. Den hører saaledes til samme Type som den, P. E. MÜLLER i sit Arbejde over Rødgrænsens Vækstforhold i midtjysk Hedebund beskriver under I. og II. Bonitetsklasse¹, som netop var beliggende i Nærheden af Isranden ved Dollerupkeglen. Men den er forskellig fra en anden, meget udbredt, Hedefladetype, som i MÜLLERS Arbejde beskrives under III. Bonitetsklasse², beliggende i Nordre Feldborg Plantage, og som er ejendommelig ved, at den er næsten helt fri for Indblanding af Sten og langt mere udpræget en Sandslette. Denne sidste Type er bl. a. almindelig paa fugtigere Heder, med høj Grundvandstand, hvor der ved Sandflugt let aflejres tykke Sandlag paa den fugtige Bund. Og den kan selvfølgelig ogsaa være opstaaet paa samme Maade paa Steder, hvor Grundvandstanden tidligere har været højere, end den er nu.

I Tabellerne V—VII er opført Tallene fra nogle fuldstændige kemiske (Bausch-) Analyser fra 5 forskellige

¹ P. E. MÜLLER: I. c. Se Beskrivelsen af Profilerne S. 115—122.

² P. E. MÜLLER: I. c. - - - - S. 122—127.

Dybder i 3 Profiler i raa, uberørt Hede, to fra Mangehøje og en fra Skovsende Plantage, hvortil ogsaa er føjet særlige Bestemmelser af de uorganiske Kolloider i de samme Horisonter. Da Jorden i de Arealer, hvorfra Materialet er taget til de i Hovedtabellerne opførte Bestemmelser, jo havde været bearbejdet, saa »Humus«- og Blegsandslaget var blandede sammen, i nogle Tilfælde »Humus«'en gennem 2—3 Aars Dyrkning med Sæd delvis omsat, og der i Al-Prøverne ikke var skelnet mellem den humøse Tørveal og den ægte Al, skulde de her anførte Analyser bl. a. tjene til nærmere at belyse den kemiske Sammensætning af de oprindelige, vel adskilte Horisonter. Den nærmere Beskrivelse af Profilerne er given tidligere (Mangehøje 6 a og 10 a og Skovsende 1, se S. 29, 31 og 34), og det skal da her kun bemærkes, at Jordbunden i alle 3 Profiler er udpræget podsoleret, men dog med et relativt højt uorganisk Kolloidindhold i den øverste Horizont i Mangehøje 10 a (Tabel V) og med et paafaldende ringe uorganisk Kolloidindhold i de 3 øverste Horisonter i Mangehøje 6 a (Tabel VI), hvilket sidste dog aabenbart hænger sammen med, at disse 3 øvre Horisonter var forholdsvis stærkt stenede; i de 2 underliggende mere stenfri Horisonter i samme Profil er der tilsvarende større Mængder af uorganiske Kolloider.

V. Diskussion af Analyseresultaterne.

Under Behandlingen af et Talmateriale som det her tilvejebragte vækkes der hos En Gang paa Gang Ønsket om at have haft endnu flere Enkelbestemmelser ved Haanden, eller at man f. Eks. havde udført de mekaniske Analyser efter den siden Undersøgelsens Fuldførelse sammenarbejdede internationale Metode, der blev vedtagen indenfor 1ste Kommission af Den første internationale Jordbunds-

forsknings Kongres i Washington i 1927 og nu søges indført som Standardmetode i de forskellige Lande¹. Men Opfyldelsen af saadanne Ønsker vilde have lagt mere Beslag paa Forfatterens Tid end den, der har staaet til Raadighed, og delvis være kommen udenfor Formaalet med Undersøgelsen, der var: om muligt gennem videnskabelige Metoder at finde Holdepunkter for en praktisk Bonitering af dansk Hedejord, som kunde faa Værdi for dem, der leder Hederne Opdyrkning og Beplantning.

Ved Planlæggelsen af de Jordbundsundersøgelser, det ansaas for vigtigt at faa udførte, kom Bestemmelsen af Kolloidernes Fordeling i de forskellige Horisonter i første Række. Men hertil knyttedes naturlig en Række andre Bestemmelser, der maatte antages at kunne belyse Hovedproblemet og i det hele taget give Bidrag til en rationel Klassificering af de paagældende Jorder. Den mekaniske Analyse vilde saaledes f. Eks. kunne give en meget mere detailleret Karakteristik af Jordens fysiske Struktur end den almindelige Profilbeskrivelse. Bestemmelsen af Reaktionen, af hygroskopisk Vand, af organisk Stof (»Humus«) og af Kvælstofforbindelserne vilde være af Betydning for en nærmere Bedømmelse af nogle af de vigtigste af Jordbundens fysiske og kemiske Egenskaber, og disse vilde yderligere belyses gennem de fuldstændige kemiske Analyser (Bausch-Analyserne), som senere blev udført. Men da de enkelte Bestemmelser først faar deres Interesse ved indbyrdes Sammenstilling og gensidig Belysning, har jeg ordnet Resultaterne saaledes i store Hovedtabeller, at de kan overses ikke blot vertikalt (kolonnevis), men ogsaa horizontalt.

¹ B. A. KEEN: Mechanical Analysis: National and International. Soil Research. Supplement to the Proceedings of The International Society of Soil Science. Vol. I, p. 43. 1928.

Imidlertid frembyder de enkelte Tal i Tabellerne jo kun et Raamateriale, der vel i mange Tilfælde taler for sig selv, men som dog ofte først ved nærmere Bearbejdelse giver det rigtige Overblik og en dybere Forstaaelse. Og en saadan Tolkning af nogle af de vigtigste Resultater skal da forsøges i det følgende, hvor de enkelte Grupper af Bestemmelser først behandles hver for sig og siden i deres indbyrdes Sammenhæng.

De mekaniske Analyser. Ved den kritiske Behandling af det foreliggende Analysemateriale føles Savnet af ensartede Metoder for Tilvejebringelsen af saadant meget stærkt, og man maa da varmt slutte sig til Tanken om allevegne at faa indført en international Standardmetode for Udførelsen af mekanisk Analyser, som det saa stærkt er bleven fremhævet af B. A. KEEN¹. Der findes nemlig i Litteraturen kun forholdsvis faa mekaniske Analyser af Jorder fra de dog ret udbredte Omraader af lignende geologisk, klimatisk og plantegeografisk Oprindelse som de her behandlede Hedelokaliteter, indenfor hvilke der tilmed findes ret store Variationer i Jordbundens fysiske Struktur fra Sted til Sted. Og naar dertil saa kommer, at de forskellige Forfattere har anvendt forskellige Metoder og grupperet Jordpartiklerne i Størrelsegrupper, der ikke falder helt sammen, vil en Sammenligning med tidligere fundne Resultater ikke altid have stor Værdi. Det er saaledes en ret forskellig Gruppering, der er anvendt ved mekaniske Analyser af danske Hedejorder, som ved dem, der udførte af C. F. A. TUXEN², A. OPPERMAN og C. V. PRYTZ³, T. WESTERMANN⁴,

¹ I. c.

² C. F. A. TUXEN: Nogle Analyser af jydsk Hedejord. Tidsskr. f. Skovbrug. I. Bd. S. 262. 1876. Nogle kemiske og fysiske Undersøgelser af Jordbunden i Skove og Heder. Tidsskr. f. Skovbrug. VII. Bd. S. 233. 1884.

³ A. OPPERMAN og C. V. PRYTZ: Undersøgelser over Rødgranens Vækst i Danmark. København 1892.

⁴ T. WESTERMANN: Typer af danske Jorder. København 1902.

K. RØRDAM¹ og C. H. BORNEBUSCH², samt i Analyser af tyske Hedejorder af R. ALBERT³ og HASSENKAMP⁴, selv om de dog ogsaa frembyder flere Holdepunkter for Sammenligning.

Man har tidligere lagt megen Vægt paa Indholdet af de finere Partikler i Hedejord, navnlig saadanne, der i Størrelse ligger under 0,1 mm Diameter, som i Almindelighed betegnes, »meget fint Sand«, »Støvsand« eller endog »Ler« (under 0,01 mm), idet man har ment, at Jordbundens vandholdende og absorptive Evne specielt var knyttet til disse Smaadele med deres store samlede Overflade. Der er heller ingen Tvivl om, at et relativt stort Indhold af disse finere Bestanddele er Udtryk for en bedre Bonitet af Hedejord, og praktiske Erfaringer angaaende Træernes Trivsel styrker denne Opfattelse. Saaledes har bl. a. Prof. ALBERT i Eberswalde i en vist ikke offentliggjort Meddelelse, som han fremlagde paa den 1. internationale Jordbundsforskningskongres i Washington 1927, givet følgende Skala for Klitsandets Værdi som Plantningsbund efter dets Indhold af »Finsand« (under 0,2 mm), hvor Grundvandet ligger saa dybt, at det ikke er direkte tilgængeligt for Træernes Rødder, og bortset fra Humusindholdet i de øverste Lag (se næste Side):

Forklaringen herpaa er dog muligvis en anden end den, der sædvanligvis gives: at Kvaliteten beror paa de finere

¹ K. RØRDAM: Se P. E. MÜLLER, K. RØRDAM, JOH. HELMS, E. H. WÖLDIKE; Rødgranens Vækstforhold i midtjydsk Hedebund: Det forstlige Forsøgs-væsen i Danmark. III. Bd. 1910.

² C. H. BORNEBUSCH: En Studierejse til Holland, Belgien og Nordtyskland. Det forstlige Forsøgs-væsen i Danmark. I. Bd. S. 379. 1928.

³ R. ALBERT: Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 42. Jahrg. 1910. Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 44. B. 1912 og 45. Bd. 1913.

⁴ HASSENKAMP: Der Einfluss von Standort und Wirtschaft auf die Rohhumusbildung in der Oberförsterei Erdmannshausen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 60. Bd. 1928.

Proportion between content of "fine sand" (below 0.2 mm) and quality of vegetation (R. Albert).

Finsand Fine sand	Vegetationens Beskaffenhed Quality of vegetation
under 10 % below	Jordbunden næsten vegetationsløs. Soil almost without vegetation.
c. 10 -	Eksistensminimum for Skovfyr af ringeste Vækstbonitet. Minimum of existence for pine of poorest quality.
c. 20 -	Skovfyr af middel Vækstbonitet. Bøgen trives som Under- skov. Pine of medium quality. Beech growing as underwood.
c. 30 -	Bedre Vækstbonitetsklasse for Bøg og Skovfyr. Better growth conditions for beech and pine.
c. 40 -	Bedste Vækstbonitetsklasse for Løv- og Naaletræer. Best growth conditions for deciduous trees and conifers.

Sandkorns vandholdende Evne. Der kan her ogsaa være Tale om Betydningen af en mere dybtgaaende Forvitring og dermed en tilsvarende Frigørelse af uorganiske Kolloider, som vi senere skal komme tilbage til. Thi med Forvitringen følger jo ogsaa en rent mekanisk Sønderdeling, der har det større Indhold af finere Partikler til Følge, og disse omgiver sig da eventuelt med en Hinde af hydrofile Kolloider.

Naturligvis har ogsaa Sandets petrografiske Beskaffenhed stor Interesse. Efter den almindelige Beskrivelse, Dr. ØDUM har givet af de to Forsøgsarealer (Se S. 26 og 33), synes der dog ikke at være nogen større Forskel i Beskaffenheden af de Mineralier, der forefindes paa disse. Og de kemiske Analyser viser ogsaa, at de begge ganske overvejende bestaar af Kvarts (Kiselsyre).

En Sammentælling og Gennemsnitsudregning af Partikelstørrelsernes Fordeling indenfor de af mig undersøgte Lokaliteter, ordnede efter de efter andre Kriterier opstillede Bonitetsklasser, synes ogsaa i nogen Grad at bekræfte

ALBERTS Angivelse. Thi naar mine 7 Størrelsesklasser af Partikler sammenstilles som Gennemsnitstal for hver Bonitetsklasse og omfattende alle Bestemmelser i 4 forskellige Dybder fra hver Profil, faas virkelig en Fordeling af Partikelstørrelser, der viser en interessant Lovmæssighed og falder godt sammen med de andre Kriterier, efter hvilke Bonitetsinddelingen har fundet Sted. Resultaterne er opførte i omstaaende Tabel (S. 56).

Fælles for alle Lokaliteterne er, at Størrelsesgruppen 0,5—0,1 mm dominerer med fra c. 50 til c. 60 %, og dette stemmer ogsaa med de fleste andre Analyser af lignende Hedejordstyper. Men for saa vidt de fineste Bestanddele har Indflydelse paa Hedejordens Bonitet, er det af stor Interesse at betragte de 2 mindste Størrelsesgrupper, der viser en tydelig Aftagen af de finere Bestanddele med en Forringelse i Boniteten.

Naar Tallene fra de to Grupper lægges sammen, kommer dette endnu tydeligere til Orde, idet da

Average content of finest particles (size: 0.05—0.01 and below 0.01 mm).

Mangehøje, Bonitet	I,	giver	14,51	%	af de fineste Partikler
Quality	I,	gives			of the finest particles
— Bonitet	II,	—	11,57	-	af de fineste Partikler
—	III,	—	8,75	-	— — —
Skovsende,	—	—	9,95	-	— — —

Størrelsesgruppen 0,1—0,05 mm viser samme Tendens, men med en paafaldende Afvigelse for III. Bonitetsklasse i Mangehøje. Denne Afvigelse finder imidlertid sin naturlige Forklaring deri, at vi her har med et Flyvesandsareal at gøre, hvor Sand er paaført i alle Profilerne undtagen i Profil 6, hvor det tværtimod er bortført af Vinden (efter Dr. ØDUMS Angivelser, se S. 29). Profil 4 synes dog efter

The average size of particles in the total profile in each of the localities investigated.

Lokalitet Locality	Partikkelernes Størrelse Size of particles							I alt total
	2 mm	2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,01 mm	> 0,01 mm	
Mangehøje. Bakkeø. Hill island.								
I. Bonitet. Profil 10, 11, 12..... Quality. Profile	6,78 %	6,78 %	11,32 %	48,46 %	12,58 %	9,90 %	4,61 %	100,43 %
II. Bonitet. Profil 8, 9.....	5,62 -	4,08 -	9,67 -	59,24 -	9,80 -	7,72 -	3,85 -	99,98 -
III. — — 13, 14, 2, 4, 5, 6, 7... Skovsønde HedeFlade. Heath plain.	1,32 -	1,68 -	4,25 -	59,07 -	24,57 ¹ -	5,85 -	2,90 -	99,64 -
Profil 1—10..... Profile	7,59 -	4,70 -	11,26 -	55,38 -	10,40 -	6,12 -	3,83 -	99,28 -

¹ Her findes i nogle Profiler stærk Indblandning af Flyvesand.

In some of the profiles there is an intermixture of drift sand (dune formation).

den mekaniske Analyse at dømme ogsaa at have været Genstand for Sandaffygning.

Ser vi paa de enkelte Bestemmelser indenfor Størrelsegruppen 0,1—0,05 mm, viser de følgende Procentmængder:

Mangehøje. III. Bonitetsklasse. Partikler af Størrelsen 0,1—0,05 mm.

Mangehøje. III. Quality. Particles of size: 0.1—0.05 mm.

Profil Nr.	2	5	7	13	14	4	6
Lyngmor og Blegsand Raw humus and leached sand	23,2	42,5	17,1	24,9	34,3	15,2	19,7
Alen	16,6	41,1	13,4	31,3	29,9	10,5	10,7
Hardpan. »Ortsteine«							
Laget under Alen . . .	14,7	51,8	12,2	21,9	27,6	9,1	9,9
Layer under hardpan							
Undergrunden	10,0	65,9	20,2	49,2	46,5	9,0	9,7
Subsoil							
Gennemsnitlig . . .	16,12	50,32	15,72	31,33	34,32	10,95	12,50
Average							

Det er da øjensynligt særlig denne og Størrelsegruppen over den, der sedimenterer under Sandflugten, medens de finere Partikler for Størstedelen flyver videre bort, og de grovere kun i ringe Grad kan transporteres med Vinden (se de relativt lave Tal for de 3 første Størrelsegrupper, hvor dog ogsaa Profil 6 i nogen Grad afviger).

Endnu et Forhold, der frembyder Interesse ved Størrelsegruppernes Fordeling, er Alens eller den hertil svarende Rødjords relativt store Indhold af finere Partikler, der aabenbart ophobes ved Nedslemning og af Kolloidhinderne forhindres i at synke ned i de dybere Lag. Sammenstilles det gennemsnitlige Indhold af de 3 fineste Størrelsegrupper i Allagene alene, med hvad der heraf findes som Gennemsnit for alle 4 Lag i de forskellige Profiler, faas:

Average content of finest particles in all 4 layers and in hardpan only.

Størrelsegrupper Size groups	0,1—0,5 mm		0,05—0,01 mm		under 0,01 mm		alle 3 Grupper all 3 groups	
	alle 4 Lag all 4 layers	Allaget Hardpan	alle 4 Lag all 4 layers	Allaget Hardpan	alle 4 Lag all 4 layers	Allaget Hardpan	alle 4 Lag all 4 layers	Allaget Hardpan
Mangehøje. I. Bonitet Quality	12,58	12,50	9,90	13,10	4,61	7,83	27,09	33,43
— II. —	9,80	15,00	7,72	12,85	3,85	6,30	21,37	34,15
— III. —	(24,57)	(21,93)	5,85	7,89	2,90	5,46	(33,32)	(35,68)
Skovsende	10,40	14,00	6,12	10,01	3,83	5,07	20,35	29,08

Naar undtages Afvigelsen i Størrelsegruppen 0,1—0,05 mm for Flyvesandsarealets Vedkommende og de to meget nærstaaende Tal i samme Gruppe for I. Bonitetsklasse i Mangehøje, hvor der intet egentligt Allag findes, træffer vi i denne Sammenstilling samme Tendens som i de foregaaende i Retning af en Forøgelse af Mængden af de finere Partikler i de bedre Bonitetsklasser og ganske særlig i Allagene, hvilket sikkert, som vi senere skal se, ogsaa hænger sammen med disses større Indhold af Kolloider. Betydningen af et stort Indhold af de finere Partikler er derfor ikke blot en Funktion af disses absolute, ringe Størrelse og dermed følgende relativt store Overflade, som man hidtil har antaget, men den maa ogsaa ses under andre Synsvinkler. Dette vil formentlig klart fremgaa ved en nærmere Betragtning over Indholdet af hygroskopisk bundet Vand i Forhold til Partikelstørrelsen og Mængden af Kolloider, som vi senere skal komme tilbage til.

Det vil ses af det foran anførte, at den mekaniske Analyse, i Overensstemmelse med andre Skøn, viser et synkende Indhold af de fineste Partikler i Forhold til Bonitetsklasserne (I—III) i Mange-

høje, at den stiller Jordbunden i Skovsende Hede-flade i Klasse mellem II. og III. Bonitet paa Bakke-øen i Mangelhøje, og at Undergrunden paa alle Lokalteter gennemgaaende viser et ringere, om- end ret varierende, Indhold af de finere Partikler end de overliggende Lag, der har været udsatte for den med Forvitringen forbundne mekaniske Sønderdeling. (Jfr. ogsaa RØRDAMS Analyser i P. E. MÜLLER, RØRDAM etc. l. c. p. 148—153.

Reaktionen (Brintionkoncentrationen, P_H). Et fælles Træk for næsten alle Profilerne saavel i Mangelhøje som i Skovsende Plantage er, at Reaktionen i det øverste Lag (Lyngmor + Blegsand) i de fleste Tilfælde (i 16 af 22 Profiler) ligger ved P_H -Værdier mellem 4,0 og 4,5. 1 Profil (Mangelhøje) har 4,7, 2 Profiler (Skovsende) 4,8, 1 Profil (Mangelhøje) 5,0 og 2 Profiler (Mangelhøje) 6,2. I Reglen stiger saa P_H -Værdien jævnt med Dybden, saaledes at den i 18 af 22 Profiler i Undergrunden (60—80 cm Dybde) ligger mellem 5,0 og 5,5, i 1 Tilfælde (Skovsende) ved 5,6, i 1 (Mangelhøje) ved 6,0 og i 2 Tilfælde (Mangelhøje og Skovsende) ved 4,8.

Dette viser altsaa en forbavsende Ensartethed, og denne vilde ogsaa stemme godt med de hidtidige Erfaringer og ikke overraske, hvis det havde drejet sig om raa, ubearbejdet og ukalket Hede. Men det mærkværdige er, at hele Arealet i Mangelhøje var kalket med 9 000 kg kulsur Kalk pr. ha i Aarene 1918—21 (nemlig Afd. 25 i 1920, Afd. 26 i 1918 og 1919, Afd. 28 i 1920 og Afd. 30 i 1921), og i Skovsende Plantage har Afd. 1 i 1922 faaet 40 000 kg Klaaby-Mergel med et Kalkindhold af c. 45 %, altsaa c. 17 300 kg kulsur Kalk pr. ha, medens Afd. 2 ved Jordprøvernes Udtagning endnu var ukalket. Yderligere havde Afd. 25 og 26 i Mangel-

høje samt Afd. 1 i Skovsende været dyrkede med Kornsorter (Rug og Havre) i 2 Aar, før Prøverne blev udtagne, saa de øverste Jordlag ved Pløjning og Harvning er blevne godt blandede med Kalken.

Imidlertid stemmer disse Resultater dog med andre lignende Bestemmelser, foretagne paa kalket Hede- eller Skovjord, hvoraf jeg fra mine Protokoller her skal fremdrage følgende:

I Plantagen »Dalgas«, beliggende mellem Viborg og Skive paa en meget mager Hede af Fladekarakter, anlagdes i 1923 et Plantningsforsøg med Rødgran og Skovfyr paa et Areal af c. 7 ha, der blev inddelt i 28 Parceller med forskellig Behandling, saaledes at Halvdelen af Arealet blev reolpløjet, Halvdelen undergrundspløjet, og kun to Parceller forblev uden Dybdebehandling, idet Planterne her anbragtes i gravede Huller. 24 Parceller blev kalkede med henholdsvis 3 000, 6 000 og 9 000 kg kulsur Kalk eller 1 680, 3 360 og 5 040 kg brændt Kalk (samme CaO-Mængder) pr. ha, saaledes at der blev 4 Parallelparceller med samme Kalkmængder, 2 paa henholdsvis reolpløjet og undergrundspløjet Areal. Kalkningen blev udført i Decbr. 1922, og i Okt. 1924 blev der udtaget Jordprøver¹ til Reaktionsbestemmelser, der gav følgende Resultater (se Tabellen S. 61):

Det er da her forbavsende ringe Forskydninger i Reaktionen, som har fundet Sted i Løbet af 2 Aar, selv hvor der er anvendt den stærkt alkalisk reagerende brændte Kalk, der ved Udspreddningen læskedes til Pulverform og saaledes straks paaførtes Jorden som Kalkhydrat. Ikke desto mindre kom der straks efter Kalkningen en livlig Nitrifikation i

¹ Disse var Gennemsnitsprøver af c. 10 enkelte Prøver, udtagne paa et Omraade af c. 50 m² i en Dybde af 0—15 cm og omhyggelig blandede paa et Voksdug. Her blev altsaa udtaget 2 saadanne Jordprøver i hver af de kalkede Parceller.

Reaction of limed heath soil. "Dalgas" Plantation.

Reolpløjet Areal Trenched area	P_H	Undergrundspløjet Areal Subsoiled area	P_H
3000 kg $CaCO_3$ pr. ha	4,9 4,9	3000 kg $CaCO_3$ pr. ha	4,9 4,8
6000 - — —	4,5 4,8	6000 - — —	5,9 5,8
9000 - — —	5,4 4,9	9000 - — —	5,8 5,9
1680 - CaO —	4,9 4,8	1680 - CaO —	4,8 4,5
3360 - — —	4,8 4,6	3360 - — —	5,0 5,3
5040 - — —	5,3 4,8	5040 - — —	5,5 4,8
0 - Ca —	4,4	0 - Ca —	4,0
ubearbejdet, ukalket untreated, unlimed	4,2 4,7		

Gang i det reolpløjede Areal, hvilket ikke blot gav sig til Kende ved kraftig Flora af Nitratplanten *Chamaenerium angustifolium*, men ogsaa ved direkte Nitratreaktioner i de undersøgte Jordprøver.

I Eriksholm Skov ved Holbæk blev der i Foraaret 1922 anlagt et Bøgeforøngelsesforsøg paa en ret ondartet Bøgemorbund. Arealet inddeltes i 13 rektangulære Parceller, hver paa 350 m², med Værnebælter paa 1,5 m. I to af Parcellerne ligesom i Værnebælterne blev der ikke udstrøet Kalk, men til de andre blev der givet pulveriseret kulsur Kalk (Fakse-Koralkalk) i nedenanførte Mængder. Alle Parceller blev bearbejdede med Knivharve nogle Gange, umiddelbart før Kalkningen og Udsæden af Bøgeolden. Kalk og Olden blev derefter nedharvede. Fra hver af Parcellerne udtoges to Jordbundsprøver (som ovenfor) i Slutningen af Oktober 1924, altsaa efter 3 Somres Virkning af Kalken. I Jordprøverne fandtes da følgende P_H -Værdier (se S. 62):

Her ses samme mærkværdig ringe Udslag paa Reaktionen, skønt Jordbunden i de passende kalkede Parceller havde faaet udpræget Muldkarakter, med Muldflora (Hindbær og Nælder m. fl.), medens Moren den i de ukalkede

Reaction of limed beech forest soil. Eriksholm.

Kalk, kg pr. ha Lime	0	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4500	6000	8000	10000	
P _H {	I	4,2	4,3	4,8	4,4	4,2	4,6	6,6	5,5	4,3	4,8	5,2	4,8	4,9
	II	4,2	4,8	4,0	6,1	4,3	5,5	4,1	5,1	4,4	4,3	5,4	5,3	6,3

Parceller og i Værnebælterne var haard og uomsat, med udprægede Morplanter som *Aira (Deschampsia) flexuosa*, *Majanthemum bifolium*, Mosser o. a.

Endvidere skal her anføres Reaktionsbestemmelser fra et lignende Bøgeforyngelserforsøg, anlagt paa kraftig og ond-artet Bøgemor i Frederiksborg Store Dyrehave, hvor der efter lignende Bearbejdning som paa Eriksholm i Okt. 1921 blev udstrøet fint pulveriseret kulsur Kalk (Fakse-Koralkalk) i forskellige Mængder. Umiddelbart efter faldt en stærk Regn, hvorved Kalken er sivet ned i den bearbejdede Bund, og næste Foraar efter Udsaaning af Olden er den ved en Harvning yderligere blandet med Jorden. Ogsaa her indtraadte hurtig efter en saadan Forandring i Urtevegetationen, at Kalkens Virkninger var tydelige, og den 16. Juni 1928 blev der udtaget Jordprøver fra hver af de 12 Parceller samt fra 3 Steder udenfor Forsøgsarealet, hvor Moren endnu var uforandret, uden Spor af Opvækst eller anden Vegetation end noget Mos og enkelte Tuer af *Aira flexuosa*.

Resultatet af P_H-Maalingerne var da følgende:

Reaction of beech forest soil. Frederiksborg Deer park.

Kalk, kg pr. ha Lime	0	0	500	1000	2000	2500	3000	3500	4000	4500	6000	8000	
P _H {	efter 6 Timers Udtræk	4,7	4,0	4,3	4,6	4,3	4,6	4,6	4,6	5,7	5,8	6,1	5,5
	efter 24 Timers Udtræk	4,6	4,1	4,4	4,6	4,3	4,4	4,7	4,5	5,7	5,7	5,9	5,5

I 2 Prøver udenfor Forsøgsarealet fandtes P_H henholdsvis 1) paa raa ubearbejdet Morbund 4,5 og 4,5 og 2) i Værnehælte mellem Forsøgsparcellerne (bearbejdet, men ukalket) 4,2 og 4,1.

Vi ser da heller ikke her nogen væsentlig Forskydning i Reaktionen selv efter $7\frac{1}{2}$ Aars Indvirkning af Kalken, før vi kommer op paa Kalkmængden paa 4 000 kg pr. ha og derover. Og ingen af Forsøgsparcellerne har endnu naaet Neutralpunktet, hvor der toges Gennemsnitsprøver, som her er sket. Dette udelukker dog ikke, at fuldstændig Neutralisation kan være sket pletvis, bl. a. i stærkt formuldet Mor. Men ved Siden af en neutral Plet eller under denne kan der endnu herske en udpræget sur Reaktion.

Endelig kunde anføres en stor Mængde Reaktionsmaalinger fra Prøveflader i Rødgranplantager, hvor jeg ved Hjælp af Kalkning (undertiden ogsaa ved Tilsætning af Raafosfat) har søgt at bringe Formuldingen i Gang i den paa Overfladen ophobede tætte og »døde« Granmor, og hvor Formuldingen ogsaa virkelig ofte har taget kraftig fat, og Regnorme har indfundet sig i stort Antal, uden at der er sket en tilsvarende Forskydning i Reaktionen henimod Neutralpunktet. Men jeg skal her indskrænke mig til at nævne et enkelt af disse Forsøg, nemlig i Guldborgland-Plantage, anlagt paa Hede c. 10 km sydvest for Viborg. I en Række Prøveflader her gaves der forskellige Mængder af kulsur Kalk i Efteraaret 1922 og saaledes, at i 2 parallele Prøveflader gaves samme Kalkmængde, i den ene udstrøet paa Overfladen, i den anden nedhakket i Granmoren. 2 Aar efter, i Okt. 1924, fandtes følgende P_H -Værdier (se S. 64):

Her har altaa slet ingen Virkning været at notere, forøvrigt heller intet Tegn paa begyndende Formulding (som i flere andre tilsvarende Forsøg) og heller ingen For-

Reaction of spruce plantation soil. Guldborgland Plantation.

Kalk, kg pr. ha Lime	0		2000		3000		4000		6000		8000		10000	
	ube- handlet untreated	ned- hakket grubbed down	overfl. super- ficial nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down	overfl. superf. nedh. gr. down
Kalkens Udbringelse Spreading of lime														
P_H {	3,8	3,8	4,4	3,7	4,1	4,1	3,8	4,0	4,1	4,0	3,9	4,1	4,1	4,1
{	3,8	4,0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

andringer i Vegetationen (Mosdækket), skønt der straks skete en rig Invasion af Regnorme, som ellers ikke findes paa den Slags Bund.

Ved Undersøgelser over Agerjordens saakaldte »Kalktrang« er der udført en Mængde Bestemmelser af, hvor store Kalkmængder der skal til for at bringe Reaktionen op fra én P_H -Værdi til en anden (som oftest op til Neutralpunktet), og selv om det her har vist sig, at der skal anvendes højst forskellige Kalkmængder til Forskydning af P_H -Værdien indenfor samme Interval, hvor det drejer sig om henholdsvis Ler- og Sandjord, og for hver af disses Vedkommende igen forskellige Mængder, alt efter den tilstedeværende »Mineralsurhed«, saa kan det dog i Regelen med nogenlunde Nøjagtighed lykkes at beregne de nødvendige Kalkmængder, bl. a. ved i Laboratoriet at udføre en Titring af en Jordopslemning med en Base (NaOH el. $Ca(OH)_2$) og en Syre (HCl) og udarbejde den herved fundne Titreringskurve, der bl. a. giver Udtryk for Jordens Stødpudeindhold. Og S. TOVBORG JENSEN¹ har ved at sammenligne den Kalkmængde, der i Laboratoriet skal til sættes en Jord for at naa til et bestemt Reaktionstal (f. Eks.

¹ S. TOVBORG JENSEN: Undersøgelser over Kalciumkarbonatets reaktionsændrende Virkning i Jorden. Tidsskr. f. Landbrugets Planteavl. 31. Bd. 1925.

pH = 7), med den Mængde, der har været tilført Jorden i et Markforsøg for at naa samme Reaktionsstal, fundet, at den sidste Mængde er ca. 3 Gange saa stor som den første.

Dette gælder imidlertid kun overvejende mineralske Jorder, og mærkeligt nok er Variationen i de Kalkmængder, der indenfor begrænsede Reaktionsomraader udkræves til Neutralisation af Jorden, størst for Sandjorders Vedkommende, og disse Jorder synes gennemgaaende tillige at forbruge større Kalkmængder til Neutralisation end Lerjorderne.

Som Eksempel paa, hvor stor Variation det drejer sig om, kan nævnes, at to Sandjorder, der begge var betegnede »let Sandmuld«, og hvoraf den ene havde Reaktionsstallet 5,64, den anden 5,58, krævede henholdsvis 4 200 kg og 24 600 kg kulsur Kalk for at komme op til Neutralpunktet.

Og endnu ringere Udslag gav, i TOVBORG JENSENS Undersøgelser, Tilsætningen af Kalk til, hvad der i hans Jordprøver kaldes »sandblandet Humusjord« eller »humusblandet Sandjord«, altsaa Jorder af en lignende Beskaffenhed som Jorderne fra de her undersøgte Forsøgsarealer i Mangelhøje og Skovsende. De Kalkmængder, der ved Tilsætning til Sandjorder med et Reaktionsstal paa c. 5,5—6,0 i Almindelighed kunde bringe Reaktionsstallet op paa c. 7,5—8,0, havde i 3 humusholdige Jordprøver blot forskudt Reaktionen henholdsvis fra 5,40 til 6,24, fra 4,80 til 5,89 og fra 3,90 til 4,83. Hvor store Kalkmængder der da skulde anvendes til fuldstændig Neutralisation, er slet ikke udregnet. Men dette synes at maatte blive meget store Mængder og endnu betydelig større end de, der er anvendte i Forsøgsarealerne i Mangelhøje og Skovsende.

Det viser sig ofte ved Reaktionsbestemmelser i kalket, humusholdig Jord, at en Opslemning, hvori der endnu findes uopløste Kalkkorn, ved den elektrometriske Maaling dog

stadig viser udpræget sur Reaktion. Selv om der altsaa tilsyneladende er Overskud af Kalk tilstede, kan Jorden reagere surt. Og dette maa formentlig forklares dels ved Kalciumkarbonatets tunge Opløselighed, dels ved at den dannede humussure Kalk hurtig nedbrydes til Kulsyre med forskellige organiske Syrer som Mellemed, og der bliver da heller intet fast Forhold mellem Humusprocenten og Surhedsgraden eller den Mængde Kalk, der kræves til fuldstændig Neutralisation. Under Nedbrydningen (Formuldringen) frigøres imidlertid Kvælstofforbindelser og andre mineralske Plantenæringsstoffer af Humusstofferne, og Jordbunden afgiver da, længe før den bliver neutral, et langt bedre Substrat for Plantevækst end før Tilsætningen af Kalk¹.

Set i Belysning af de her anførte Data vil den ringe Reaktionsforskydning i de ukalkede Dele af Forsøgsarealerne næppe mere vække Forundring. Et andet Spørgsmaal er, om man ved Kalkning paa Hedebund og i det hele paa humusholdig Jord overhovedet bør tilstræbe en fuldstændig Neutralisation ved Tilførsel af Kalk. Erfaringerne fra Mosekulturforsøg og Kalkninger af Bøgemorbund² ved Foryngelse af Bøg viser hen til, at man hæmmer Plantevæksten ved Anvendelsen af større Kalkmængder, selv om disse ligger langt under, hvad der vilde fordres til fuldstændig Neutralisation af Jorden. Men dette Spørgsmaal skal dog ikke drøftes her.

Hygroskopisk bundet Vand. Bestemmelserne heraf, sammenholdt dels med de mekaniske Analyser, dels med Mæng-

¹ Se ogsaa: E. MANSARD: Orientierende Untersuchungen zur Lösungs- bzw. Wirkungsgeschwindigkeit verschiedener Düngekalkformen. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung. VII. Bd. A. p. 31—53. 1926.

² FR. WEIS: Forsøg over forskellige Kalkmængders Indflydelse paa Bøgens Udvikling paa Morbund. Det forstlige Forsøgsvesen i Danmark. III. Bd. 1913. Se ogsaa Beretninger fra Mosekulturforsøgsstationerne i Bremen og Bayern.

derne af kolloidale Stoffer (»Humus« og uorganiske Kolloider), frembyder en ganske særlig Interesse.

Det har vel nok hidtil været en almindelig udbredt Antagelse, at en Sandjords Evne til at fastholde Vand staar i nøje Forhold til dens Findelingsgrad og dens Indhold af organiske Bestanddele, der paa Grund af deres Micellarstruktur eller Kolloidnatur virker som de fineste uorganiske Partikler (Ler). Denne Opfattelse finder imidlertid ingen ubetinget Bekræftelse ved de her foretagne Undersøgelser, for saa vidt man kan benytte Mængden af hygroskopisk bundet Vand (d. e. hvad der ikke bortgaar ved almindelig Lufttørring, men først ved Temperaturer lidt over 100) som Udtryk herfor.

Som det vil ses af Tabellerne I—IV, er der betydelige Variationer i de enkelte Jordprøvers Indhold af de fineste Partikler (under 0,05 mm), uden at dette giver tilsvarende Udslag i deres Indhold af hygroskopisk Vand, selv om det som Helhed viste sig, at de bedre Boniteter ogsaa gennemsnitlig var rigest paa de fineste Bestanddele. Saaledes viser Blegsandet, skønt det altid er relativ finkornet og ogsaa indeholder en Del »Humus«partikler¹, kun et yderst ringe Indhold af hygroskopisk Vand (se Tabellerne V—VII), men Variationerne i dette sidstes Mængde er saa aabenbart særlig knyttede til andre Bestanddele, nemlig til »Humus«stofferne og først og fremmest til disse og visse uorganiske Forbindelser i kolloidal Tilstandsform.

»Humus«stofferne forekommer jo dels som faste Partikler, dels som hydrofile Kolloider, der lejrer sig i Gelform omkring Jordens finere organiske eller uorganiske, faste

¹ Naar der her og i det følgende tales om »Humus«, menes i Almindelighed »organisk Stof«. Se nærmere i det følgende Afsnit om »Humus«.

Partikler. De første har en betydelig Hygroskopicitet i Kraft af deres Micellarstruktur, men de sidste aabenbart en endnu langt større. Her er nu ikke direkte bestemt, hvor meget af »Humus«en der optræder i den ene, og hvor meget i den anden Tilstandsform. Det kan imidlertid, bl. a. ved mikroskopisk Undersøgelse, let paavises, at den faste »Humus« fortrinsvis findes i Lyngskjolden og som nedslemmede Smaapartikler dels i Blegsandet, dels i det øverste Lag af Alen, den sorte, saakaldte »Tørveal«; men i dette sidste Lag findes der tillige en stor Mængde baade af kolloidalt Humus og af uorganiske Kolloider, medens den dybere liggende, brune Del af den egentlige Al (dog ikke Grundvandsalen, Gleien) sædvanlig kun indeholder Humus i kolloidal Tilstandsform (ved Siden af relativt større Mængder af uorganiske Kolloider). Under Alen, og i Særdeleshed i den uforvitrede Undergrund, findes derimod kun yderst smaa Mængder af »Humus« og da ganske overvejende i kolloidal Form, med mindre den optræder i Form af faste Rodrester, Mycelier o. l.

Denne sædvanlige Fordeling i podsolerede Jorder af »Humus«stofferne i henholdsvis fast Form eller som kolloidale Geler giver os Holdepunkter for Bedømmelsen af de to »Humus«arters respektive Hygroskopicitet.

En nærmere Bearbejdning af Tallene for hygroskopisk Vand, sammenholdt dels med de ved den mekaniske Analyse bestemte to fineste Partikelstørrelser, dels med Indholdet af »Humus« og af uorganiske Kolloider, har givet ganske interessante Resultater.

Hvis der udregnes Gennemsnit for alle de paagældende Bestemmelser i Tabellerne I—IV, saaledes at alle Horisonter tages under ét, faaes følgende Værdier (se Tabellen S. 69):

Det viser sig da straks her, at der ikke findes noget ligefremt Forhold mellem Indholdet af de fineste

Average calculations of all horizons showing content of :

Jordbundstyper Types of soil	Partikler under 0,05 mm Particles below 0.05 mm	Hygrosk. Vand Hygro- scopic H ₂ O	»Humus« + uorg. Kolloider Inorganic colloids	Kolloider ¹	
				Vand Colloids Water	Vand Kolloider ¹ Water Colloids
Mangehøje. I. Bonitet Quality	14,51 %	1,15 %	4,11 %	3,56	0,280
— II. Bonitet	11,57 -	1,43 -	4,63 -	3,28	0,309
— III. —	8,75 -	1,52 -	5,13 -	3,38	0,296
Skovsende	9,95 -	1,39 -	5,34 -	3,84	0,260

¹ Ved »Kolloider« forstaaes her som i de to følgende Tabeller al »Humus« + uorganiske Kolloider. De to sidste Kolonner er jo blot to forskellige Udtryk for det samme.

Partikler og af hygroskopisk bundet Vand, men i Stedet lige det omvendte Forhold¹. Derimod synes der at være en næsten konstant Faktor for Forholdet mellem hygroskopisk Vand og »Humus« + uorganiske Kolloider, men disses Mængde staar ogsaa snarest i omvendt Forhold til Bonitetsklasserne. (Som vi senere skal se, er det her ikke blot de absolute Mængder af Kollojder, det kommer an paa ved Boniteringen, men Fordelingen af dem i de forskellige Horionter). Men denne tilsyneladende saa konstante Faktor er ogsaa kun et tilfældigt Resultat af en Gennemsnitsberegning.

En finere Analyse af de enkelte Tal giver et ganske andet, men yderst interessant Billede. Hertil er nu kun valgt Tallene for de to mest udpræget podsolerede Lokalteter, Mangehøje III. Bonitet og Skovsende, tagne under ét. Men der er udregnet Gennemsnitstal for hver Horizont for sig, hvor det dog maa erindres, at Lyngskjold og Blegsand

¹ Kolloiderne følger nemlig ikke fuldstændig med de fineste Partikler (under 0,01 mm) ved Slemningen, da de jo ogsaa er udfældede som Gelhinder uden om alle de andre grovere, faste Partikler, og disse Hinder ikke opløses af Slemmevand.

paa Grund af den foretagne mekaniske Bearbejdning var blandede i de udtagne Jordprøver, og at det, der er opført som Al, omfatter saavel den sorte Tørveal (med mange nedslæmmede faste Humuspartikler) som den brune Al. (I en senere anført Tabel, udregnet af Bausch-Analyserne (Tabel V—VII), er de forskellige oprindelige Horisonter holdte ude fra hinanden). Men »Humus« og uorganiske Kolloider bliver her opførte i hver sin Kolonne og deres Sum desuden i en særskilt, betegnet ved »Sum af Kolloider«, skønt en Del af »Humus«en jo forekommer i fast Form.

Mangehøje. III. Bonitet (Quality) + Skovsende¹.

Horizont Horizon	Partikler under 0,05 mm Particles below 0—0.5 mm	Hygrosk. Vand Hygr. water	»Humus«	Uorgan. Kolloider Inorg. colloids	Sum af Kolloider Total of colloids	Kolloider Vand Colloids water	Vand Kolloider Water colloids
Lyngskjold + Blegsand .. Raw humus + leached sand	12,05 %	0,83 %	4,80 %	0,22 %	5,02 %	6,37	0,165
Allagene	14,68 -	4,30 -	10,61 -	3,05 -	13,65 -	3,19	0,315
Hardpan. »Ortstein«							
Laget under Alen	6,96 -	0,81 -	1,06 -	0,87 -	1,93 -	2,44	0,420
Layer under hardpan							
Undergrunden	7,05 -	0,44 -	0,31 -	0,48 -	0,79 -	2,26	0,557
Subsoil							

Her viser det sig da igen, at Indholdet af de finere Partikler kun har en yderst ringe Indflydelse paa Mængden af hygroskopisk Vand (jfr. navnlig de to øverste Horisonter), men at det er »Humus«- og Kolloidindholdet, der har

¹ Ved Udregningen af de her opførte Tal er der i den øverste Horisonter udskudt 3 af Profilerne, i Allagene 1, i Laget under Alen 2 og i Undergrunden 1, da disse Bestemmelser var saa stærkt afvigende fra alle de andre, der næsten faldt sammen, at Afvigelsen maa skyldes en særlig, ubekendt Faktor eller en fejl Bestemmelse.

den alt overvejende Indflydelse paa dette Forhold. Men tillige er der en udpræget forskellig Hygroskopicitet i de forskellige Horisonter, saaledes at Allagenes kan udtrykkes ved en Faktor, der er omtrent dobbelt saa stor som den, der gælder for Lyngskjoldens + Blegsandets Hygroskopicitet, og at Hygroskopicitetsfaktoren stiger yderligere med Dybden. Aarsagen hertil kan da tydeligvis kun være den, at »Humus«en i de dybere Lag næsten udelukkende er tilstede i kolloidal Tilstand, og at de uorganiske Kolloider ogsaa her kommer til at gøre sig relativ stærkt gældende, medens »Humus«en i Lyngskjold og Blegsand samt i den øverste Del af Allagene for Størstedelen eller dog i betydelige Mængder er tilstede som faste, nedslemmede »Humus«partikler.

Denne Anskuelse finder nu yderligere Bekræftelse ved at sammenstille de paagældende Tal fra Bausch-Analyserne (Tabellerne V—VII), hvori der ganske vist mangler mekaniske Analyser, men der til Gengæld er skelnet skarpt mellem de forskellige Horisonter (A_1 , A_2 , A_3 , B_1 og C, se Tabellen S. 72).

Disse Tal viser bl. a., at Raahumusen (Lyngmoren), her særlig i Skovsende Profilen, kan have en forbausende ringe Hygroskopicitet, hvilket sikkert hænger sammen med, at en tilsvarende kun ringe Del af den er tilstede i kolloidal Tilstand. Og naar Tørvealen, tiltrods for sit relativ store Indhold af uorganiske Kolloider i Mangehøje 10 a- og i Skovsende-Profilerne, dog har en forholdsvis betydelig ringere Hygroskopicitet end den brune Al, hidrører dette sikkert ogsaa fra, at den førstes »Humus«indhold udgøres for saa stor en Del af faste Partikler, medens den sidstes altsammen bestaar af

Proportion between hygroscopic water and content of "humus" + inorganic colloids.

Horizont Horizon	Mangehøje, 6 a	H ₂ O	»Humus«	Uorg. Kolloider Inorgan. colloids	»Humus« + uorg. Koll.	Kolloider		
						H ₂ O	Kolloider	
A ₁	Raahumus Raw humus	2,70 ‰	16,72 ‰	0,38 ‰	17,30 ‰	6,41	0,156	
A ₂	Blegsand Leached sand	0,34 -	0,99 -	0,07 -	1,06 -	3,12	0,321	
A ₃	Tørveal Peat hardpan	1,50 -	5,27 -	0,26 -	5,53 -	3,69	0,271	
B ₁	Brun Al Brown hardpan	0,72 -	1,22 -	0,72 -	1,94 -	2,68	0,371	
C	Undergrund Subsoil	0,30 -	0,19 -	0,52 -	0,71 -	2,37	0,423	
	Mangehøje, 10 a							
A ₁	Raahumus Raw humus	3,76 -	23,55 -	1,16 -	24,71 -	6,57	0,152	
A ₂	Blegsand Leached sand	0,27 -	0,55 -	0,15 -	0,70 -	2,59	0,386	
A ₃	Tørveal Peat hardpan	2,86 -	10,71 -	2,41 -	13,12 -	4,59	0,218	
B ₁	Brun Al Brown hardpan	1,42 -	2,85 -	0,96 -	3,81 -	2,61	0,373	
C	Undergrund Subsoil	0,99 -	0,62 -	0,41 -	1,03 -	1,04	0,952	
	Skovsende							
A ₁	Raahumus Raw humus	1,47 -	18,16 -	0,19 -	18,35 -	12,48	0,081	
A ₂	Blegsand Leached sand	0,36 -	1,72 -	0,08 -	1,80 -	5,00	0,200	
A ₃	Tørveal Peat hardpan	5,82 -	17,50 -	4,70 -	22,20 -	4,02	0,249	
B ₁	Brun Al Brown hardpan	0,80 -	1,58 -	0,63 -	2,21 -	2,76	0,362	
C	Undergrund Subsoil	0,47 -	0,21 -	0,22 -	0,43 -	0,92	1,093	

kolloidale Forbindelser. Og jo renere disse er tilstede, des større Vandmængder er de i Stand til at fastholde¹.

Om saa de enkelte kolloidale Stoffer har en forskellig

¹ De af B. FROSTERUS (»Versuch einer Einteilung der Böden des Finnländischen Moränengebietes«. Helsingfors 1914, S. 41, Fig. 14) angivne Kurver for Sammenhængen mellem »Humus«indholdet og Hygroskopiciteten i forskellige Horisonter falder i det væsentligste sammen med de her fundne Resultater.

vandbindende Evne, er et andet Spørgsmaal, som ikke kan finde tilstrækkelig Besvarelse gennem nærværende Materiale.

Der synes da herefter ikke at være Tvivl om, at Hedejordens vandholdende Evne kun for en forholdsvis ringe Del er betinget af dens Indhold af finere, uorganiske, faste Partikler, men at den i ganske overvejende Grad er knyttet til de kolloidale Humusstoffer og uorganiske Kolloider (SiO_2 , Fe_2O_3 og Al_2O_3). Hermed faar Bestemmelsen af disses Mængde og — som vi senere skal se — Fordeling i de forskellige Horisonter en stærkt forøget Betydning, som man næppe hidtil har skænket den fornødne Opmærksomhed.

„Humus“. Hvad der i denne Undersøgelses Tabeller er opført som »Humus«, er, som angivet i Noten S. 40, mere nøjagtig Kulstof i organiske Forbindelser, bestemt som Kuldioksyd ved vaad Forbrænding — efterat mulig tilstedeværende CO_2 i Karbonater (Kalkkorn) i Forvejen er fjernet ved Tilsætning af Syre og Gennemluftning og omregnet ved Multiplikation med Faktoren 0,471 til en organisk Forbindelse med et saadant Kulstofindhold (58 %), som Humusstofferne gennemsnitlig antages at have.

Saaledes eller ved lignende kemiske Metoder er »Humus« bleven bestemt ved talrige Arbejder, som det her har Interesse at drage Sammenligninger med, uden at man hermed har villet paastaa, at det drejede sig om virkelig Humus som skarpt definerede kemiske Forbindelser. I Virkeligheden er »Humus« kun anvendt som en Kollektivbetegnelse for en broget Blanding af mørkt farvede Stoffer, for største Delen af ikke nærmere bekendt Sammensætning, men dog forskellige fra det Raamateriale, døde Plante- og Dyrerester, hvoraf den er opstaaet i Jordbunden eller paa dennes Overflade. Saaledes har man betegnet disse Stoffer, siden man

i Slutningen af det 18. og Begyndelsen af det 19. Aarhundrede begyndte at beskæftige sig med deres kemiske Natur og fysiske Egenskaber, og i vore Dage vilde man vel som et fælles Karaktermærke for dem kunne anføre, at det drejer sig om Forbindelser, hvis Nedbrydning gennem Mikroorganismer eller kemiske Agentier er helt eller delvis standset, saa de fremtræder som vanskelig dekomponible Rester af organisk Stof — i alt Fald under de Betingelser, der har været medvirkende ved deres Dannelse, og som stadig hersker, hvor de forefindes i eller paa Jordbunden. Hvis disse Betingelser ændres, f. Eks. den for Humusstofferne ejendommelige sure Reaktion ophæves, eller de udsættes for en kraftig Gennemluftning (Iltning), vil de meget vel yderligere kunne nedbrydes og mineraliseres.

Blandt de mange forskelligartede organiske Stoffer, der endnu bestandig ofte gaar under Fællesbetegnelsen »Humus«, er der imidlertid kun nogle faa, som man regner til de egentlige Humusstoffer. Men ogsaa om disses Natur har der hersket den største Uenighed. Da det ikke har været Hensigten her at levere nogen nærmere Udredning af Humusstoffernes kemiske og fysiske Egenskaber, skal vi nøjes med en ganske kort Redegørelse for nogle nyere Undersøgelser, der synes at have ført til en skarpere Definition og en Forklaring paa de egentlige Humusstoffers Oprindelse.

Den Opfattelse af disse Stoffers Natur, som har en vis Sandsynlighed for sig, efter at det er lykkedes SELMAN A. WAKSMAN¹ og hans Medarbejdere eksperimentelt at paa-vise selve Humusdannelsen, finder ogsaa Støtte i en Række ældre Undersøgelser². Den gaar i Korthed ud paa, at af

¹ SELMAN A. WAKSMAN: The Origin and Nature of the Soil Organic Matter og Soil »Humus«. I—V. Soil Science. Vol. XXII. Baltimore. 1926. SELLMAN A. WAKSMAN: Principles of Soil Microbiology. 1927. S. 669—707.

² F. HOPPE-SEYLER: Über Huminsubstanzen, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 13. Bd. 1889. F. HOF-

den Blanding af Kulhydrater, som forekommer i Planter, er Ligninet (Træstoffet) særlig modstandsdygtigt overfor Mikrobernes Nedbrydning. Medens Sukker, Dextriner, Cellulose, Hemicellulose, Pektinstoffer, Pentosaner m. m. let for-gærer fuldstændig til Kuldioksyd og Vand, standser Om-sætningen af Lignin med Dannelsen af »Humussyre«, der sammen med visse Fedtstoffer, Voksarter, Harpikser, Chitin m. m., som ogsaa vanskelig nedbrydes, ophobes i Jord-bunden¹. Det relativt store Kvælstofindhold, som er karak-teristisk for Humusstofferne og ikke kan stamme fra det kvælstoffrie Lignin, skyldes da hovedsagelig Mikrober, sær-lig Svampe, der af de let omsættelige Kulstofforbindelser og tilstedeværende organisk Kvælstof eller Ammoniak (mulig-vis ogsaa delvis ved Binding af Luftens frie Kvælstof) danner Protoplasma og heraf igen forskellige organiske Stoffer med Kvælstoffet i meget faste Bindinger, saa ogsaa dette Stof ophobes, fastholdt af de tilstedeværende »Humussyrer«². Om vi her har med virkelige Syrer at gøre, som antaget af Sv. ODÉN³ o. a., eller om det kun drejer sig om kollo-idele Stoffer med udpræget Evne til af Salte at adsorbere Baseionen og frigøre Syreionen, som forfægtet af BAUMAN

MEISTER: Die quantitative Trennung celluloseartigen Kohlenhydrate in den Pflanzenstoffen. Landw. Versuchsstationen. 48. Bd. 1896. P. P. DÉHÉRAIN: Traité de Chimie agricole. 2. éd. Paris. 1902. C. WEHMER: Zum Abbau der Holzsubstanz durch Pilze. Ber. d. d. chem. Gesellsch. 48. Bd. 1915. C. WEHMER: Versuche über Umwandlung von Lignin, Cellulose und Holzsubstanz in Huminstoffe durch Pilze. Brennstoffchemie. VI. 1925.

¹ Under gunstige, aërobe Betingelser, ved Neutralisation af den høje Aciditet med Kalk o. l. kan disse Stoffer dog langsomt omsættes ved aërobe Bakteriers Indvirkning, saaledes som det f. Eks. sker ved Formuldingen i opdyrket Jord.

² En Del af Kvælstoffet i Humusstofferne kan dog ogsaa stamme fra Chitin, efterladt af Arthropoder og andre Smaadyr, som holder til i de paagældende Aflejringer af organisk Stof, eller af selve Svampenes Cellevægge, der for en væsentlig Del bestaar af chitinagtige Stoffer.

³ Sv. ODÉN: Die Huminsäuren. Kolloidchemische Beihefte. 11. 1919.

& GULLY¹ o. a., maa endnu anses for et aabent Spørgsmaal². Men hvad der med Rette kan anses for virkelige Humusstoffer, er den Del af det amorfe organiske Stof i Jordbunden, i Tørv o. l., der er opløselig i fortyndede Alkalier og udfældes ved et Overskud af varm Saltsyre. Denne Stofgruppe omfatter sandsynligvis en Række indbyrdes forskellige kemiske Forbindelser, idet den varierer i Sammensætning, bl. a. med Hensyn til Kvælstofindhold. Men den lader sig fremstille kunstig af ligninholdigt Plantemateriale, blandet med andre let omsættelige Kulstofforbindelser og tilsat passende Kvælstofforbindelser, der kan tjene som Næring for saadanne Mikroorganismer, navnlig Svampekulturer af *Trichoderma*, *Cladosporium*- og *Aspergillusarter* (og sikkert mange andre), der efterhaanden op-
 hober Kvælstoffet i deres Protoplasma. Kvælstofindholdet i Humusstofferne skyldes saaledes disse Mikrobers syntetiske Virksomhed og er alsaaf biologisk Oprindelse (S. A. WAKSMAN). Og disse egentlige Humusstoffer er sikkert tilstede i Jordbunden i kolloidal Tilstand. Humusstofferne har dog antagelig en noget forskellig Sammensætning efter det Plantemateriale, hvoraf de er fremgaaede, og de ydre Betingelser (f. Eks. aërobe eller anaërobe, Temperaturen, Reaktionen m. m.), hvorunder de er dannede. Det er saaledes naturligt, at en Højmosetørv, dannet hovedsagelig af Sphagnaceer, giver andre Humusstoffer end en Lavmosetørv eller Tørv dannet paa tør Bund (paa Heder og i Skove)

¹ A. BAUMANN und E. GULLY: Untersuchungen über die Humussäuren. Mitteil. d. k. Bayrisch. Moorkulturanstalt. 4. 1910.

² De fleste Forskere forfægter dog nu den Anskuelse, at det her drejer sig om virkelige Syrer. I en Udredning af dette Spørgsmaal slutter saaledes H. J. PAGE (»The Nature of Soil Acidity«. Transactions of the second Commission of the International Society of Soil Science. Vol. A. Grøningen 1926): »In the writer's opinion all soil acidity is essentially of one kind«.

af helt andet Plantemateriale. I senere Arbejder er WAKSMAN¹ inde herpaa og indrømmer, at ogsaa Celluloser og Hemicelluloser kan afgive Raamaterialer for ægte Humusstoffer i Høj- og Lavmoser.

Det er da ikke alt organisk Stof i Jordbunden, som har den for de virkelige Humusstoffer karakteristiske sorte eller brune Farve, der med Rette fortjener Navnet Humus. I dyrket Jord eller i en Skovjord med stort aarligt Løvfald vil der kunne findes en betydelig Mængde organisk Stof, der ikke kan regnes til de egentlige Humusstoffer. I gamle Dannelser, som de her omhandlede Hedejorder, er Forholdet vel et noget andet. I de øverste, yngste, Lag af disse (Lyngskjolden) vil der naturligvis ogsaa være betydelige Mængder af organisk Stof, som ikke er egentlig Humus, og som da ogsaa viser andre Egenskaber, f. Eks. en ringere hygroskopisk Evne end de virkelige Humusstoffer (se Tabellen S. 72). Men paa Grund af Hedevegetationens særlige Art, hovedsagelig Halvbuske med stærkt forveddede Organer, som *Calluna*-, *Erica*-, *Empetrum*-, *Vaccinium*-, *Genista*arter m. fl., er et overordentlig rigt Raamateriale for Dannelsen af Humusstoffer, nemlig Lignin, tilstede her og forholdsvis mindre af let forgængeligt, urteagtigt Plantemateriale, der dog afgiver god Næring for de Svampe (og enkelte Bakterier), som lægger Kvælstoffet fast og bidrager til Dannelsen af Humusstofferne. Man kan derfor her med Rette tale om Tilstedeværelsen af store Mængder »Raahumus«, en Betegnelse, der ellers i Almindelighed ogsaa bruges uden nogen skarp videnskabelig Definition.

¹ S. A. WAKSMAN and K. R. STEVENS: Contribution to the Chemical Composition of Peat. I. Chemical Nature of Organic Complexes in Peat and Methods of Analysis. Soil Science. Vol. 26. 1928; og S. A. WAKSMAN and FLORENCE TENNEY: Composition of Natural Organic Materials and their Decomposition in the Soil. The Influence of Nature of Plant upon the Rapidity of its Decomposition. Soil Science. Vol. 26. 1928.

I Hedejordens dybere liggende Horisonter vil det organiske Stof imidlertid i mere og mere fremherskende Grad være tilstede som virkelige Humusstoffer, og hvor det alene findes i kolloidal Tilstandsform, som i B-Horizontens Aldannelser og i endnu dybere Lag, kan man sikkert gaa ud fra, at vi kun har det som typisk Humus, bortset fra hvad der forekommer i de forholdsvis faa Planterødder, som formaar at trænge ned gennem Alen. Det med Dybden stigende Kvælstofindhold i de organiske Stoffer, som vi senere skal gøre Rede for, underbygger ogsaa denne Opfattelse.

Naar jeg nu har opholdt mig ved Spørgsmaalet om, hvad vi efter foreliggende Undersøgelser i Øjeblikket maa forstaa ved virkelige Humusstoffer, samtidig med at jeg i dette Arbejde dog benytter Ordet »Humus« som en Fællesbetegnelse for alt organisk Stof i Jordbunden, er det, fordi de egentlige Humusstoffer sikkert udgør den væsentligste Bestanddel af disse Jorders Kolloidindhold, hvis Fordeling jeg mener har en saa stor Interesse, at den muligvis kan benyttes som en videnskabelig Basis for Vurderingen af Hedejordens Bonitet som Plantebund¹. Men det maa ikke glemmes, at foruden rent uorganiske Kolloider findes der i disse Jorder, navnlig i deres A-Horizont, ogsaa betydelige Mængder af organiske Kolloider, der ikke er egentlige Humusstoffer. Da disse heller ikke kan forbigaaes ved en Undersøgelse over Jordens samlede Kolloidindhold, og da det for Drøftelsen af andre Spørgsmaal faar Betydning at operere med de samme Begreber, som er anvendt i tidligere tidligere Undersøgelser, hvis Resultater skal sammenstilles med de her fundne, bruger jeg altsaa vedblivende

¹ Foreløbig kan vi af disse Kolloider dog kvantitativt kun bestemme det uorganiske Komplex.

Betegnelsen »Humus« i samme Betydning som den hidtil gængse, nemlig omfattende alle organiske Forbindelser i Jordbunden. Og dette har en særlig Interesse ved Behandlingen af Spørgsmaalet om

Alens „Humus“indhold. Her vil det være naturligt at rekapitulere et ellers velkendt Forhold: at de podsolerede Jorder netop er karakteriserede ved en intermitterende Ophobning af »Humus« i forskellige Dybdelag, saaledes at der under et øverste, ofte meget betydeligt Dække af »Raahumus« følger et i Midten næsten »humus«frit eller i hvert Fald relativ »humus«fattigt Lag af Blegsand, medens dettes øvre og nedre Parti endog kan være meget rige paa »Humus«. Navnlig i Blegsandets nederste Lag kan der ophobes meget store Mængder af nedslemmede, faste »Humus«partikler, der undertiden er ganske løst lejrede, men ofte dog er kittede sammen af Kolloider til et sort, sammenhængende fast Lag, der i Almindelighed benævnes A1 (se nedenfor). Derunder følger i Regelen et endnu haardere, men noget lysere Lag (af rød-brun-gul Farve), ofte skarpt afgrænset fra det overliggende, men tilsyneladende af mere mineralsk Beskaffenhed. I dette findes ingen faste »Humus«partikler, men ofte betydelige Mængder af virkelig Humus i kolloidal Tilstand som Sammenkitningsmiddel mellem større eller mindre mineralske Partikler. Dette Lag sender desuden ofte enkelte eller forgrenede Tunger nedad i lodret Retning, eller Alen danner et Netværk, der giver denne Del af Profilet et marmoreret Udseende. Medens den øvre, sorte A1 (Tørvealen) udgør nederste Del af A-Horizonten, repræsenterer den brune A1 øverste Del af B-Horizonten, der ofte gaar jævnt, uden skarp Grænse, over i den uforvitrede Undergrund, C-Horizonten. Denne kan imidlertid være gennem-

skaaren horizontalt af et eller flere, i Regelen tynde, Lag af Grundvandsal, Glei, repræsenterende en saakaldt G-Horizont.

Det Analysemateriale, som her er meddelt i Tabellerne I—IV, egner sig imidlertid ikke til at belyse »Humusens« Fordeling i de øvre Horisonter (A_1 og A_2), da Jordbunden jo, som nævnt, i de Forsøgsarealer, hvorfra Prøverne er udtagne, i Forvejen har været bearbejdet (og delvis dyrket), saa Lyngskjold og Blegsand er stærkt blandede og den første delvis formuldet. Paa Grund af denne delvise Formuldning er der da i Regelen en lavere »Humus«procent i Lyngskjold + Blegsand end i Allagene, hvis store »Humus«-indhold dog væsentligst skyldes A_3 -Horizonten. Og ved Udtagning af Prøverne i de dybere, af Redskaber uberørte, Lag er der heller ikke altid sondret skarpt mellem de forskellige Horisonter. Dette er blot sket ved det i Tabellerne V—VII opførte Materiale, som jo imidlertid kun omfatter 3 Profiler.

Men ved en Sammenligning mellem Tabellerne III og IV, der omfatter udpræget podsolerede Jorder fra henholdsvis Bakkeø og Hedeflade, vil det dog ses, at begge er i omtrent lige Grad rige paa »Humus« i Allagene uden nogen paafaldende indbyrdes Forskel, og at det da i det foreliggende Materiale vil være vanskeligt at finde Holdepunkter for den Anskuelse, der saa stærkt er fremhævet af P. E. MÜLLER¹ paa Basis af TUXENS² Analyser og med Støtte fra FROSTERUS³ og B. AARNIO⁴, at Hedesletternes Al over-

¹ P. E. MÜLLER: De danske Hedesletters Naturhistorie, p. 63 ff.

² C. F. A. TUXEN: Nogle Analyser af jydsk Hedejord. Tidsskr. f. Skovbrug. I. Bd. 1876.

³ B. FROSTERUS: Versuch einer Einteilung der Böden des Finnländischen Moränengebietes. Helsingfors. 1914.

⁴ B. AARNIO: Über die Ausfällung des Eisenoxyds und der Tonerde in Finnländischen Sand- und Grusböden. Helsingfors. 1915.

alt er udpræget Humusal, medens Bakkeøernes Al skulde repræsentere en særlig Jærnal. Naar MÜLLER her citerer følgende Udtalelser af Frosterus, at:

»Jærnpodsol udmærker sig i kemisk Henseende sammenlignet med Undergrunden ved et stort Indhold af i Saltsyre opløselig SiO_2 og Fe_2O_3 . Humusindholdet er ringe (sædvanligvis mindre end 3 pCt).¹ Summen af Baser, angivet i Molekularproportioner, er i B-Laget større eller næsten lige saa stor som i Undergrunden (C)«,

medens

»Humuspodsol udmærker sig ved et B-Lag med stort Indhold af opløselig Al_2O_3 , som overtræffer Indholdet af SiO_2 og Baseindholdet. Humusmængden er stor, den stiger i nogle Tilfælde over 10 pCt.«

saa kan denne Definition, saavel hvad »Humus«indholdet som Fordelingen af de nævnte mineralske Bestanddele angaar, ikke bringes i Overensstemmelse med de af mig fundne Analyseresultater (se mine Tabeller V—VII).

Bortset fra, om nu ogsaa FROSTERUS' finske Jordbundstyper egner sig til direkte Sammenligning med danske Hedejorder, da de er opstaaede af et i geologisk Henseende saa forskelligartet Materiale, under et andet Vegetationsdække (henholdsvis Skov og Tørv) og under klimatiske Forhold, der ogsaa afviger betydelig fra de danske, er hans Definition jo baseret paa en Fordeling af de paagældende mineralske Forbindelser, der heller ikke falder sammen med mine Analyseresultater². Men hele dette Spørgsmaal vil

¹ Udhævelsen foretagen her.

² Bemærkelsesværdigt er det ogsaa, at FROSTERUS i de paagældende Profiler slet ikke har nogen Horizont, der svarer til, hvad MÜLLER ellers kalder Tørveal (A_3 el. A_4). Efter FROSTERUS' A_2 -Horizont, der er et Bleg-sandslag, følger umiddelbart hans B-Horizont, det illuviale Allag.

det være naturligere at drøfte i et senere Afsnit sammen med de uorganiske Kolloiders Fordeling og de Resultater, Bausch-Analyserne har givet.

Her skal imidlertid kun fremhæves, at den Adskillelse, som med Rette kan gøres mellem stærkt »humus«holdig Al, hørende til A-Horizonten (A_3), og »humus«fattig Al, hørende til B-Horizonten (B_1), i lige Grad finder Anvendelse paa Bakkeø- og Hedeflade-Al. Paa begge Lokalteter vil det øverste Parti af de sammenhængende Allag i Regelen være sort og »humus«rigt, det nederste Parti af en lysere (brungul) Farve og relativ »humus«fattigt. Da jeg udtog mine Jordprøver, skelnede jeg ikke mellem disse to Partier, men betegnede det hele som Al. I dette blandede Materiale er da Analyserne udførte. Men ved Hjælp af mine Dybdeangivelser og ved selv at undersøge Allagens Beliggenhed i de samme Profiler, som jeg havde aabnet, har Dr. ØDUM ment i nogle Tilfælde at kunne afgøre, hvor mit Materiale har repræsenteret udpræget Tørveal (A-Horizont), og hvor det har været rigtig Al (B-Horizont). Med mine Analysetabeller og hans egne saavel som mine Jordbeskrivelser ved Haanden har han givet følgende Karakteristik af de paagældende Alprøver, som jeg med hans Tilladelse her gengiver:

»Hermed sender jeg Dem den lovede Afskrift af mit Forsøg paa at sammenstille Deres Jordbundsprofiler med de af mig optagne, for herved om muligt at faa Rede paa, hvorledes Deres Prøver passer ind i mine Profiler.

Jeg har tilføjet Analyseresultaterne ved hver Prøve for Humus. Det fremgaar heraf, at i alle de Tilfælde, hvor det med Sikkerhed drejer sig om Tørveal, er Humusindholdet stort, liggende mellem 7,7 og 12,2 %. I de Tilfælde, hvor det med Sikkerhed kan siges at dreje sig om rigtig Al

(B-Horizont), er Humusindholdet ringe, liggende mellem 1,2 og 6,9 %. Hvor en Prøve med større eller mindre Sikkerhed kan ses at være blandet, er Humusindholdet ret stort.

Materialet er jo for ringe til at se, om der er nogen Forskel paa den rigtige Al i de to Plantager, men det vilde jo være interessant at se, hvad de endelige Analyser kan bringe¹.

Dr. ØDUMS efterfølgende Sammenstilling, der bør sammenholdes med hans udførligere Beskrivelse af de paa-gældende Profiler (S. 26—37), skal nu her i Tabelform gives i en noget sammentrængt og lidt ændret Form. Efter mine Angivelser af de Dybder, hvorfra Prøverne til Analyserne (i Tabellerne I—IV) er tagne, mener han i de fleste Tilfælde at kunne udregne, fra hvilket Allag Prøverne stammer, eller om de har været blandede af to Lag. Særlig Interesse frembyder hans nøjagtige Maalinger af Tørvealens og den brune Als Tykkelse i de forskellige Profiler. For Overskuelighedens Skyld er disse Tal opførte i en særlig Kolonne (se Tabellerne S. 84 og 85).

Føjes nu hertil Resultaterne af de senere foretagne Bausch-Analyser (se Tabellerne V—VII), hvor der skarpt er skelnet mellem de forskellige Horisonter, $A_3 =$ Tørveal og $B_1 =$ Brun, ægte Al, saa har de givet følgende »Humus«indhold:

«Humus» content of different kinds of hardpan.

Profil	Mangehøje Plantage		Skovsende Plantage
	6 a	10 a	1
Sort Tørveal, A_3 . . . Black peat hardpan	5,27 % »Humus«	10,71 % »Humus«	17,50 % »Humus«
Brun, ægte Al, B_1 . . . Brown true hardpan	1,22 - —	2,85 - —	1,58 - —

¹ Hertil giver de i Tabellerne V—VII anførte Bausch-Analyser, der senere blev udførte, Bidrag.

Mangehøje Plantage.
Classification of hardpan types.

Dr. ØDUMS Profilbeskrivelse Dr. Ødums description of profiles			Allagets Tykkelse Thickness of hardpan	WEIS' Optegnelser Notes of the author		»Humus«indhold Content of »humus«	Dr. ØDUMS Bestemmelse af Prøvens Art Diagnosis of Dr. Ødum
Profil Nr.	Dybde Depth cm	Alens Beskaffenhed Quality of hardpan		Dybden, hvori Prøven er udtagen Depth of samples	Supplerende Beskrivelser Supplementary descriptions		
1—2	17—23	Tørveal Peat hardpan	6 cm	20—30 cm	.....	9,2 %	Blandet Al Mixed hardpan
	23—43	Brun Alzone Brown hardpan zone	20 -				
3—4	17—24	Tørveal	7 -	c. 15—30 -	.....	11,2 -	Blandet Al
	24—45	Brun Al	11 -				
5	13—19	Tørveal	6 -	20—35 -	.....	12,9 -	Blandet Al (?)
	19—30	Brun Al	11 -				
6—6 a	23—31	Tørveal	8 -	20—40 -	.....	11,0 -	Blandet Al
	31—43	Brun Al	12 -				
7	25—35	Tørveal	10 -	c. 25—40 -	.....	7,2 -	Blandet Al
	31—43	Brun Al	8 -				
8	17—21	Tørveal	4 -	15—20 -	Blød Al Smooth hardpan Alholdigt Sand Hardpan mixed sand	8,0 -	Tørveal Peat hardpan
	21—30	Brun Al	9 -	20— -			
9	13—17	Tørveal	4 -	c. 10—25 -	Øverst, blød, sort Al Upper, smooth, black hardpan Nederst, haardere, brun Al Lowest, hard, brown hardpan	7,7 -	Tørveal
	21—30	Brun Al	6 -				
10	0—18	Overjord Upper soil	..	25—30 -	Laget under Mulden Layer under mould	2,4 -	Brun Al Brown hardpan
	18—45	Brun Al	..				
11	10—12	Tørveal	2 -	12—15 -	.....	5,4 -	Brun Al
	12—30	Svag, brun Al Slight, brown hardpan	18 -				
12-12 a	19—25	Tørveal	6 -	20—30 -	.....	3,0 -	Brun Al (?)
	25—35	svag brun Al	10 -				
13	13—18	Tørveal	5 -	0—20 -	.....	11,6 -	Brun Al (?)
	18—40	svag brun Al	22 -	20—40 -			
14	16—20	Tørveal	4 -	20—30 -	.....	6,9 -	Brun Al
	20—30	Brun Al	10 -				

Skovsønde Plantage.
Classification of hardpan types.

Dr. ØDUMS Profilbeskrivelse Dr. Ødums description of profiles			Allagets Tykkelse Thickness of hardpan	WEIS' Optegnelser Notes of the author		»Humus«indhold Content of »humus«	Dr. ØDUMS Bestemmelse af Provens Art Diagnosis of Dr. Ødum
Profil Nr.	Dybde Depth cm	Alens Beskaffenhed Quality of hardpan		Dybden, hvori Prøven er udtagen Depth of samples	Supplerende Beskrivelser Supplementary descriptions		
1	15—22	Tørveal Peat hardpan	7 cm	15—20 cm	Sort, løs Al Black, loose hardpan	10,1 %	Tørveal Peat hardpan
	22—29	Brun Al Brown hardpan	7 -	20—30 -	Rødjord med Altunger Red soil with lingulated hardpan	1,5 -	Brun Al Brown hardpan
2	18—24	Tørveal	6 -	15—20 -	Løs, sort Al	10,4 -	Tørveal
	24—30	Brun Al	6 -	?	.....	....	.....
3	22—27	Tørveal	5 -	?	5 cm løs, sort Al	12,2 -	Tørveal
	27—35	Brun Al	8 -	?	5 cm Rødjord		
4	16—21	Tørveal	5 -	?	5—10 cm løs, sort Al	11,7 -	Blandet Al Mixed hardpan
	21—27	Brun Al med Glei	6 -	?			
5	15—20	Tørveal	5 -	} c. 20—30 -	Løs, sort Al	17,0 -	Blandet Al
	20—30	Brun Al	10 -				
6	20—25	Tørveal	5 -	} 20—25 -	.....	11,2 -	Tørveal
	25—35	Brun Al (svag)	10 -				
7	...	Flyvesand Drift sand (dune)	...	Hullerne ikke identiske	Blød, sort Al	8,4 -	Tørveal (?)
8	20—27	Tørveal	7 -	} 10—15 -	Sort, lidt fastere Al Black, a little more compact, hardpan	7,3 -	?
	27—45	Brun Al	8 -				
9	20—26	Tørveal	6 -	?	.....	....	.....
	26—35	Haardere, brun Al Rather hard, brown hardpan	9 -	25—30 -	Haardere Al Rather hard hardpan	6,3 -	Brun Al
10	25—31	Tørveal	6 -	15—20 -	.....	4,9 -	Brun Al (?)
	31—41	Brun Al	10 -	Hullerne maaske ikke identiske	.....	....	.....

Det vil da ses, at Analyserne fra de her undersøgte Lokaliteter ikke giver noget Holdepunkt for, at der skulde være en Væsensforskel med Hensyn til »Humusindholdet mellem den ægte Al (B₁-Horizonten) paa henholdsvis Bakkeø- og Hedeﬂadelokalitet. Og tager vi Total-Jærnindholdet fra de samme Horisonter ud af Tabellerne V—VII, saa forandrer dette ikke noget ved Billedet.

Iron content in different horizons.

Profil	Mangehøje Plantage		Skovsende Plantage
	6 a	10 a	1
Sort Tørveal, A ₃ . . . Black peat hardpan	0,19 % Fe ₂ O ₃	3,24 % Fe ₂ O ₃	5,20 % Fe ₂ O ₃
Brun, ægte Al, B ₁ . . . Brown, true hardpan	0,63 - —	1,74 - —	2,26 - —
Undergrunden C . . . Subsoil	0,79 - —	1,58 - —	0,58 - —

Her findes endda mere Jærn saavel i den brune Al som i Tørvealen i Skovsende end i Mangehøje. Og C. F. A. TUXENS¹ Analyser, hvorpaa P. E. MÜLLER² baserer sin Opfattelse af en fundamental Forskel mellem Bakkeøernes og Hedesletternes Al, synes mig ikke at give tilstrækkelig Begrundelse herfor. Det maa dog indrømmes, at baade TUXENS og mit Analysemateriale er altfor ringe til at begrunde en endelig Afgørelse af dette Spørgsmaal. Men naar den sorte Tørveal (A₃-Horizonten) baade i Mangehøje (Profil 10 a) og i Skovsende (Profil 1) viser et langt større Jærnindhold end den underliggende brune Al (B₁-Horizonten), peger dette dog paa, at FROSTERUS' Adskillelse mellem

¹ C. F. A. TUXEN: Nogle Analyser af jydsk Hedejerd. Tidsskr. f. Skovbrug. Bd. I. 1876.

² P. E. MÜLLER: Bidrag til de jyske Hedesletters Naturhistorie. 1924. S. 63. Studier over Skovjord II. Om Muld og Mor i Egeskove og paa Heder. Tidsskrift for Skovbrug. VII. Bd. 1884.

Humus- og Jærnpodsol ikke direkte kan overføres paa de danske Heders Podsoljorder. Den brune, ægte Al (B_1 -Horizonten) har jo ogsaa i mine Analyser fra Bakkeø i alt Fald i 2 Tilfælde vist et meget højere »Humus«indhold (5,4 og 6,9 %) end de 3 % »Humus«, FROSTERUS sætter som Grænse mellem Jærnpodsol og Humuspodsol, og Hedeslettens Al med »Humus«procenter paa 6,3 og 4,9 viser i saa Henseende ikke noget Forspring for Bakkeøerne.

Imidlertid er der med Hensyn til den Nomenklatur, der i Litteraturen anvendes for de forskellige Aldannelser, efterhaanden opstaaet saadanne Vanskeligheder, at jeg finder det naturligt at gøre nogle Bemærkninger herom.

Hvad Dr. ØDUM her kalder Tørveal, er altsaa den nederste Del af den eluviale Horizont, af nogle Forfattere (f. Eks. GLINKA) betegnet ved A_3 , af andre (P. E. MÜLLER) ved A_4 . P. E. MÜLLER har oprindeligt (i 1884)¹ indført Betegnelsen »Tørveal« for dette Lag, men i sit senere Arbejde (l. c. 1924) regner han det ikke længer for hørende til den egentlige Al, men til det nederste Parti af Blegsandslaget, hvor saa mange nedslømmede »Humus«partikler er ophobede, bortset fra at de dog ogsaa her i Regelen er fast sammenkittede af Kolloider. Kriteriet paa, at det ikke er ægte Al, skulde være, at Kvartskornene heri i alt Fald delvis er klare og affarvede. RAMANN² og de fleste andre Forskere regner derimod dette Lag til Alen (»obere Schicht des Ortsteins«), og dette vil, efter min Mening, ogsaa være det rigtigste og fuldt berettiget, hvor det fremtræder som et fastere Lag, der nedad endda ofte ikke er skarpt afgrænset fra den

¹ Tidsskr. f. Skovbrug VII. Bd. 1884.

² E. RAMANN: Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen in den Diluvial- und Alluvial-Sanden. Jahrb. d. kgl. preuss. geolog. Landesanstalt für 1885. Berlin 1886.

brune eller brungule Al, den illuviale Horizont (B_1). En Forveksling indtræder ogsaa let, naar man tillige bevarer Betegnelsen »Humusal« for denne B_1 -Horizont, hvor den forekommer paa Hedefladerne og angives at være særlig rig paa »Humus«, i Modsætning til den paa Bakkeøerne forekommende »Jærnal«, der skal være fattig paa »Humus«, men særlig rig paa Jærnforbindelser.

Bortset fra, at denne Distinktion næppe holder Stik for Karakteriseringen af vore Bakkeøers og Hedefladers Aldannelser, ikke blot i Almindelighed, men ogsaa hvor det gælder selve Illuvial-Horizonten, bør man dog sikkert opgive at benytte Ord som »Tørveal« og »Humusal«, der i deres bogstavelige Betydning ligger saa nær ved hinanden, som Benævnelser for to saa væsensforskellige Begreber. Og efter min Opfattelse kan det ogsaa kun virke forvirrende at regne Tørvealen til det nederste Lag af Bleg-sandet, selv om den i Følge sin Oprindelse uomtvistelig hører til den eluviale (A-)Horizont. Man maa da hellere rent ud erkende, at denne kan udvikle sig til virkelig Al, d. v. s. et mørkere, fast, af Kolloider sammenkittet Lag, fremgaaet af en virkelig Podsoleringsproces og ofte af en betydelig Tykkelse (se Profilbeskrivelserne S. 27—37 ff. og Tabellerne S. 84 og 85). Og naar tilmed den illuviale Al ofte bliver yderst svag eller vanskelig at erkende eller skarpt at adskille fra en ofte samtidig overordentlig kraftig udviklet eluvial Dannelse af Alkarakter, kunde man i saa Tilfælde blive tvungen til at beskrive en saadan Profil som alfri, ganske i Strid med den af det daglige Sprog og af den hidtidige videnskabelige Terminologi dækkede Opfattelse. Meget taler for, at Betegnelserne »Tørveal« og »Humusal« (der kun bør benyttes som to Udtryk for det samme, hvis man ikke vil bringe en haabløs Forvirring ind i Termino-

logien), i hvert Fald i de danske Hededannelser (og muligvis ogsaa i Skovjordspodsol), med Rette blot kan anvendes om det nederste Lag af A-Horizonten, men at Begrebet »Jærnal« egentlig ikke bør anvendes, undtagen hvor det gælder myremalmsagtige Dannelser paa særlig fugtig Bund eller Gleidannelser (hørende til G-Horizonten), da Jærno-phobningen, som ovenfor vist, kan være endnu større i den eluviale A_3 -Horizont (Tørveal) end i den underliggende B_1 -Horizont (den brune Al), ogsaa paa Bakkeøer (Se Tabellen S. 86). Man bør derfor fremdeles bevare Ordet »Al« som en Fællesbetegnelse for alle de fast sammenkittede Lag af sort eller rød-brun-gul eller endog graalig Farve, der opstaar i mange udpræget podsolerede Jorder, hvad enten de hører til A-, B-, eller G-Horizonten, og saa ved særlige Termini som »Tørve«- »Humus«- »Jærn«- eller »Grundvands«-Al (Glei) angive specifikke Egenskaber m. H. t. disses kemiske Sammensætning eller Oprindelse.

Praktikerne, der dog ogsaa skulde kunne operere med de videnskabelige Termini, vilde løbe ganske vild i de før omtalte spidsfindige Distinktioner, da de allerede har gjort sig fortrolige med en i det daglige Sprog hjemlet Nomenklatur. I en »Beretning om Forsøg med Hedens Udluftning og Bearbejdning« udgiven af »Hedebruget« ved dets Konsulent B. BERTELSEN, Viborg, 1928, gives der saaledes eksempelvis følgende Beskrivelser af Alen fra Hedeflader:

»6—10 cm. Humusahl med et papirtykt Lag Jærnal forneden (som en Blikplade) (Karup).

6—8 cm. Humusahl (Grindsted).

c. 8 cm. Svagt udviklet Humusahl (Frederiks).

7 cm. Humusahl, Rødsand (Øsse)«.

Og i alle disse Tilfælde er den Al, som Praktikerne her kalder »Humusahl«, sikkert identisk med, hvad P. E. MÜLLER kalder »Tørveal«, altsaa hørende til A-Horizonten.

I Lagene under Alen tager »Humus«indholdet jo meget hurtig af, som det klart fremgaar af Tabellerne I—IV, undtagen hvor indtrængende Planterødder, der i Almindelighed kun forekommer sparsomt under Alen, pletvis forskyder »Humus«procenten. Til Gengæld bliver der saa her kun Tale om virkelig, ægte Humus med et meget stort Kvælstofindhold.

Under Drøftelsen i et foregaaende Afsnit af Hedejordens Hygroskopicitet blev det fremhævet, i hvor høj Grad denne er knyttet til Indholdet af kolloidale Stoffer, af hvilke igen de kolloidale Humusstoffer i Regelen udgør den ganske overvejende Part, men dog ogsaa uorganiske Kolloider spiller en betydelig Rolle. Der bliver senere Lejlighed til at behandle andre betydningsfulde Egenskaber ved Kolloiderne i Almindelighed, naar deres Fordeling i de forskellige Horisonter skal tages op til nærmere Betragtning. Men da en meget vigtig Egenskab ved Hedejorden, dens Kvælstofindhold, udelukkende er knyttet til dens Humusforbindelser, vil det være naturligt allerede her at behandle dette Spørgsmaal.

Humus'ens Kvælstofindhold. Som det fremgaar af Tabellerne V—VII, der bekræfter, hvad andre Analyser¹ har bragt for Dagen, viser de danske Hedejorder et ganske minimalt Indhold af mineralske Plantestoffer som Fosforsyre, Svovlsyre, Kali, Kalk og Magnesia. Men allerede et flygtigt Blik paa Tabellerne I—IV viser samtidig en paa-

¹ C. F. A. TUXEN: Nogle Analyser af jydsk Hedejord. Tidssk. f. Skovbrug. I. 1876. K. RØRDAM: MÜLLER, RØRDAM etc. Rødgranens Vækstforhold i midtjysk Hedebund. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. III. 1910—13.

faldende Rigdom paa Kvælstof, der aabenbart har hobet sig op i Tidens Løb og derfor ikke kan være tilstede i uorganiske, men kun i komplekse organiske Forbindelser, bundet til Humusstoffer. Medens man i en frugtbar Agerjord anser et Kvælstofindhold paa 0,1 % for betydeligt og paa 0,2 % for meget stort, ser vi, at Indholdet af Totalkvælstof i Lyngskjold + Blegsand i Regelen ligger mellem 0,1 og 0,2 % (undertiden endda over) og i Allagene mellem 0,2 og 0,3 %. I de dybere Lag findes kun relativt smaa Mængder; det er, som om Allagene danner en Barriere for Kvælstoffet, saa kun meget lidt af det slipper igennem.

Og alligevel er Forholdet dette, at Hedejorden, især den ubearbejdede, frembyder meget lidt af for Planterne tilgængelig Kvælstofnæring, og at Kvælstofhunger netop ofte indtræder hos visse Træer, som Rødgranen, der overhovedet vil vokse paa Heden. Det er da aabenbart, at Kvælstoffet her er tilstede i meget vanskelig tilgængelige Former, hvilket naturligvis ogsaa er Aarsagen til, at det ophobes.

Men Spørgsmaalet er nu, om, og da i hvilken Grad, det kan mobiliseres eller frigøres i saadanne Forbindelser, Ammoniak og Saltpetersyre, at det kan optages af de højere Planter. I saa Fald vil man ikke kunne se bort fra de store Værdier, der er deponerede i den ellers saa fattige Hedebund, og ved dennes Opdyrkning vil det bl. a. være en vigtig Opgave at udnytte dens Kvælstofbeholdning paa den mest økonomiske Maade.

Med Hensyn til Muligheden for Kvælstoffets Mobilisering maa man paa Forhaand gaa ud fra, at denne finder Sted, i samme Grad som det organiske Kulstof, hvor-

til Kvælstoffet er bundet, iltes til Kuldioksyd under den almindelige Formuldningsproces. Og at denne Kvælstoffrigørelse sker gennem Forbindelser som Ammoniak og Salpetersyre, giver Tabellerne I—IV ogsaa tydelige Vink om. De viser i hvert Fald, at saa snart Hedejorden bearbejdes og kalkes, frigøres der betydelige Mængder af disse Stoffer. Om hele Kvælstofbeholdningen kan nedbrydes hertil, er imidlertid et andet Spørgsmaal.

Ifølge de tidligere refererede Undersøgelser af S. A. WAKSMAN (se S. 74 ff.) skulde Kvælstoffet i Jordbundens organiske Stoffer efterhaanden lægges fast i Mikroorganismers, særlig Svampes, Protoplasma og herfra gaa over som Bestanddel af de ægte Humusstoffer, der ellers hovedsagelig stammer fra det vanskelig angribelige Lignin. Uden at have fremstillet rene Humusstoffer af konstant kemisk Sammensætning eller af nærmere bestemt Konstitution mener WAKSMAN aabenbart, at saadanne findes, og at de bl. a. udmærker sig ved et konstant Forhold mellem deres Kulstof- og Kvælstofindhold, som han mener ligger mellem 12:1 og 8:1, i Regelen omkring 10:1. Kvælstoffet maa her være tilstede i en kompleks organisk Form, siger WAKSMAN, men næppe som frit Protein, thi i saa Fald vilde det hurtigt blive dekomponeret af Jordbundens Mikroorganismer. Det er aabenbart kun enkelte af disse, der under visse Betingelser (god Gennemluftning og Kalkning) er i Stand til langsomt at nedbryde de komplekse Forbindelser af Kulstof og Kvælstof, det første til Kulidoksyd, det sidste til Ammoniak, der da af Nitrifikationsbakterier iltes til Salpetersyre.

WAKSMAN beskæftiger sig ogsaa med Spørgsmaalet, hvilke Kvælstofforbindelser der kan være Tale om, uden dog at komme til nogen endelig Løsning heraf. I Anledning af,

at HILGARD & JAFFA¹ og LOUGHRIDGE² mener at have fundet, at der er den Forskel paa de fugtige (humide) og tørre (aride) Klimaters »Humus«, at de sidstes Kvælstofindhold er meget større end de førstes (samtidig med at der dannes mindre Mængder af »Humus« i de aride Egne), saa man endog har fundet op til 20 % Kvælstof, bemærker WAKSMAN, at intet naturligt forekommende organisk Stof kan indeholde mere Kvælstof end de reneste Æggehvide-stoffer, og at der da sikkert maa foreligge metodiske Fejl ved deres Bestemmelser, som han paastaar ogsaa er blevne paaviste af C. B. LIPMAN³ og H. F. PRESSEY⁴.

Jeg kan dog ikke undlade at gøre opmærksom paa, at flere af mine Kvælstofbestemmelser ogsaa viser meget høje Tal, nemlig henholdsvis 10, 11, 13,33, 16,43, ja helt op til 22,22 % Kvælstof af organisk Stof, i de dybere Lag af de af mig undersøgte Profiler. Og i Forbindelse hermed har det formentlig ogsaa Interesse at pege paa, hvorledes Kvælstofprocenten i det organiske Stof ganske regelmæssig stiger med Dybden. Jeg har derfor i efterfølgende Tabeller foretaget en Sammenstilling af »Humus«-indholdet, Totalkvælstof og Procentmængden af Kvælstof udregnet pr. »Humus« (organisk Stof) i forskellige Dybder af de af mig undersøgte Profiler. Og dernæst har jeg udregnet den gennemsnitlige Kvælstofprocent i de forskellige Dybdelag, idet jeg dog ved denne Udregning har udeladt enkelte Bestemmelser, der paa Grund af Jordbundens Karakter,

¹ E. W. HILGARD and M. E. JAFFA: On the nitrogen content of soil humus in the arid and humid regions. Calif. Agr. Exp. Sta. Bien. Rpt. 1895.

² R. H. LOUGHRIDGE: Humus and humus nitrogen in California soil columns. Cal. Univ. Publ. Agr. Science I. 1914.

³ C. B. LIPMAN: A preliminary statement of the present status of the humus-nitrogen problem in arid soils. Soil Science I. 1916.

⁴ C. B. LIPMAN and H. F. PRESSEY: A contribution to our methods determining nitrogen in humus. Journ. Industr. Engin. Chem. V. 1913.

Skovsønde Plantage.

Nitrogen content of organic matter (»humus«) at different depths of heath soils.

Profil Nr.	Dybde cm	»Humus« %	Total-N %	N af »Humus« %	Profil Nr.	Dybde cm	»Humus« %	Total-N %	N af »Humus« %
1	0-15	3,2	0,072	2,25	6	0-10	6,4	0,169	2,64
	15-20	10,1	0,238	2,36		10-15	7,3	0,196	2,68
	20-30	1,5	0,051	3,40		30-50	0,89	0,035	3,93
	50-60	0,44	0,028	6,36		50-70	0,21	0,020	9,52
2	0-15	6,5	0,123	1,89	7	0-25	7,3	0,151	2,07
	15-25	10,4	0,226	2,18		25-30	6,3	0,135	2,14
	40-50	1,4	0,055	3,93		30-50	1,1	0,031	2,82
	60-80	0,49	0,033	6,73		50-70	0,48	0,022	4,88
3	0-15	11,0	0,189	1,72	8	0-15	7,1	0,170	2,39
	15-20	17,0	0,305	1,79		15-20	4,9	0,105	2,14
	30-50	1,9	0,070	3,68		20-50	1,6	0,034	2,13
	50-70	0,36	0,019	5,28		50-70	0,21	0,016	7,62
4	0-15	2,2	0,130	(5,90)	9	0-15	6,0	0,110	1,83
	15-20	11,2	0,222	1,96		15-25	12,2	0,227	1,86
	30-50	0,79	0,031	3,93		30-50	0,81	0,040	4,99
	50-70	0,21	0,023	11,00		60-70	0,50	0,027	5,20
5	0-30	2,8	0,070	2,50	10	0-15	2,4	0,081	(3,38)
	30-35	8,4	0,210	2,50		15-25	11,7	0,251	1,84
	35-55	0,52	0,021	4,00		30-50	0,79	0,042	5,32
	55-75	0,37	0,014	3,78		50-70	0,34	0,025	7,35

og fordi der blot er udtaget Prøver i 3 Dybder (ellers i 4), ikke direkte lader sig sammenligne med de øvrige (dette gælder Profil 10 i Mangehøje Plantage), eller saadanne, der afviger saa stærkt fra de andre tilsvarende Bestemmelser, at der enten maa være sket en fremmed Indblanding i Materialet, eller Bestemmelserne ikke har været rigtige (dette gælder Prof. 4 og 10, begge i de øverste Lag fra Skovsende Plantage, med henholdsvis 5,90 og 3,38 % N.). Se Tabellerne S. 94 og 95.

Det gennemsnitlige Kvælstofindhold i organisk Stof (»Humus«) bliver da herefter i:

Average nitrogen content in percent of organic matter.

Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand Horizont A ₁₋₂	Alen Hardpan Horizont A ₃ -B ₁	Laget under Alen Layer under hardpan Horizont B ₂	Undergrunden Subsoil Horizont C
2,08 %	2,24 %	3,99 %	8,44 %

Naar Stigningen i Kvælstofindholdet er saa forholdsvis ringe fra det første til det andet Dybdelag, hænger dette naturligt sammen med, at Størstedelen af Allaget hører til A-Horizonten (A₃), hvori der endnu findes betydelige Mængder organisk Stof, som ikke er ægte Humus og ikke tilstede i kolloidal Tilstandsform. I de næste to Dybder er sikkert alt organisk Stof ægte kolloidalt Humus, og i hver af disse Dybdezoner sker der en Fordobling af Kvælstofprocenten fra de overliggende Zoner. Hvad Aarsagen er hertil, er jeg ikke i Stand til at give nogen sikker Forklaring paa, men der er vel Grund til at antage, at det dybest liggende organiske Stof ogsaa er det ældste. Og er der i Tidens Løb sket en yderst langsom Omsætning heri, er Kvælstoffet altsaa omsat langsommere end Kulstoffet.

I Almindelighed tør man da vel sige, at af de

organiske Stoffer har de ægte kolloidale Humusstoffer, der ogsaa repræsenterer det største Kvælstofindhold, den største Evne til at vandre ned i Dybden.

Der er forøvrigt en paafaldende Forskel i Kvælstofindholdet i de dybeste Lag mellem Mangehøje og Skovsende Plantage, idet Gennemsnittet af alle Bestemmelser fra den første giver 9,89 % N, fra den sidste kun 6,77 % N. Dette hænger maaske sammen med, at Bakkeøerne (Mangehøje) er ældre geologiske Dannelser end Hedefladerne (Skovsende), saa der med Tiden sker en stadig Forskydning i de organiske Stoffers Sammensætning henimod Forbindelser med højere og højere Kvælstofindhold. Noget lignende er ogsaa Tilfældet i Højmose- og Tchernosemjorder, der samtidig med en Stigning af Kvælstofprocenten i de ældste Lag ogsaa viser en fastere og fastere Binding af dette Stof (DOJARENKO¹, FR. WEIS²). Ved fremtidige kemiske Undersøgelser over Humusstofferne bør man sikkert have sin Opmærksomhed rettet ogsaa herpaa.

At Kvælstofprocenten i »Humus«en tiltager med Dybden, medens Surhedsgraden aftager, stemmer ogsaa med, hvad HESSELMAN³ og AALTONEN⁴ har fundet angaaende Forholdet mellem »Humusen«s Kvælstofindhold og dens Reaktionsstal i de svenske og finske Naaetræsskove. Den store Kvæl-

¹ A. DOJARENKO: Der Stickstoff des Humus. Landw. Versuchsst. 56. Bd. 1902.

² P. E. MÜLLER og FR. WEIS: Ueber die Einwirkung auf Buchenroh-humus. Naturw. Zeitschr. f. Land. u. Forstwirtschaft. Jahrg. 1907. Se ogsaa »Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark« I. Bd. 1906.

³ H. HESSELMAN: Studier öfver barrskogens humustäcke etc. Meddelandan från Statens Skogsförsöksansalt. Häfte 22. Nr. 5. S. 303. 1926.

⁴ V. T. AALTONEN: Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. Communicationes ex institute quaestionum forestalium Finlandiae editae 10. Helsinki 1926.

stofprocent i den dybest liggende Humus har dog ikke saa stor praktisk Interesse, da den samlede Humusmængde her er saa ringe. Men saa meget større Opmærksomhed fortjener Kvælstofindholdet i Lyngmoren og Allagene, hvor Mængden af organisk Stof ofte er saa paafaldende stor, og der tiltrods for en lavere Kvælstofprocent dog findes et uhyre Depot af dette vigtige Stof.

I hvilken Grad dette nu kan bringes i Cirkulation ved Omdannelse til Plantenæringsstoffer som Ammoniak og Salpetersyre, er da et overordentlig vigtigt Spørgsmaal, som har den største baade videnskabelige og praktiske Interesse.

Et Bidrag til Besvarelsen heraf giver imidlertid Bestemmelserne af Ammoniak- og Salpetersyrekvælstof i Tabellerne I—IV. Det vil af disse ses, at der fandtes kendelige, ofte endog meget betydelige, Mængder af begge disse Kvælstofforbindelser i næsten alle undersøgte Profilers to øverste Lag (Lyngmor + Blegsand og Allagene), men i Regelen enten slet intet eller kun Spor af disse Stoffer i de to dybere Lag. Hvor Prøverne var udtagne i raa, ubearbejdet Hede, som i Skovsende-Profilerne 1 og 2, fandtes heller ingen Salpetersyre og kun ubetydeligt af Ammoniak i de øverste Lag, men disses Bearbejdning (og Kalkning) har straks medført den Fraspaltning af de paagældende Plantenæringsstoffer, der gaar Haand i Haand med den almindelige Formuldning af de organiske Stoffer. Nogen paafaldende Ammoniakdannelse uden efterfølgende Nitrifikation viser ingen af de udførte Analyser, maaske med Undtagelse af de fra Profilerne i raa Hede i Skovsende Plantage (Nr. 1 og 2). Men i Almindelighed synes der ikke at være nogen Vanskelighed forbunden med at faa Lyngmores betydelige Kvælstofindhold, i alt Fald delvis,

mobiliseret som Plantenæring, tiltrods for den herskende stærkt sure Reaktion.

Et slaaende Udtryk for, hvor let det gaar at faa Nitri-fikationen i Gang, viser den — ofte massevis — Optræden af den udprægede Nitratplante Gederams (*Chamaenerium angustifolium*), der sædvanlig følger umiddelbart efter Hedeens Bearbejdning (navnlig ved Reolpløjning) og Kalkning (se Fig. 9 og 10, S. 100 og 101).

Om nu ogsaa Allagenes Salpetersyre- (og Ammoniak-) indhold stammer fra disses egne »Humus«stoffer, er dog ikke afgjort med de her foretagne Bestemmelser. Det er muligt, at det er dannet i de overliggende Lag (Lyngmor + Blegsand) og med Regnvandet ført ned til Alen, men at de paa Grund af dennes Uigennemtrængelighed ikke har kunnet forsvinde i Dybden og da er fastholdte af Allaget. Sandsynligheden taler dog for, at der ogsaa i Al af den Beskaffenhed, som her er undersøgt (i Regelen en Blanding af Horisonterne A_3 og B_1), findes lige saa let omsættelige Kvælstofforbindelser som i Lyngmor og Blegsand og i alt Fald rigeligt til at give de fundne Mængder af Ammoniak og Salpetersyre. I hvilken Grad derimod de ægte kolloidale Humusstoffers Kvælstofindhold kan ammonificeres eller nitrificeres, er ikke hermed afgjort. Paa Forhaand maa man vel anse deres Nedbrydning for mulig, men den foregaar sikkert meget langsomt og maaske kun under ganske bestemte Betingelser, der endnu ikke er nærmere kendte (se dog nærmere senere).

I et tidligere Arbejde¹ har jeg paavist, at en svag Salpeterdannelse indtræder let i Hedejord, saa snart denne blot bliver bearbejdet og dermed gennemluftet. Men al Hede-

¹ FR. WEIS: Om Salpetersyrens Forekomst og Dannelse i Muld og Mor. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. II. Bd. 1908. (Ueber Vorkommen und Bildung der Salpetersäure in Wald- und Heideboden. Centralbl. f. Bakteriologie. II. Abt. 28. Bd. 1910).

jord var ikke lige tilbøjelig til Nitrifikation. Saaledes var det kun forholdsvis smaa Mængder Salpetersyre, der dannedes i Lyngmoren fra en rigtig gammel Hedebund (fra Hedeflade i Gludsted Plantage), selv ved Tilsætning af Kalk, medens Mortørven fra en ung Hededannelse, der for mindre



Jens Hvass fot. 17. 7. 1928.

Skovsende Plantage.

Fig. 9. Et Parti tilplantet Hede. Øverst tilvenstre ses Forkulturer af Hvidel (*Alnus incana*); foran tilhøjre en kraftig Vegetation af Gederams (*Chamaenerium angustifolium*).

Skovsende Plantation. A section of the planted heath. In the upper lefthand side a pre-growth of *Alnus incana* is seen. In the foreground of the right a luxuriant growth of *Chamaenerium angustifolium*.

end 100 Aar siden havde været en skovbevokset Morænebakke, ved den samme Behandling og Tilsætning af tilstrækkelige Mængder kulsur Kalk gav en overvældende stærk Salpetersyredannelse. H. HESSELMAN¹ har paavist den samme Tilbøjelighed til Salpeterdannelse i Jordbunden i raahumusdækkede Naaleskove i Sverig, saa snart der ved Bearbejdning eller andre mekaniske Indgreb sker en Blan-

¹ H. HESSELMAN: Om våra skogsforyngringsåtgärdars inverkan paa salpeterbildningen i marken. Meddelanden från Statens Skogsforsöksanstalt. Häfte 13—14. Stockholm 1917.

ding af Humus med mineralsk Jord og en Gennemluftning. Men i et senere Arbejde¹ har han dog paavist, at Kvælstoffet i flere ældre Bevoksninger af Gran i daarlig Vækst af en bestemt Type (*Vaccinium*-Typen) er saa haardt bundet, at det kun i en meget ringe Grad mobiliseres selv



Jens Hvass fot. 17. 7. 1928.

Skovsende Plantage.

Fig. 10. Et andet Parti af Forsøgsarealet, hvor de kraftige Chamænerier fremtræder skarpere.

Skovsende Plantation. Another view of the experiment area, in which the luxuriant growth of Chamænerium is even more plainly seen.

efter Tilførsel af Kalk og Podning med kvælstofmobiliserende Mikroorganismer. Og P. E. MÜLLER², der i sit sidste store Arbejde om de jyske Hedesletters Naturhistore ofrer Spørgsmaalet om Hedebundens Kvælstof en særlig udførlig Behandling, har ogsaa fundet Jordtyper paa Hedesletterne, hvori der vel foregaar en Ammoniakdannelse, men selv efter en Lagring af fra 30—185 Dage i Laboratoriet enten

¹ H. HESSELMAN: Studier öfver barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende af skogsvården. Meddelanden från Statens Skogs-försöksanstalt. Häfte 22, Nr. 5. Stockholm 1926.

² P. E. MÜLLER: De jyske Hedesletters Naturhistorie. 1924. I. c. S. 95—121.

slet ingen eller en meget ringe Salpetersyredannelse. Ved mine Undersøgelser over Jordbunden i forskellige danske Bøgeskove¹ viste det sig ogsaa, at visse Omraader, f. Eks. af Grib Skov i Nordsjælland og af Rold Skov i det nordøstlige Jylland, manglede Nitrifikationsevne, selv endog hvor Jordbunden var af muldagtig Beskaffenhed og dens Reaktion meget nær ved Neutralpunktet. Det er endelig velkendt, fra Undersøgelserne over Højmosetørv, at Nitrifikationen forløber des vanskeligere, fra jo dybere (ældre) Lag Tørven stammer.

Aarsagerne til denne manglende Nitrifikationsevne kan bl. a. tænkes at være følgende: 1) At Kvælstoffet er saa fast bundet, at det overhovedet ikke lader sig mobilisere. Denne Tydning er dog højst usandsynlig. Naar blot de rigtige Mikroorganismer er tilstede, og de for disse nødvendige Livskrav opfyldes, vil der sikkert ogsaa indtræde en, omend langsom, Nedbrydning. Og hvor der kan indtræde en Ammoniakdannelse, vil der ganske sikkert ogsaa kunne følge en Nitrifikation efter, selv om de nitrificerende Mikrober kræver andre Betingelser opfyldte (en særlig Reaktion? Tilstedeværelsen af visse Elektrolyter og maaske af særlige Piringsstoffer, samt Fraværelsen af mulige Gifte o. l.) end de ammonificerende. 2) At nitrificerende Mikrober mangler i Jordbunden. Denne Mulighed vil dog sikkert aldrig komme til at spille en Rolle i Naturen i det lange Løb. Thi vel kan saadanne Organismer være saa faatallige eller i en saa afsvækket Form tilstede, at Podning med kraftig nitrificerende Jord giver tydeligt Udslag (H. HESSELMAN)². Men da Nitrifikationsbakterierne

¹ FR. WEIS: Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne i typiske danske Bøgeskove. Meddelelser fra dansk Skovforenings Gødningsforsøg. IV. Dansk Skovforenings Tidsskrift. 1924.

² H. HESSELMAN: Studier öfver barrskogens humustäcke etc.

taaler længere Tids Udtørring og sikkert er saa at sige allestedsnærværende i Luftstøvet, vil de ogsaa efterhaanden indfinde sig med Nedbøren, hvor Betingelserne for deres videre Udvikling er tilstede (CARSTEN OLSEN)¹. 3) At de for Nitrifikationsbakteriernes Trivsel nødvendige Betingelser mangler. Hvilke disse er, ved vi ikke helt Besked om, men at foruden Reaktionen Temperaturen, Fugtigheden og Næringsstoffernes Art og Mængde spiller en Rolle, er indlysende, og med Hensyn til de sidste er det sandsynligt, at det i høj Grad beror paa den tilstedeværende Vegetation², om der gennem dennes Affaldsrester netop leveres det Materiale, som de nitrificerende Organismer kræver. 4) Endelig er det muligt, at der kræves Tilstedeværelsen af ganske specifikke Mikrober, der alene er i Stand til at nedbryde bestemte Humusstoffer til Ammoniak, saa de senere kan nitrificeres. Men det Spørgsmaal, om overhovedet alt Kvælstof i rigtig gamle Humusdannelser lader sig frigøre som Ammoniak og Salpetersyre, har endnu ikke fundet sin eksperimentelle Besvarelse.

At en i bearbejdet Hedejord begyndt Salpeterdannelse let kan standse igen, f. Eks. hvor et Mos-, Løv- eller Lyngdække lægger sig hen over Jorden, er derimod et ofte konstateret Faktum. Kun hvor Jorden bliver varig skørnet og gennemluftet, f. Eks. ved Regnormes og lignende Smaadyrs rodende Virksomhed eller ved bestandig Bearbejdning med Redskaber, bliver Salpetersyrekilden ved at flyde, og dette mærkes ogsaa let paa Vegetationen, f. Eks. paa unge Grankulturer, der da vedbliver at vokse og holde

¹ CARSTEN OLSEN: Om Brintionkoncentrationens Betydning for Kvælstofomsætningen i Jordbunden. Meddel. fra Carlsberg Laboratoriet. 17. Bd. 1928.

² V. T. AALTONEN. I. C. ANTONIN NĚMEC: Untersuchungen über die Humifizierung von Waldhumus. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdvæsen. LX. 1928.

sig grønne, medens en standset Nitrifikation ofte medfører Vækststandsning, Tøptørhed og Gulfarvning af Naalene som sikre Tegn paa Kvælstofhunger. Dette bliver dog ikke altid Resultatet, hvor blot Salpeterdannelsen standser. Hvis Ammoniakkdannelsen fortsættes, saaledes som Tilfældet kan være paa den bedre Hedebund, vil Granerne ogsaa kunne udnytte denne Kvælstofkilde og undgaa Vækststandsninger, og under saadanne Forhold tilvejebringes ogsaa let Betingelserne for Nitrifikation. At Ammoniakkilden flyder, maa derfor anses for det vigtigste og som et ubedrageligt Tegn paa, at Kvælstoffet i Humusforbindelserne mobiliseres.

For at Hedejordens Kvæstofforraad ikke for hurtig skal udtømmes — f. Eks. ved at der dannes mere Salpetersyre, end den forhaandenværende Vegetation kan optage, saa Overskuddet vaskes ud med Nedbøren — er det naturligvis vigtigt, at det ikke altfor let og hurtig frigøres af Humusforbindelserne. Og dette sker vist ogsaa kun sjældent. Det er i hvert Fald en Kendsgerning, at saavel Hede- som Mosejord, der opdyrkes til Agerbrug, i Regelen trænger til Kvælstofgødning for at give fuldt Udbytte af de almindelige Kulturplanter, selv efter den omhyggeligste Bearbejdning og Kalkning af Jordbunden. Men derimod synes en Bearbejdning mellem Rækkerne af plantede Naaletræer, som Rød- og Hvidgran samt Skovfyr, i de første Aar af disse Plantningers Levetid (indtil de har opnaaet Slutning) at være tilstrækkelig til Frigørelse af saa meget Kvælstof af selve Hedejordens Beholdning, at det sikrer en tilfredsstillende Vækst af disse Træer — selv uden Kalkning.

Det skal her endnu kun tilføjes, at naar der i de undersøgte Jordprøver ofte er fundet paafaldende store Mængder af Salpetersyre, op til 156 mgr pr. kg Jord, kan dette

skyldes, at Prøverne i nogen Tid har henstaaet i Daaser (ved gunstig Temperatur og Fugtighedsgrad), inden de blev analyserede. Ude i Naturen vilde Nitrifikationen maaske næppe have været saa livlig. Men Tilstedeværelsen af de store Mængder Salpetersyre viser altsaa, at Kvælstoffet her har kunnet nitrificeres. Under de samme Forhold er der derimod ikke dannet det mindste Spor af Salpetersyre i noget af Lagene i de to Profiler fra raa Hede i Skovsende Plantage (Profilerne 1 og 2), og i de dybere Lag, under Alen, er der jo ogsaa kun undtagelsesvis fundet ganske smaa Mængder af saavel Ammoniak som Salpetersyre. Her har da Vanskelighederne ved Kvælstoffets Frigørelse været betydelig større, og muligvis har det navnlig skortet paa Tilstedeværelsen af de forholdsvis faa Arter af Mikroorganismer, som er i Stand til virksomt at angribe Kvælstoffet i Humusstoffernes faste Bindinger. Heller ikke den ringere Surhedsgrad i de dybe Lag har fremmet Kvælstoffets Mobilisering, skønt Reaktionsforskydningen har været ret betydelig, fra pH -Værdier paa c. 4 i de øverste Lag (Lyngmor + Blegsand), trods Indblanding af Kalk i disse, til c. 5,5 i Undergrunden, hvor intet af den paaførte Kalk endnu er naaet ned. Indblanding af mineralske Partikler i det organiske Stof og den dermed følgende Gennemluftning — der muligvis ogsaa medfører en svag Forvitring og dermed Frigørelse af smaa Mængder Elektrolyter, som sammen med Kalken virker som Stødpudestoffer — er aabenbart af langt større Indflydelse paa Nitrifikationen end Forandringer i Jordprøvernes Total-Aciditet¹.

¹ Se ogsaa H. HESSELMAN: Studier öfver salpeterbildningen i naturliga jordmåner. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 13—14. Stockholm 1917 og FR. WEIS: Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne i typiske danske Bøgeskove. Meddelelser fra Dansk Skovforenings Gødningsforsøg, IV. Dansk Skovforenings Tidsskrift 1924.

Der synes da i det hele taget at være Mulighed for at bringe Hedejordens store og værdifulde Kvælstofdepot i en, omend undertiden kun langsom, Cirkulation, saa det kan udnyttes af de højere Planter og gennem lange Tidsrum komme disse tilgode. Dette har særlig Interesse, hvor Heden skal anvendes til Beplantning. Men ogsaa ved dens Anvendelse til Agerbrug kan man regne hermed. Og man kan ikke se bort fra dette Aktiv, der ved den rette Behandling kan realiseres i en ellers paa andre Næringsstoffer saa overordentlig fattig Jordbund.

Det uorganiske Kolloidkompleks (SiO_2 , Al_2O_3 og Fe_2O_3). Det, der gør en Jordbund frugtbar og gunstig for Opdyrkning, er jo ikke blot dens absolute Indhold af egentlige Plantenæringsstoffer, men muligvis i endnu højere Grad dens fysiske Struktur, dens levende Mikrokosmos og dens Indhold af Stoffer, der er i Stand til at fastholde Vand og andre Næringsstoffer, (saa de ikke for hurtigt forsvinder ved Fordampning og Udvaskning), eller som betinger en Regulering af Reaktionen ved at virke som Stødpuder mod for hastige Svingninger i Brintionkoncentrationen. Disse forskellige Egenskaber er bl. a. knyttede til de kolloidale Humusstoffer, men muligvis i relativt endnu højere Grad til visse uorganiske Kolloider, der ogsaa forekommer almindelig, omend i meget vekslende Mængder og ulige Fordeling, i de fleste Jordbundstyper. Disse Kolloider opstaar nemlig ved de almindelige Forvitningsprocesser og navnlig

TORBJØRN GAARDER og OSCAR HAGEM: Salpetersyredannelse i udyrket Jord. I. Orienterende Analyser. Bergen 1921. II. Nitrifikationens Afhængighed af Vandstofionkoncentrationen. Bergen 1928. Meddelelser Nr. 4 og Nr. 11 fra Vestlandets forstlige Forsøksstation. HALL, MILLER and GIMINGHAM: Nitrification in acid soils. Proceedings of The Royal Society of London. Series B. Vol. 80. 1928.

ved Vandets Indvirkning paa de Stenarter, der afgiver Raamateriale til Dannelsen af »det evig bevægelige Jorddække, vi kalder Jordbunden«¹. Thi i de Bjergarter, hvoraf denne opstaar, findes der saa at sige altid Forbindelser af Silicium, Aluminium og Jærn, da den oprindelige Jordskorpe for en væsentlig Del bestaar af Silikater, hvori bl. a. Aluminium indgaar, og Jærnforbindelser ogsaa hører til de almindeligst forekommende Mineralier. Og netop ved Vandets Indvirkning dannes der under Forvitringen af disse Mineralier bl. a. Kiselsyre, Aluminiumhydroksyd og Jærnhydroksyd i kolloidale Opløsninger (Soler), der i denne Tilstand er i Stand til at vandre horizontalt og vertikalt, og, hvor de træffer paa modsat elektrisk ladede Stoffer (Elektrolyter), eventuelt at koagulere og udskille sig som Geler. Da den kolloidale Kiselsyre er negativt elektrisk ladet, medens Aluminium- og Jærnhydroksyd begge er positivt ladede, kan disse Stoffer i givet Tilfælde gensidig udfælde hinanden, med mindre den ene Part er saa meget stærkere ladet end den anden, at denne bliver omladet ved den førstes Paa-virkning; i saa Tilfælde forbliver de paagældende Kolloider i Soltilstand.

Meget almindeligt forekommer saaledes kolloidal Kiselsyre og kolloidal Aluminiumhydroksyd, efter gensidig Udfældning, blandede i Geler af forskellig Vandholdighed. Denne blandede Gel repræsenterer noget, der svarer til de sværere Jorders værdifulde Lerindhold². Men selv om disse

¹ Den bekendte russiske Jordbundsforsker A. JARILOW har defineret »Jordbundslæren« som særlig en Videnskab overfor Geologien saaledes: »Geologien omfatter den døde Del af Jorden, Jordbundslæren det evig bevægelige Jorddække, som bliver forandret ved Solenergien, atmosfærisk Vand og Organismerne«. A. JARILOW: Jordbundslære (1901). Russisk. Citeret efter E. RAMANN: Bodenkunde III. Aufl. 1911.

² GEORG WIEGNER siger i »Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung« III. Aufl. 1924, Side 34: »Diese gemengten Gele

to Kolloider dannes paa samme Sted i Solform, behøver de ikke gensidig at udfælde hinanden, hvis der samtidig ogsaa er kolloidale, solformige Humusstoffer tilstede, der da virker som Beskyttelseskolloider og tillader de beskyttede Kolloider at vandre, f. Eks. med Regnvandet, nedad i Jorden. Det hænder da, og er netop almindeligt i Podsoljorder som de her behandlede, at Udfældningen i Gelform først sker i dybere Jordlag, hvor tilstedeværende Baser som kolloidal Jærnhydroksyd eller Kationer af forskellige Elektrolyter neutraliserer de negativt ladede Anioner af Kisel-syre og Humussyrer.

De Blandinger af den negativt ladede Kiselsyre og det positivt ladede Aluminiumhydroksyd, i hvilke de to Komponenter optræder i varierende indbyrdes Mængdeforhold, repræsenterer ogsaa, hvad man kalder Udvekslingszeoliter, der spiller saa stor en Rolle i Jordbunden ved deres Evne til at tilbageholde i fast Binding Ammonium- og Kaliumkationer, i svagere Bindinger Natrium- og Calciumioner, under samtidig Frigørelse af Aluminium- og Brintioner. De er da Hovedsædet for den uhyre vigtige Baseudveksling, der foregaar dels ved Frigørelse af Elektrolyter under Forvitningsprocesserne, dels ved Tilførsel af Kalk eller Gødningsstoffer til Jorden, og hvorunder denne faar en for de højere og lavere Planter (Bakterierne) særdeles gunstig fysisk Struktur, Krummestrukturen (tysk »Krümelstruktur«), ved de opløste Kolloiders Udfældning som Geler. Og da alle i Jorden forekommende Kolloider, som vi har set, tillige har saa overordentlig stor Betydning for Jordbundens

aus Aluminiumhydroxyd und Kieselsäure stellen Austauschzeolithe im Boden des humiden und semi-humiden Klimas dar, es sind zum Teil die tonigen Bestandteile unserer schweren Böden, kurz die austauschfähige Bestandteile der Tone«.

vandholdende Evne (Hygroskopicitet), er det indlysende, at disse Stoffer frembyder en ganske særlig Interesse.

Nu er det jo imidlertid karakteristisk for de Podsoljorder, der er saa almindelige i de kolde og koldt tempererede, humide Klimaregioner, og som bl. a. ogsaa er repræsenterede af vore Hedejorder, at de nævnte 3 uorganiske Kolloider, takket være den samtidige Tilstedeværelse af Humusstoffer, der virker som Beskyttelseskolloider, og det overordentlig ringe Indhold af basiske Bestanddele i Jordbundens øvre (tildels ogsaa nedre) Lag, ikke forbliver i selve Forvittringszonen, hvor de dannes, men med Nedbøren vandrer ned i dybere Lag og først her udskilles enten i en saakaldt løsere Rødjords- eller en fastere Alzone. Navnlig det Lag af den mineralske Jord, der ligger umiddelbart under det øverste Raahumuslag (Lyngskjolden), udludes næsten helt for de ved Forvittringen dannede uorganiske Kolloider og fremtræder derfor som det karakteristiske Lag af Blegsand, bestaaende hovedsagelig af hvide, klare Kvartskorn med større eller mindre Mængder af nedslammede faste »Humus«partikler indblandede. Men under Blegsandslaget, der sammen med det overliggende Raahumuslag og et underliggende ogsaa meget »humus«rigt og ofte fast Lag af »Tørveal« repræsenterer en Udludningszone eller den eluviale Horizont, foregaar da den Udfældning af det samlede organiske og uorganiske Kolloidkompleks i Gelform, der fører til en løsere (Rødjord) eller tættere (A1) Sammenkitning af faste organiske eller uorganiske Partikler i en saakaldt illuvial Horizont. Her standser da Vandringen nedad af den overvejende Del af de forhaandenværende Kolloider. Kun en mindre Mængde naar dybere ned i den uforvitrede Undergrund, C-Horizonten. Og i denne kan der saa forøvrigt ved en

længere Stilstand af Grundvandet i vekslende Dybder ved Iltningsprocesser indtræde lignende Udskillelser af Kolloider i Gelform, væsentligst af Jærnhydroksyd, der, i Regelen i ganske tynde Lag, men undertiden ogsaa i Form af mere massive Konkretioner, fører til Dannelsen af saakaldte Grundvandsal eller Glei, der repræsenterer en eller flere G-Horizonte.

En saadan efterhaanden indtrædende typisk Lagdeling eller Podsolering af en oprindelig mere homogen Jordbund, saaledes som den er repræsenteret af, hvad P. E. MÜLLER har kaldt »Muldjord« og E. RAMANN »Brunjord«, og som iøvrigt kendetegner de mere frugtbare Jordbundsformer under vore Himmelstrøg, betegner en Degeneration og en for Plantelivet ugunstig Forandring af denne. I den frugtbare eller sunde Jordbund er Kolloiderne jævnt fordelte i hele Forvittringslaget, idet den negativt ladede kolloidale Kiselsyre og de ligeledes negativt ladede kolloidale Humussyrer straks udfældes som Geler af samtidig dannede positivt ladede Kolloider af Aluminium- og Jærnhydroksyd eller af forskellige Elektrolyter med en stærkt positivt ladet Baseion; og det kommer her i det hele taget ikke til den Ophobning af »Humus«, der kan virke som Beskyttelseskolloider overfor det uorganiske Kolloidkompleks. Jordbundens Krummestruktur bevarer her, og Jorden er absorptivt mættet. Men saa snart Formuldingen af de organiske Affaldsprodukter af en eller anden Grund gaar i Staa, saa »Humus«en ophobes, og der dannes rigeligt af Humussyrer, indtræder Degenerationen straks og giver sig til Kende ved, at Krummestrukturen gaar over i Enkeltkornstruktur, og der som oftest snart under »Humus«-laget danner sig en Blegsandszone, hvorunder igen

en Rødjords- eller Alzone o. s. v. Saadanne Jorder betegnes som absorptivt umættede.

Nu har imidlertid OLOF TAMM og KARL LUNDBLAD¹ vist, at en saadan Degeneration meget hurtig, undertiden endog før den er umiddelbart synlig, kan forfølges ved en kvantitativ Bestemmelse af det uorganiske Gelkompleks' Fordeling i forskellige Dybder af Jordbunden ved Hjælp af den af TAMM udarbejdede Metode. Og denne er det da, jeg ogsaa har anvendt paa alle de af mig udtagne Jordprøver.

Til Sammenligning med de Resultater, jeg har fundet, skal her anføres af LUNDBLAD'S¹ Arbejde Tal for de uorganiske Gelters Fordeling i forskellige Dybder i Typer af svenske Skovjorder, dels udprægede Muld-(Brun-)jorder, dels svagt og dels stærkt podsolerede Jorder, der er opstaaede ved Degeneration af oprindelige Muldjorder.

I en smuk Bøgeskov i Småland med typisk Muldbund (Profil 1) fandtes følgende Indhold af uorganiske Geler i Procent af samlet uorganisk Stof:

Beautiful beech forest with typical mould (brown soil). Småland, Sweden
(Tamm & Lundblad).

Jordlagets Art Nature of stratum	Muld Mould	Brunjord Brown soil	Brunjord	Moræne Moraine	Moræne
Dybde Depth	3—13 cm	15—32 cm	32—57 cm	60—80 cm	100—115 cm
SiO ₂	0,02 %	0,06 %	0,08 %	0,07 %	0,07 %
Fe ₂ O ₃	0,62 -	0,62 -	0,52 -	0,36 -	0,16 -
Al ₂ O ₃	0,53 -	0,42 -	0,58 -	0,37 -	0,37 -
Ialt. ... Total	1,17 %	1,10 %	1,18 %	0,80 %	0,60 %

¹ KARL LUNDBLAD: Ett bidrag till kännedomen om brunjords- eller mulljordstypens egenskaber och degeneration i södra Sverige. Meddelanden från Statens Skogsforsöksanstalt. Häfte 21. Stockholm 1924.

I en smuk Egebevoksning i Østergötland paa god Muld-bund (Profil 7) fandtes følgende Gelmængder:

Beautiful oak forest with good mould. Östergötland, Sweden (Tamm & Lundblad).

Jordlagets Art Nature of stratum	Muld Mould	Rødjord Red soil	Rødjord	Humøs Moræne	Moræne
Dybde Depth	2—10 cm	20—40 cm	40—50 cm	50—70 cm	140—150 cm
SiO ₂	0,07 %	0,20 %	0,15 %	0,10 %	0,12 %
Fe ₂ O ₃	1,22 -	1,12 -	0,96 -	0,33 -	0,52 -
Al ₂ O ₃	0,90 -	1,06 -	1,10 -	0,76 -	0,31 -
Ialt . . . Total	2,20 %	2,38 %	2,21 %	1,19 %	0,95 %

Vi ser her i begge disse ikke podsolerede Profiler en ganske jævn Fordeling af de uorganiske Kolloider i de øverste Lag, i indtil c. 50 cm Dybde, og derefter en jævn Aftagen mod større Dybder.

I en Bøgeskov i Småland med begyndende Podsolering (Profil 3) fandtes følgende Fordeling af de uorganiske Kolloider:

**Beech forest soil with incipient podsolisation. Småland, Sweden
(Tamm & Lundblad).**

Jordlagets Art Nature of stratum	Blegjord Leached soil	Brunjord Brown soil	Brunjord	Moræne Moraine	Gleistriber Stripes of glei
Dybde Depth	7—8 cm	8—21 cm	31—46 cm	75 cm	60—70 cm
SiO ₂	0,03 %	0,03 %	0,25 %	0,07 %	0,11 %
Fe ₂ O ₃	0,52 -	0,87 -	0,76 -	0,08 -	1,51 -
Al ₂ O ₃	0,46 -	0,64 -	1,41 -	0,18 -	0,67 -
Ialt . . . Total	1,01 %	1,54 %	2,42 %	0,33 %	2,29 %

Her ses begyndende Udvaskning i de øverste Lag (Blegjorden) og en svag Ophobing i de dybere Lag indtil c. 50 cm,

derefter igen en stærk Aftagen i Undergrunden (Morænen) med ny Ophobning i Glestriber (Grundvandsal), særlig af Jærnhydroksyd.

Denne uligeartede Fordeling bliver imidlertid endnu mere udpræget i følgende tre typisk podsolerede Jorder:

Blandet Naaletræsskov (Gran og Fyr) i
Småland (Profil 5).

Mixed forest (spruce and pine) soil. Småland, Sweden (Tamm & Lundblad).

Jordlagets Art Nature of stratum	Blegsand Leached sand	Rødjord Red soil	Rødjord	Moræne Moraine	Moræne	Glestriber Stripes of glei
Dybde Depth	13—16 cm	20—30 cm	30—40 cm	50—60 cm	120 cm	60—70 cm
SiO ₂	0,06 %	0,52 %	0,64 %	0,43 %	0,12 %	0,11 %
Fe ₂ O ₃	0,38 -	0,98 -	0,65 -	0,28 -	0,31 -	1,36 -
Al ₂ O ₃	0,49 -	2,36 -	2,35 -	1,43 -	0,19 -	0,69 -
Ialt... Total	0,93 %	3,86 %	3,64 %	2,14 %	0,62 %	2,16 %

Granskov med indblandet Fyr i Jämtland (Profil 8).

Spruce forest with intermixed pine. Jämtland, Sweden
(Tamm & Lundblad).

Jordlagets Art Nature of stratum	Blegjord Leached soil	Rødjord Red soil	Undergrund Subsoil
Dybde Depth	5—13 cm	13—23 cm	50 cm
SiO ₂	0,09 %	0,49 %	0,18 %
Fe ₂ O ₃	0,20 -	1,24 -	0,62 -
Al ₂ O ₃	0,31 -	1,73 -	0,68 -
Ialt... Total	0,60 %	3,46 %	1,48 %

Sammenlignes nu disse Resultater med de af mig fundne, faas en meget smuk Overensstemmelse i Hovedtrækkene. Af mine Hovedtabeller har jeg udregnet Gennemsnitstal for

Gammel degenereret Granskov i Norrbotten ved
Piteå (Profil 9).

Old degenerated spruce forest. Piteå, Sweden (Tamm & Lundblad).

Jordlagets Art Nature of stratum	Blegjord Leached soil	Al Hardpan	Al	Undergrund Subsoil
Dybde Depth	10—30 cm	30—45 cm	45—75 cm	90—100 cm
SiO ₂	0,03 %	0,09 %	0,33 %	0,13 %
Fe ₂ O ₃	0,43 -	1,42 -	0,70 -	0,41 -
Al ₂ O ₃	0,18 -	0,37 -	1,31 -	0,61 -
Ialt... Total	0,64 %	1,88 %	2,34 %	1,15 %

hver af de forskellige Bonitetsklasser i Mangehøje Plantage og desuden af alle Tallene i Skovsende Plantage, der praktisk talt hører til én Bonitetsklasse. Men da Jordprøverne fra de forskellige Profilers 4 Horisonter ikke altid er tagne i samme Dybde, kan Angivelsen af denne jo ikke udtrykkes ved et nøjagtigt Gennemsnitstal, idet Alen har ligget i ret varierende Dybder.

Mangehøje Plantage (plantation). I. Bonitets-
klasse (quality). Profilerne (profiles) 10, 11 og 12.

Average content of inorganic colloids.

Jordlagets Art Nature of stratum	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	Alen Hardpan	Laget under Alen Layer under hardpan	Under- grunden Subsoil
Dybde Depth	c. 0—20 cm	c. 20—40 cm	c. 40—60 cm	c. 60—80 cm
SiO ₂	0,05 %	0,17 %	0,09 %	0,17 %
Fe ₂ O ₃	0,29 -	0,73 -	0,25 -	0,09 -
Al ₂ O ₃	0,39 -	0,51 -	0,57 -	0,16 -
Ialt... Total	0,73 %	1,41 %	0,91 %	0,42 %

Uddrages af de paagældende 3 Profiler den mest muld-
agtige, Profil 10, der helt mangler Al, viser den i 3 Dybder:

Average content of inorganic colloids. Mouldlike profile (No. 10) in Mangelhøje Plantation.

Jordlagets Art Nature of stratum	Muldliggende Overgrund Mouldlike upper soil	Laget herunder Next layer	Under- grunden Subsoil
Dybde Depth	0—25 cm	25—30 cm	50—70 cm
SiO ₂	0,05 %	0,13 %	0,09 %
Fe ₂ O ₃	0,44 -	0,66 -	0,12 -
Al ₂ O ₃	0,87 -	0,49 -	0,12 -
Ialt... Total	1,36 %	1,28 %	0,33 %

Mangelhøje Plantage. II. Bonitetsklasse.
Profilerne 8 og 9.

Average content of inorganic colloids.

Jordlagets Art Nature of stratum	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	Alen Hardpan	Laget under Alen Layer under hardpan	Under- grunden Subsoil
Dybde Depth	c. 0—20 cm	c. 20—40 cm	c. 40—60 cm	c. 60—80 cm
SiO ₂	0,06 %	0,07 %	0,12 %	0,08 %
Fe ₂ O ₃	0,24 -	2,21 -	0,31 -	0,07 -
Al ₂ O ₃	0,22 -	1,22 -	0,57 -	0,11 -
Ialt... Total	0,52 %	3,50 %	1,00 %	0,26 %

Mangelhøje Plantage. III. Bonitetsklasse.
Profilerne 13, 14, 2, 4, 5, 6 og 7.

Average content of inorganic colloids.

Jordlagets Art Nature of stratum	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	Alen Hardpan	Laget under Alen Layer under hardpan	Under- grunden Subsoil
Dybde Depth	c. 0—20 cm	c. 20—40 cm	c. 40—60 cm	c. 60—80 cm
SiO ₂	0,06 %	0,11 %	0,13 %	0,09 %
Fe ₂ O ₃	0,07 -	1,37 -	0,18 -	0,10 -
Al ₂ O ₃	0,07 -	1,60 -	0,47 -	0,21 -
Ialt... Total	0,20 %	3,08 %	0,78 %	0,40 %

Skovsende Plantage. Profilerne 1—10.
Average content of inorganic colloids.

Jordlagets Art Nature of stratum	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	Alen Hardpan	Laget under Alen Layer under hardpan	Under- grunden Subsoil
Dybde Depth	c. 0—20 cm	c. 20—40 cm	c. 40—60 cm	c. 60—80 cm
SiO ₂	0,07 %	0,14 %	0,14 %	0,15 %
Fe ₂ O ₃	0,11 -	1,44 -	0,25 -	0,15 -
Al ₂ O ₃	0,10 -	1,02 -	0,48 -	0,33 -
Ialt . . . Total	0,28 %	2,60 %	0,87 %	0,63 %

I alle de her anførte Sammenstillinger synes Kiselsyren at indtage en underordnet Plads i Forhold til de to andre Kolloider. Men dette Billede forskydes betydelig, hvis alle tre Kolloider omregnes til Molekularprocenter af det samlede uorganiske Kolloidindhold, idet Kiselsyren har en saa meget lavere Molekularvægt (SiO₂ = 60,4) end Aluminiumhydroksyd (Al₂O₃ = 102,2) og Jærnhydroksyd (Fe₂O₃ = 159,8). Dette fremgaar af nedenstaaende Sammenstillinger, hvor der til de enkelte Kolloiders Mængde i Vægtprocent af den samlede Jordmængde er føjet dels deres Vægtprocent, dels deres Molekularprocent af det samlede Kolloidindhold (se Tab. S. 117—120):

Ved denne Opstilling kommer Kiselsyrens Betydning i det samlede Kolloidkompleks mere til sin Ret, og Billedet af Fordelingen af alle 3 Kolloider bliver ogsaa et andet, naar deres Mængder udtrykkes i Molekularprocent af alle Kolloider. Da der ikke kan opstilles nogen Molekularvægt for »Humus«stofferne, der jo udgør en betydelig Del af den samlede Jordmængde (i alt Falt i visse Horisonter), har en Molekularprocent af alle Kolloider i Jorden naturligvis ikke kunnet udregnes.

Mangehøje. I. Bonitetsklasse.

Content of inorganic colloids. Quality.

		Af hele Jord- mængden Of the total soil mass	Af det samlede uorg. Kolloid- indhold Of the total inorganic colloid content	
Horizont	Kolloid	Vægt- procent p. c. of weight	Vægt- procent p. c. of weight	Molekular- procent Molecular per- centage
A ₁ —A ₂	SiO ₂	0,05	6,9	12,8
	Al ₂ O ₃	0,39	53,4	59,1
	Fe ₂ O ₃	0,29	39,7	28,1
	Sum	0,73	100,0	100,0
A ₃ —B ₁	SiO ₂	0,17	12,1	22,8
	Al ₂ O ₃	0,51	30,2	40,3
	Fe ₂ O ₃	0,73	51,8	36,9
	Sum	1,41	100,1	100,0
B ₂	SiO ₂	0,09	9,9	17,3
	Al ₂ O ₃	0,57	62,6	64,6
	Fe ₂ O ₃	0,25	27,5	18,1
	Sum	0,91	100,0	100,0
C	SiO ₂	0,17	40,5	57,0
	Al ₂ O ₃	0,16	38,1	31,7
	Fe ₂ O ₃	0,09	21,4	11,4
	Sum Total	0,42	100,0	100,1

De i Tabellerne V—VII anførte Kolloidbestemmelser, der ikke er medtagne i de foran nævnte Gennemsnitsberegninger, men som er udførte i hver af 5 skarpt adskilte forskellige Horisonter, bekræfter ogsaa smukt de netop udregnede Resultater. Vi ser saaledes ogsaa her en væsentlig anden Fordeling af Kolloiderne i den kun svagt podsolerede, muldagtige Profil 10a fra Mangehøje, der ligger ganske nær ved Profil 10

Mangehøje. II. Bonitetsklasse.

Content of inorganic colloids.

		Af hele Jordmængden Of the total soil mass	Af det samlede uorg. Kolloidindhold Of the total inorganic colloid content	
Horizont	Kolloid	Vægtprocent p. c. of weight	Vægtprocent p. c. of weight	Molekularprocent Molecular percentage
A ₁ —A ₂	SiO ₂	0,06	11,5	21,3
	Al ₂ O ₃	0,22	42,3	46,4
	Fe ₂ O ₃	0,24	46,2	32,3
	Sum	0,52	100,0	100,0
A ₃ —B ₁	SiO ₂	0,07	2,0	4,3
	Al ₂ O ₃	1,22	35,0	44,5
	Fe ₂ O ₃	2,21	63,1	51,2
	Sum	3,50	100,1	100,0
B ₂	SiO ₂	0,12	12,0	20,9
	Al ₂ O ₃	0,57	57,0	58,7
	Fe ₂ O ₃	0,31	31,0	20,3
	Sum	1,00	100,0	99,9
C	SiO ₂	0,08	30,8	46,7
	Al ₂ O ₃	0,11	42,3	37,9
	Fe ₂ O ₃	0,07	27,0	15,4
	Sum Total	0,26	100,1	100,0

(Hovedtabel I). Og vi ser tillige et yderst ringe Kolloidindhold, der endda kun bestaar af Kiselsyre, i Blegsandslaget, som her ikke har været blandet med Lyngmoren, i alle tre Profiler. I de to af disse (Mangehøje 10 a og Skovsende) er der langt mere af Kolloider, særlig af Jærn, i Horizont A₃ (Tørvealen) end i Horizont B₁ (den gulbrune Al). Profil 6 a fra Mangehøje viser det omvendte, men her er der i det hele taget, i alle Horisonter,

Mangehøje. III. Bonitetsklasse.

Content of inorganic colloids.

		Af hele Jord- mængden Of the total soil mass	Af det samlede uorg. Kolloid- indhold Of the total inorganic colloid content	
Horizont	Kolloid	Vægt- procent p. c. of weight	Vægt- procent p. c. of weight	Molekular- procent Molecular per- centage
A ₁ —A ₂	SiO ₂	0,06	30,0	47,0
	Al ₂ O ₃	0,07	35,0	32,4
	Fe ₂ O ₃	0,07	35,0	20,6
	Sum	0,20	100,0	100,0
A ₃ —B ₁	SiO ₂	0,11	3,6	7,1
	Al ₂ O ₃	1,60	51,9	60,1
	Fe ₂ O ₃	1,37	44,5	32,8
	Sum	3,08	100,0	100,0
B ₂	SiO ₂	0,13	16,7	27,4
	Al ₂ O ₃	0,47	60,2	58,3
	Fe ₂ O ₃	0,18	23,1	14,3
	Sum	0,78	100,1	100,0
C	SiO ₂	0,09	22,5	35,8
	Al ₂ O ₃	0,21	52,5	49,2
	Fe ₂ O ₃	0,10	25,0	14,9
	Sum Total	0,40	100,0	99,9

fundet et paafaldende ringe Kolloidindhold, hvilket kan forklares derudfra, at denne Profil var meget stenet, ligesom Stenenes Fordeling igen kan have bevirket det afvigende Forhold i Forskellen mellem Horisonterne A₃ og B₁.

Saa at sige alle mine Profiler viser det samme som TAMM og LUNDBLAD samt flere andre Forskere (GLINKA, FROSTERUS m. fl.) har fundet, at Jærnhydroksydet udfældes førend Aluminiumhydroksyd og Kiselsyre,

Skovsende.
Content of inorganic colloids.

		Af hele Jordmængden Of the total soil mass	Af det samlede uorg. Kolloidindhold Of the total inorganic colloid content	
Horizont	Kolloid	Vægtprocent p. c. of weight	Vægtprocent p. c. of weight	Molekularprocent Molecular percentage
A ₁ —A ₂	SiO ₂	0,07	25,0	41,1
	Al ₂ O ₃	0,10	35,7	34,7
	Fe ₂ O ₃	0,11	39,3	24,3
	Sum	0,28	100,0	100,1
A ₃ —B ₁	SiO ₂	0,14	5,4	11,0
	Al ₂ O ₃	1,02	39,2	46,9
	Fe ₂ O ₃	1,44	55,4	42,1
	Sum	2,60	100,0	100,0
B ₂	SiO ₂	0,14	16,1	27,1
	Al ₂ O ₃	0,48	55,2	54,8
	Fe ₂ O ₃	0,25	28,7	18,2
	Sum	0,87	100,0	100,1
C	SiO ₂	0,15	23,8	37,4
	Al ₂ O ₃	0,33	52,4	48,6
	Fe ₂ O ₃	0,15	23,8	14,0
	Sum Total	0,63	100,0	100,0

idet en forholdsvis langt større Del af det første holdes tilbage i Alen og allerede i Tørvealen (A₃-Horizonten). Naar der igen i Glestriber optræder store Mængder Jærnhydroksyd, er dette tilført nedefra med Grundvandet og skyldes ikke en Udludning fra de øverste Lag af A-Horizonten. Aluminiumhydroksyd og Kiselsyre trænger noget dybere ned, den sidste findes endog sædvanligvis i omtrent samme Mængde i de forskellige Horisonter.

Alt i alt bekræfter mine Analyser TAMMS og LUNDBLADS Fund: at de uorganiske Kolloiders Fordeling i de forskellige Horisonter bliver et fintmærkende Udtryk for Podsoleringsgraden.

Udtrykkes Resultaterne af Kolloidbestemmelserne (i Vægtprocent af den samlede Jordmængde) for hver enkelt Profil grafisk, som sket paa Fig. 11 og 12, viser det sig, at Kurvene for de 3 Profiler fra Mangehøje (10, 11 og 12), der er konstruerede for I. Bonitetsklasse, har et helt andet Forløb end de øvrige, og at de falder meget nær sammen med de af LUNDBLAD konstruerede Kurver for Muldjorden i svenske Bøgeskove, ligesom de øvrige af mine Kurver for Mangehøje har samme karakteristiske Form som LUNDBLADS Kurver for degenererede Skovjorder eller udprægede Podsoljorder. To af mine Kurver for Mangehøje II. Bonitetsklasse (8 og 9) viser vel afgjort Podsolering, men Toppunkterne er forskudte nærmere mod Overfladen, og i Lagene under Alen er der ogsaa forholdsvis større Mængder af Kolloider end i de fleste af de stærkt podsolerede Profiler. Disse to Kurver dækker da ogsaa over min II. Bonitetsklasse, eller hvad jeg har kaldt middel-podsolerede Jorder. For den tredje Gruppe, III. Bonitetsklasse, eller de stærkt podsolerede Profiler i Mangehøje (13, 14, 2, 4, 5, 6 og 7) viser Kurverne ganske ringe Mængder af Kolloider i de øverste Lag, en stærk Ophobning i de forholdsvis dybt liggende Allag og derefter et brat Fald mod de endn dybere liggende Lag.

Kurverne for Skovsende Profilerne har næsten alle samme Form som de, der udtrykker den stærkeste Podsolering i Mangehøje. Kun Kurverne for Profil 8 ligner Kurverne for den svageste Podsolering i Mangehøje. Da Alen i Skovsende mange Steder ligger i mindre Dybder end i Mangehøje, er

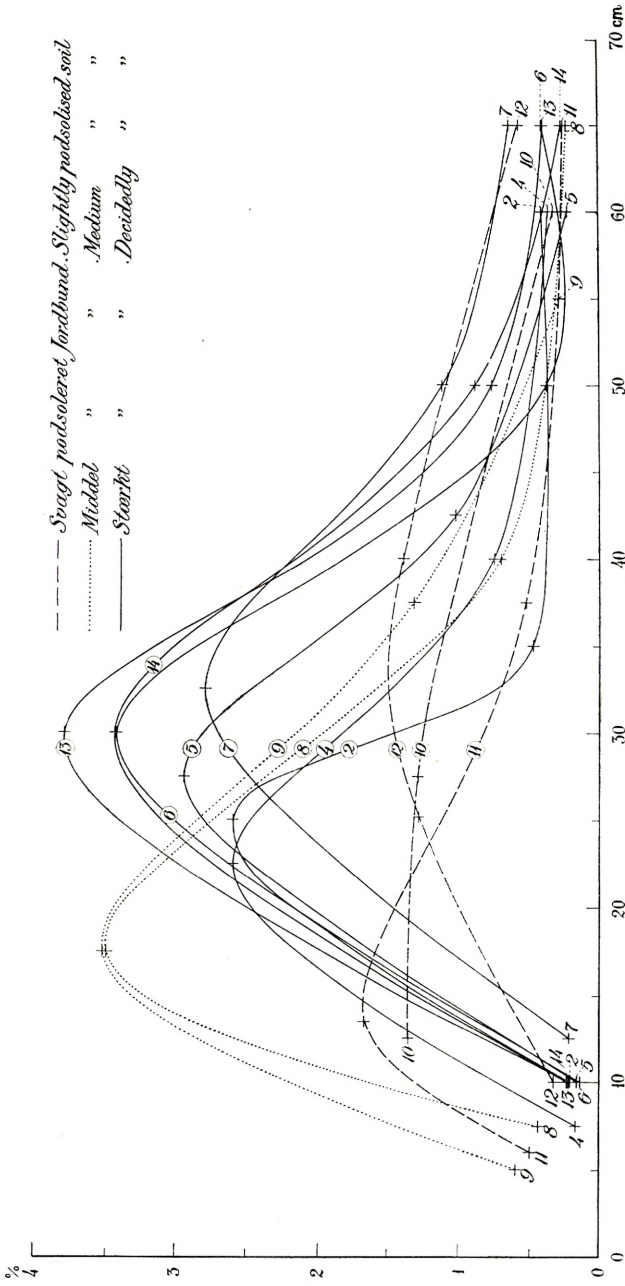


Fig. 11. Mangehøje Plantation. Fordelingen af de uorganiske Kolloider ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) i Vægtprocent af den samlede Jordmængde. Ordinaterne angiver den samlede Kolloidmængde, Abscisserne Dybderne. Tallene paa Kurverne svarer til Profilmønstrene.

Mangehøje Plantation. Distribution of the inorganic colloid complex ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) in weight percent of the total soil mass. The ordinals indicate the total amount of colloids, the abscissa the depths. The figures on the curves correspond to the numbers of the profiles.

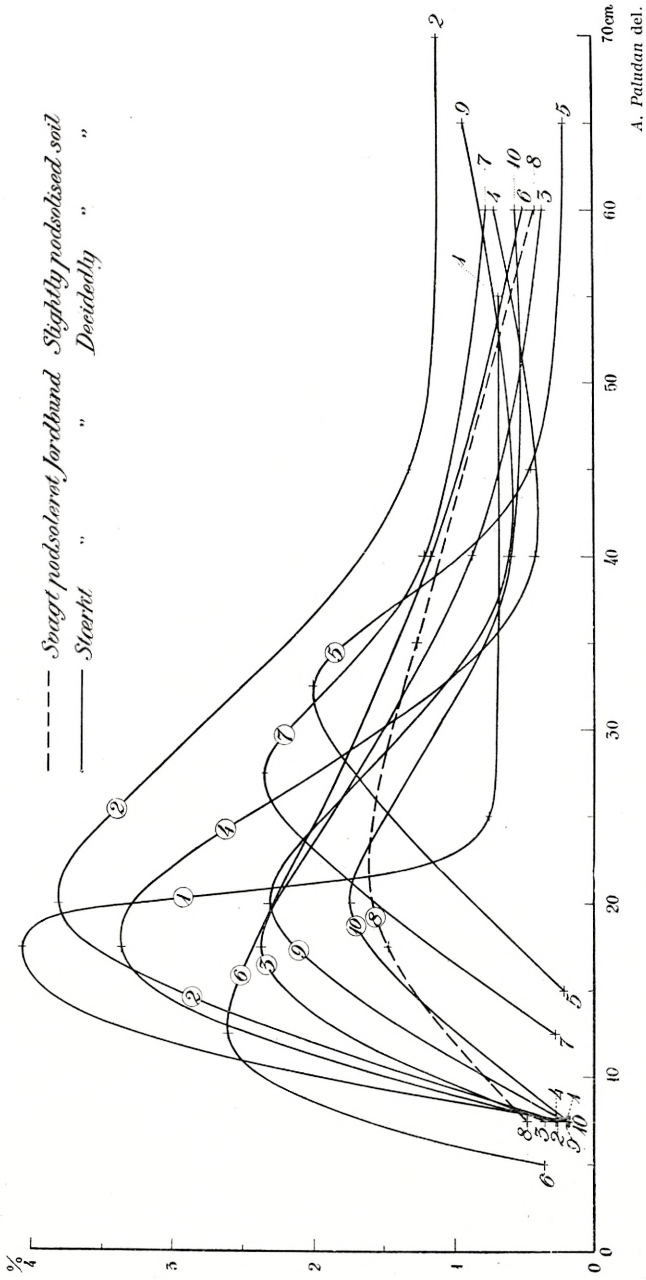
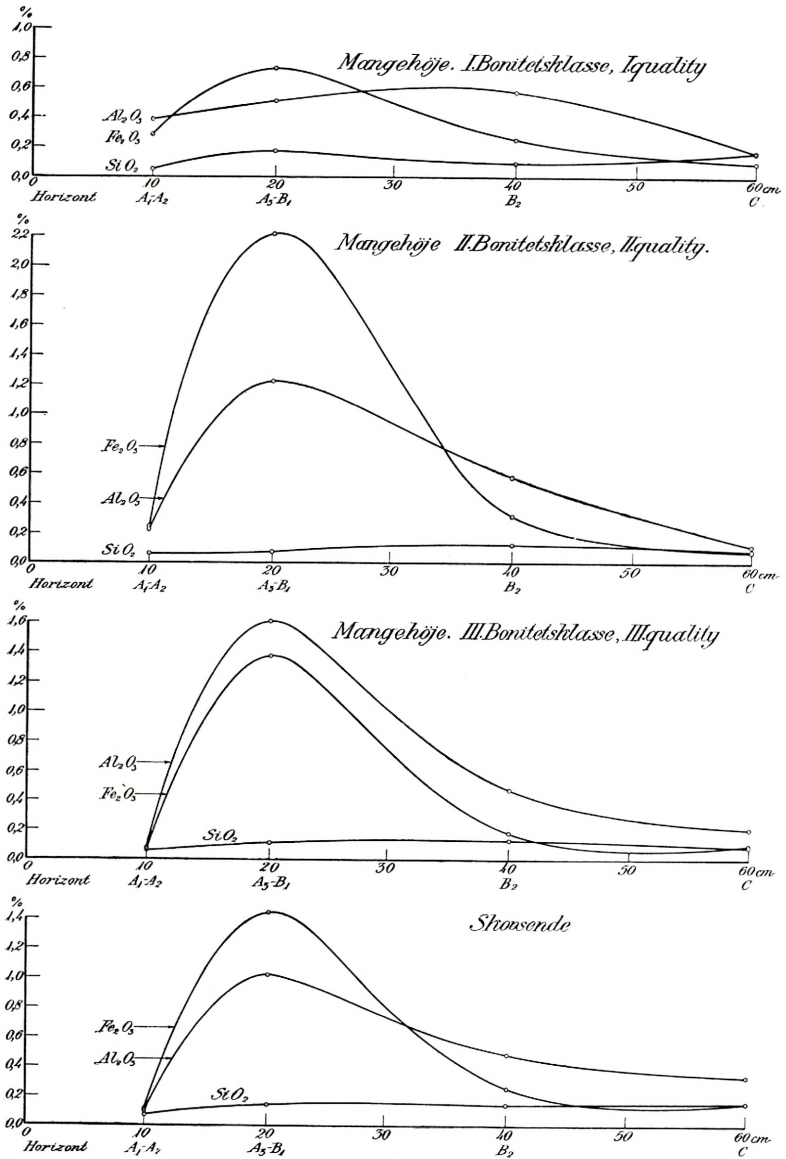


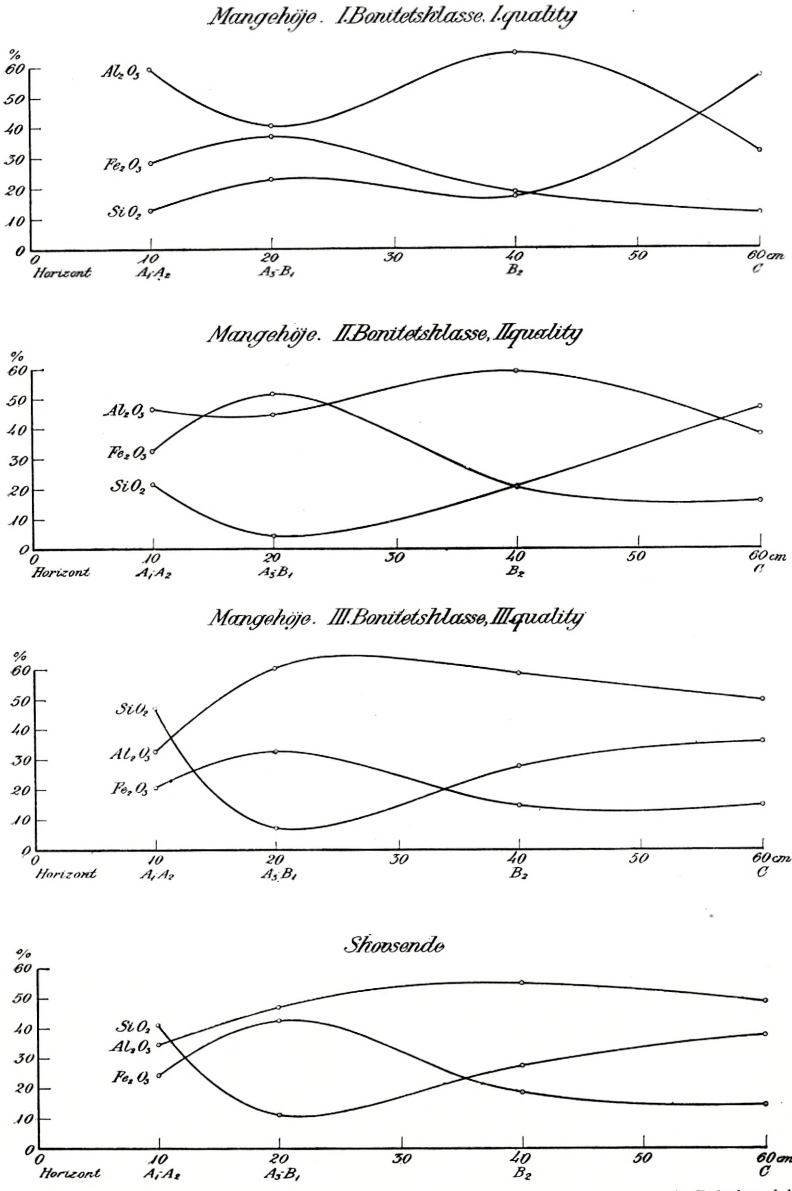
Fig. 12. Skovsønde Plantage. Fordelingen af de uorganiske Kolloider (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) i Vægtprocent af den samlede Jordmængde. Se øvrigt Fig. 11.
 Skovsønde Plantation. Distribution of the inorganic colloid complex (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) in weight percent of the total soil mass. Cfr. fig. 11.



A. Paludan del.

Fig. 13. Kurver, der udtrykker Gennemsnitstal af de enkelte uorganiske Kolloiders Fordeling i Vægtprocent af den samlede Jordmængde.

Curves showing the average figures of the distribution of the separate inorganic colloids in weight percent of the total soil mass.



A. Paludan del.

Fig. 14. Kurver, der udtrykker den indbyrdes Fordeling af de enkelte Kolloider i Molekularprocent af den samlede Kolloidmængde.
Curves showing the mutual distribution of the separate colloids in molecular percent of the total amount of colloids.

Toppunkterne for de tilsvarende Kurver ogsaa forskudte henimod Overfladen. Men for alle Skovsende-Kurvernes Vedkommende (undtagen Profil 8) ligesom for de stærkest podsolerede Profilers Vedkommende i Mangehøje er det karakteristisk, at de begynder meget nær ved Abscisseaksen eller at Indholdet af uorganiske Kolloider i Lyngmor + Blegsands-Laget kun er meget ringe.

I Fig. 13 er fremstillet Kurver som Udtryk for Gennemsnitstal af de enkelte uorganiske Kolloiders indbyrdes Fordeling i Vægtprocent af den samlede Jordmængde. Den grafiske Fremstilling af den indbyrdes Fordeling efter Molekularprocent af den samlede Kolloidmængde i de forskellige Horisonter, som er givet i Fig. 14, viser et noget andet Billede end Kurverne i Fig. 13. Men den bekræfter forøvrigt paa det smukkeste, at Jærnhydrokset altid udfældes hurtigere end de andre to Kolloider, medens Kiselsyren optræder i relativt større Mængder i de dybere Horisonter.

Sammenholdes disse Resultater med Beskrivelserne af de enkelte Profiler (se S. 27 ff.), vil man se, at hvor der ingen udpræget Aldannelse findes, er de uorganiske Kolloider mere jævnt fordelte gennem hele Profilet saavel i de øvre som i de dybere Lag, medens den haarde Al ligesom har opsuget i sig og udfældet som Geler — der har gjort en videre Nedtrængning saare vanskelig — den allerstørste Del af det samlede Kolloidkompleks. Dette gælder forøvrigt ogsaa de organiske Kolloider, repræsenterede af Humusstofferne (se Tab. I-VII).

Det kunde synes dristigt og uforsvarligt af et saa forholdsvis begrænset Analyse materiale at drage videregaaende, almen gyldige Slutninger om Kolloidernes Fordeling i de forskellige Horisonter som Kriterium paa Jordbundens

Bonitet. Og de to Spørgsmaal rejser sig da straks: 1) om Materialet er tilstrækkeligt til at bevise et lovmæssigt Forhold mellem Kolloidfordelingen og Podsoleringsgraden, og 2) om Kolloidkomplekset virkelig er saa værdifuldt et Jordbundsmateriale, at det kan henregnes til de afgørende Frugtbarhedsfaktorer. Hvert af disse Spørgsmaal skal da i Korthed behandles for sig.

Hvad det første Spørgsmaal angaar, saa foreligger der jo i Litteraturen en Række ældre Bestemmelser, vel ikke af Kolloidindholdets, men i hvert Fald af Sesquioxidernes (Aluminium- og Jærnilters) Fordeling i podsolerede og ikke-podsolerede Jorder, fra TUXENS, RAMANNS, FROSTERUS', AARNIO's og flere Forfatteres Haand (se tidligere citerede Arbejder af disse, bl. a. S. 80). En væsentlig Del af disse Forbindelser har ganske sikkert været kolloidale Hydroksyder. Men en særlig Vægt lægger jeg paa TAMMS og LUNDBLADS Bestemmelser af de paagældende 3 Kolloider, der saa smukt viser, hvorledes Fordelingen ganske lovmæssig varierer med Podsoleringsgraden, ikke blot hvor en oprindelig Muld eller Brunjord degenererer til Podsol, men ogsaa, hvor denne regenererer til Muld eller til Brunjord, saa snart der begynder en hurtigere Omsætning (Formuldning) af Raahumusen, og Regnorme (og andre Dyr) bringer dybere liggende Jordbestanddele med større Kolloidindhold op til Overfladen. Samtidig med denne mekaniske Blanding kommer da ogsaa en Nydannelse af Kolloider i Stand gennem en hurtigere hydrolytisk Forvitring. Og da endelig mine Undersøgelser uden Afvigelser i det store og hele bekræfter TAMMS og LUNDBLADS Resultater, skønt de er udførte paa et i geologisk Henseende meget forskelligt Jordbundsmateriale, er der ifølge min Opfattelse ingen Grund til at tvivle om, at vi virkelig her staar overfor en almengyldig Regel for

de faste, naturlige Jordbundstyper, der er fremherskende under kolde og koldt tempererede, humide Klimaregioner. At meget fugtige Tundra- eller Mosejorder ligesom de dyrkede, af Menneskehaand behandlede, Jorder kan forholde sig anderledes, siger sig selv, men ogsaa for Vurderingen af disse vil sikkert Bestemmelsen af det uorganiske Kolloidkompleks' Mængde og Fordeling kunne have Værdi. Det er dog naturligvis i høj Grad ønskeligt at faa indført en langt større Mængde Analyser af den Art til yderligere Belysning af Spørgsmaalet. Og da disse Bestemmelser i sig selv er saa vigtige for Bedømmelsen af en Jordbunds Bonitet, er det ikke blot min Hensigt at lade dem indgaa som et fast Led i alle mine indgaaende Analyser af naturlig Jordbund (Hede- og Skovjord), men jeg opfordrer ogsaa Kolleger til at gøre det samme.

Om Kolloidernes Betydning i Almindelighed som Substrat for Adsorption og Absorption af Vand og forskellige Baser, der tjener som Plantenæringsstoffer, er der allerede i Korthed gjort Rede i Indledningen til dette Afsnit, og det er ogsaa her fremhævet, at det ikke blot er de uorganiske, men ogsaa de organiske Kolloider, der spiller denne Rolle. Som oftest overgaar de organiske Kolloider i de her behandlede Jorder endog de uorganiske i Mængde og faar da en tilsvarende større Betydning. Men Humusstofferne forsvinder jo efterhaanden ved det organiske Stofs Mineralisering, og dermed formindskes denne Del af Kolloidkomplekset i tilsvarende Grad. Det uorganiske Gelkompleks har derimod, selv om det maaske ogsaa ved Peptisation lejlighedsvis kan blive Genstand for Udludning¹, en mere varig Karakter og udgør i Virkeligheden et betydeligt Indhold af leragtige Bestanddele (den kombinerede Gel af

¹ Se RICH. ZSIGMONDY: Kolloidchemie I. p. 175. V. Aufl. 1925.

Kiselsyre og Aluminiumhydroksyd). De Hedejorder, som ellers har været betragtede som yderst fattige Sandjorder, maa herefter ses under en anden Synsvinkel, som indeholdende ret betydelige Mængder af det samme Materiale som de frugtbare Lerjorder. Men naar Hede-Sandjorden dog har en helt anden Konsistens end Lerjorden, hænger dette sammen med, at de kolloidale Stoffer i de første er udfældede som tynde Hinder uden om Sandkornene (faste, kantede Kvartspartikler) og derfor ikke giver samme fysiske, plastiske Struktur som en typisk Lerjord. De forsvinder da heller ikke mellem de fineste Fraktioner ved en Slemningsanalyse, (idet de ogsaa klæber ved de større Sandkorns Overflade), saa en saadan giver ikke Oplysninger om det samlede Kolloidindhold.

Utvivlsomt spiller de uorganiske Kolloider en meget vigtig Rolle ved den Base-(og Syre-)udveksling, som finder Sted i den dyrkede Jord, især naar denne tilføres de almindelige Plantenæringsstoffer som Gødning. I de fattige Hedejorder vil der uden Gødningstilførsel praktisk talt ikke foregaa anden Baseudveksling end den, der foraarsages ved Absorption eller Adsorption¹ af den Ammoniak, som frigøres ved kvælstofholdige Humusstoffers Nedbrydning. Thi den Mængde af Baser, som Kalk, Magnesia, Kali og Natron, der frigøres ved Forvitring, er ganske forsvindende. Men naar disse Jorder kalkes eller gødes med almindelige Gødningssalte (i givet Tilfælde ogsaa Naturgødning), er det af største Vigtighed, at der findes et betydeligt, absorptivt Kolloidkompleks, som er i Stand til at fastholde de tilførte

¹ Der hersker endnu en hel Del Uenighed om, hvorvidt Basebindingen sker ved en fysisk Adsorption eller kemisk Absorption. Sandsynligvis finder begge Dele Sted, og dette maa underforstaas, naar kun det ene af disse Udtryk bruges. Se GEORG WIEGNER: Boden und Bodenbildung in kolloidchemischen Betrachtung. 1924.

Næringsstoffer. Her bindes vel Kalken væsentlig til Humuskolloiderne, der ved den derved indtrædende Reaktionsændring henimod Neutralpunktet bliver Genstand for livligere Nedbrydning, men Kalken kan jo ligesom andre Baseioner ogsaa indtræde i Zeolitkomplekset, og den kan endelig igen udveksles med andre værdifulde Kationer. Ved denne Baseabsorption frigøres ganske vist de skadelige Brint-, Aluminium- (og Jærn)ioner. Men de frigjorte Brintioner kan dels adsorberes, dels forene sig med Hydroksylioner til Vand og derved uskadeliggøres. Og Aluminium- og Jærnionerne udfældes let i Gelform ved Tilstedeværelsen af forskellige Anioner som Svovlsyre og Fosforsyre, allerede ved P_H -Værdier, der ligger betydelig under de Reaktions-tal, der er gældende for Hedejorder¹.

Af de vigtige Plantenæringsstoffer bindes særlig kraftigt Kalium-, Ammonium- og Fosforsyreioner, i anden Række Calcium-, Magnium- og Svovlsyreioner, medens Nitrationer og de forøvrigt i Regelen skadelige Chlorioner ikke holdes tilbage, men udvaskes med Regnvandet.

En Hedejord med et kendeligt Kolloidindhold, saaledes som de stærkt podsolerede Former netop har, vil derfor, hvis den underkastes en Bearbejdning, hvorunder Allagenes store Kolloidindhold blandes op i de øvre Lag og helst sammen med Lyngskjoldens »Humus« og tilført Kalk eller Mergel, ikke være at betragte som en almindelig fattig Sandjord. Den kan tværtimod ved Tilførsel af Gødning og den rette mekaniske Bearbejdning komme til at rangere med lette Muldjorder og

¹ J. S. JOFFE and H. C. MC. LEAN: Colloidal Behaviour of Soil Fertility: IV. Anion Effect on the Precipitation Reactions and Degree of Dispersion of Aluminum and Iron Hydroxides. Soil Science. Vol. XXVI. 1928.

svagt lerholdige Mineraljorder, saa snart henholdsvis Humuskolloiderne og de leragtige Zeoliter er blevne absorptivt mættede med Baser, og de frigjorte Aluminium- og Jærnioner er udfældede af Fosforsyre.

Dette viser ogsaa Opdyrkningen af vore Hedejorder, idet de efterhaanden kan gøres brugbare for Dyrkningen af mere og mere kræsne Kulturplanter. Forstaaelsen heraf vindes imidlertid først, naar man har faaet Øje for de betydelige Mængder af Kolloider, som i Tidens Løb er ophobede i disse Jorder, og hvilken Værdi disse Kolloider har. Denne kan kort resumeres ved at nævne: 1) deres store vandholdende Evne (Hygroskopicitet), 2) deres Absorptionsevne overfor de vigtigste Plantenæringsstoffer og deres Evne til stadig Udveksling af disse, 3), for Humuskolloidernes Vedkommende, deres store Kvælstofindhold og endelig 4) deres ikke uvæsentlige Betydning som Stødpude-stoffer.

Ud fra disse Kendsgerninger maa det da formentlig findes berettiget at tillægge Hedejordernes Kolloidindhold saa stor en Betydning, at deres samtidige Fattigdom paa alle andre vigtige Plante-næringsstoffer end netop Kvælstof træder i Baggrunden. Det er nemlig Kolloiderne, der giver Jordbunden de fysiske Egenskaber, som kan gøre den til et særdeles værdifuldt Substrat for Planteliv, idet de betinger en for dette tilstrækkelig Udnyttelse af en klimatisk Faktor som Nedbøren (og Luftfugtigheden) i Egne, der ellers er stærkt udsatte for temporær Udtørring, og de giver Jordbunden Evne til at fastholde og forhindre fra Udvaskning de Plante-næringsstoffer, som Mennesket har i sin Magt kunstig at

tilføre Jorden. Det viser sig yderligere, at saadanne Jorder, ved en passende Reaktion, der kan reguleres ved Kalkning, og en passende Gennemluftning, der kan tilvejebringes ved mekanisk Bearbejdning og Afvanding, frembyder særdeles gunstige Betingelser for Nitrifikationen, idet de endog samtidig selv leverer Raamaterialet for Salpeterdannelsen i de Ammoniumforbindelser, der fraspaltes ved de kvælstofholdige Humusstoffers Nedbrydning. Og idet Ammoniumionen fastholdes ved Absorption af Kolloiderne, vil Nitratdannelsen, der ikke i nævneværdig Grad finder Sted i de kolde Vintermaaneder, i en dyrket Jord i Regelen ikke foregaa hurtigere, end at Kulturplanterne kan optage alt det frigjorte Nitrat, der jo ellers ikke absorberes og derfor let vilde kunne gaa til Spilde ved Udvaskning.

Ved Siden af det værdifulde Kolloidkompleks indeholder dog muligvis den raa Hedejord ofte Stoffer, der er skadelige for vore Kulturplanter. Hvilke disse Stoffer er, ved vi endnu ikke tilstrækkelig Besked om. Men Praktikernes Erfaringer gaar ud paa, at en raa Hedejord helst skal henligge skræpløjet i nogle Aar, før man med Held foretager en Undergrundsbehandling, og at denne sammen med en Kalkning eller Mergling ogsaa helst maa foretages et à to Aar, før den egentlige Dyrkning eller Beplantning finder Sted¹. Fordi Jorden indeholder værdifulde Bestanddele som Kolloiderne og Kvælstoffet, er den altsaa ikke straks tjenlig til at tages ind til Dyrkning. Men den kan blive dette, naar de mulig skadelige Faktorer er fjernede, og jo længere den dyrkes, forudsat at den faar det nødvendige Tilskud af Kalk og Gødningsstoffer samt den rigtige

¹ Ifølge »Hedebrugets Opdyrkningsforsøg. I. Beretning om Forsøg med Hedens Udluftning og Bearbejdning«. Viborg 1928, skal man dog ved passende Bearbejdning og Kalkning kunne nøjes med en Udluftningstid paa $1\frac{1}{2}$ —2 Aar uden Formindskning af Afgrøderne.

Bearbejdning, bliver den mere og mere frugtbar. Herunder bliver dens fysiske Struktur stadig bedre og bedre, de absorptivt umættede Kolloider bliver efterhaanden mættede, Mikrofloraen og Mikrofaunaen bliver rigere og rigere, og de »rigtige« Mikroorganismer indfinder sig. Ogsaa disse bidrager ligesom den forbedrede fysiske Struktur til, at Formuldnings- og Forvittringsprocesserne kommer rigtig i Gang. Og herunder samt ved stadig Tilførsel af nyt organisk Stof i Form af Rødrester, Bladaffald, døde Dyr o. l. vedligeholdes et passende Indhold af organisk Stof, og dannes der stadig nye Kolloider, dels organiske, dels uorganiske.

Men var der ikke paa Forhaand et Fond af Kolloider i Jorden, vilde en tilsvarende jævn Forbedring af den næppe være tænkelig. Det rene, kolloidfattige Blegsand, der ofte optræder i tykke Lag, eller Sand fra hævet Havbund, der ikke er bleven rigtig podsoleret, kan ikke sammenlignes i Dyrkningsværdi med den gamle, sandede Hedebund, i hvilken alle Horisonter ved en Bearbejdning blandes sammen. Strandklitter af nylig opføget Sand er ogsaa en yderst ringe Plantebund, i hvilken kun de mest nøjsomme Planter og saadanne, der ved et vidtforgrenet og dybt gaaende Rodsystem kan udnytte et stort Jordomraade og kan skaffe sig Vand fra større Dybder, kan trives. Gamle Klitter, i hvilke der er ophobet større Mængder ved Forvitring dannede Kolloider, er straks bedre Plantebund. Naar Indsande eller »Kytter« (d. v. s. Klitter, der har dannet sig inde i Landet ved Vindens Løsriven af en Hedebund), ofte egner sig udmærket til Beplantning, kommer dette sikkert af, dels at en saadan Jordbund er stærkt forviret, dels at Vinden i Reglen ogsaa har medført dybere Lag, som Alen, med et stort Depot af Kolloider fra en i

Forvejen stærkt podsoleret Hedebund. Hvad der derimod efterlades paa det Sted, hvorfra Sandet er ført bort, et saakaldt »afføgent Sande«, der forekommer hyppig inde paa Jyllands Heder, er den uforvitrede Undergrund, C-Horizonten, der er yderst fattig paa Kolloider. En saadan Bund er da ofte næsten steril og hører til de Jorder, der er allervanskeligst at opdyrke. Lyngen vil ikke trives paa den, danner i hvert Fald ikke noget sammenhængende Tæppe, Jordoverfladen dækkes af Lavarter (Rensdyrlav) og Mosser (smaa Polytrichumarter o. a.), af Blomsterplanter kan der kun hist og her findes smaa Tuer af *Weingärtneria canescens*, og indplantede Bjærgfyr bliver ofte i Løbet af et Halvthundrede Aar kun til krybende, knæhøje Buske. Forsøg med denne Jordbundsform har nu vist, at naar man ved forskellige Indgreb først faar Forvitringen i Gang og noget organisk Stof indblandet i Jorden, indfinder der sig ogsaa en Mængde Blomsterplanter, og forskellige Træarter kan bringes i særdeles god Vækst paa den. Og dette hænger ganske sikkert sammen med, at der saa ogsaa dannes og ophobes Kolloider i Jorden.

Alt i alt synes det mig da, at vi i Bestemmelsen af en Hedejords Indhold af Kolloider og specielt af det uorganiske Koloidkompleks samt af dettes Fordeling i de forskellige Horisonter har et Middel, der aabner Muligheden for en Bonitering af denne Jord, som kan blive en nyttig Vejledning ved dens Benyttelse i Kulturøjemed. Er Jorden kun svagt podsoleret, hvilket ofte er Tilfældet i de yngre Hededannelser, men har et kendeligt Indhold af Kolloider jævnt fordelt i A- og B-Horisonterne, vil den være meget lettere tilgængelig for Opdyrkning og Beplantning, end

hvis den er stærkt podsoleret, med Udludning af Kolloiderne fra de øvre Lag og en stærk Ophobning af dem i Allaget eller Rødjorden. Men ogsaa denne sidste Slags Jord vil dog ved den rette Behandling i Tidens Løb kunne blive værdifuld Kulturjord og desto bedre, jo større et Fond af Kolloider den i Førvejen rummer.

De fuldstændige kemiske Analyser (Bausch-Analyserne). Til nærmere Karakteristik af vore Hedejorder er der endelig udført en Række, ialt 15 fuldstændige kemiske Analyser, nemlig paa 5 forskellige, vel adskilte Horisonter fra 3 Profiler, de to i Mangelhøje, den ene i Skovsende Plantage, hvis Resultater er sammenstillede i Tabellerne V—VII.

En Del af dette Analysemateriale er tidligere (S. 66—73) anvendt ved Drøftelsen af Spørgsmaalene om hygroskopisk bundet Vand i Forhold til »Humus« og uorganiske Kolloider, hvor det er sammenstillet med de i Hovedtabellerne I—IV opførte Tal, og S. 86—87 er ogsaa af Bausch-Analyserne fremdraget Jærnindholdet i Tørveal og den brune Al til Sammenligning mellem Bakke- og Hedefladeal.

Af det øvrige Talmateriale skal Opmærksomheden nu yderligere henledes paa følgende Træk i det Billede af de paagældende Jorder, disse Tabeller giver:

1) Af den Kiselsyre, som ellers udgør den alt andet overvejende Bestanddel af Jorderne, er kun en meget ringe Del tilstede i kolloidal Tilstand¹. Det er tydeligt nok, at Forvitringen af dette Materiale foregaar yderst langsomt, og Hovedmængden forbliver i ganske indifferent Tilstand i Form af forholdsvis

¹ Tager vi Kiselsyrens forholdsvis ringe Molekularvægt i Betragtning, indtager den dog i Forhold til de andre uorganiske Kolloider med en større Molekularvægt en ret betydelig Plads. (Se Tabellerne S. 117—120 og Fig. 14, S. 125).

større Sandkorn, der frembyder en relativt ringe Overflade og ikke har nogen nævneværdig adsorptiv Evne, uden for saa vidt de er overtrukne med kolloidale Gelhinder. Dette er kun for en ringe Del Tilfældet i A_2 -Horizonten (Bleg-sandet), i noget højere, men efter Boniteten vekslende, Grad i A_1 -Horizonten (Lyngmoren), derimod i betydelig Udstrækning i A_3 - og særlig i B_1 -Horizonten (henholdsvis Tørvealen og den brune Al), i meget ringe Grad endelig i C-Horizonten (Undergrunden).

2) Af Aluminium- og Jærnindholdet er derimod relativt langt større Mængder tilstede i kolloidal Tilstand, i Allagene endda op imod Halvdelen eller derover. Naar der i de stærkt podsolerede Profiler (Mangehøje 6a og Skovsende 1) kun findes forholdsvis smaa Mængder i A_1 -Horizonten, og der i A_2 -Horizonten overhovedet intet findes (hvilket forøvrigt ogsaa gælder den svagt podsolerede Profil 10a i Mangehøje), er dette en naturlig Følge af, at de paagældende Sesquioxider i Sol-Tilstand, beskyttede af Humuskolloider, saa let vandrer nedad og først udfældes som Geler i Allagene.

3) Den Adskillelse mellem Bakkeø- og Hede-fladeal, som P. E. MÜLLER¹ har opstillet paa Basis af C. F. A. TUXENS² Analyser af dansk Hedejord, og som han ogsaa mener er i Overensstemmelse med FROSTERUS'³ Angivelser, finder imidlertid ikke Støtte i mine Analyser. Idet jeg henviser til de Tal fra TUXENS Analyser, som MÜLLER har sammenstillet paa S. 63 (l. c.), skal jeg her citere dennes Udtalelser om de Slutninger, han uddrager

¹ P. E. MÜLLER: De jydskes Hedesletters Naturhistorie. 1924. S. 63—65.

² C. F. A. TUXEN: Nogle Analyser af jydsk Hedejord. Tidsskr. for Skovbrug. I. Bd. 1876.

³ B. FROSTERUS: Versuch einer Einteilung der Böden des Finnländischen Moränengebietes. Helsingfors 1914. S. 42.

deraf: »I 1876 bekendtgjorde C. F. A. TUXEN en Række Analyser af Bakkeøernes og Sletternes Hededannelser, hvoraf det fremgik, at Alen havde en forskellig Karakter i disse to Formationer, idet Bakkeøens Al — som nedenstaaende Sammenstilling oplyser — viser en Forøgelse af Jærnilte, Alkalier og alkaliske Jordarter, som i Profilets A-Lag fandtes i større eller i mindst samme Mængde som i Undergrunden, medens Lerjordens Mængde ikke var steget i B-Laget. Hedeslettens Al derimod viste en Forøgelse af Lerjordens Masse i B-Laget, medens Jærntveiltte og Alkalier og alkaliske Jordarter var udvaskede af dette Lag«. Og han henviser derefter til FROSTERUS' Undersøgelser, der skal bekræfte TUXENS Resultater (se Definitionerne af »Jærnpodsol« og »Humuspodsol« S. 81)¹.

Uddrager vi af Tabellerne V—VII Tallene for Lerjord (Al_2O_3) i de forskellige Horisonter paa Bakkeø og Hede-flade, stiller de sig imidlertid saaledes:

Content of alumina in different horizons of heath soils.

Profil	Mangehøje. Bakkeø Hill island		Skovsende Hede- flade Heath plain
	6 a	10 a	1
Horizont A ₁	2,14 % Al_2O_3	2,55 % Al_2O_3	0,69 % Al_2O_3
— A ₂	1,07 - —	2,06 - —	0,64 - —
— A ₃	2,36 - —	4,11 - —	3,45 - —
— B ₁	2,17 - —	4,08 - —	1,98 - —
— C	1,70 - —	5,10 - —	2,56 - —

En særlig Ophobning af Lerjord i B-Horizonten paa Hede-fladen (Skovsende) fremgaar ikke heraf, ligesaa lidt som en tilsvarende Ophobning af Jærntveiltte i Bakkeøens

¹ Det maa her bemærkes, at TUXENS Bestemmelser er angivne i Vægtprocent (ligesom mine) og ikke i Molekularprocent (som FROSTERUS'). Se ogsaa mine Omregninger til Molekularprocenter S. 117—20 og Fig. 14, S. 125.

B-Horizonter fremgaar af den Sammenstilling, der er foretaget S. 86. Og noget, der kan bringes i Overensstemmelse med FROSTERUS' Definitioner af Jærn- og Humuspodsol, fremgaar heller ikke af mine Tal. Som tidligere bemærket, S. 136, er der da endnu næppe fremdraget tilstrækkelige Holdpunkter for en typisk Forskel mellem Bakkeøernes og Hedefladernes Al. Den første er sikkert yderst varierende og ofte i det væsentligste af samme Beskaffenhed som Hedefladernes, navnlig hvor Jordbunden paa Bakkeøen er meget fattig. Derimod stiller Sagen sig naturligvis anderledes paa Bakkeøer med mere frugtbar Bund, f. Eks. hvor de indeholder stærkt lerholdig Mergel og de forskellige basiske Bestanddele, der indeholdes heri¹.

4) Det er paafaldende, hvor overordentlig smaa Mængder der findes af de vigtige Plantenæringsstoffer: Ca, Mg, K, P og S, hvoraf det meste endda forefindes i en for Planterne uhyre vanskelig tilgængelig eller uanvendelig Form, som uopløselige Silikater (for Bærnes Vedkommende) eller som Salte af Jærn og Aluminium (for Syrernes Vedkommende). Der er heller ikke Tale om Ophobning af Alkalier og alkaliske Jordarter i Bakkeøernes B-Horizont eller om en Udvaskning af disse Stoffer i Hedefladens B-Horizont, som MÜLLER ogsaa anfører som en typisk Forskel mellem disse to Typer. Intet af de her nævnte Plantenæringsstoffer synes ophobet i nogen bestemt Horizont saaledes som

¹ I MÜLLERS foran citerede Arbejde, (»De jydsk Hedesletter« S. 71), anfører han som en anden Ejendommelighed ved Hedesletternes Al (i Modsetning til Bakkeøernes), at denne ofte »sender Tunger og Tæpper, som hist og her udvider sig til større »Gryder«, ned i Undergrunden«. Noget lignende er fundet i Bakkeøernes Al (se Profilbeskrivelserne fra Mangehøje 8 og 15), og det bør tages op til nærmere Undersøgelse, om en saadan Væsensforskel virkelig eksisterer, idet det modsatte Forhold vil modificere MÜLLERS Hypotese om Hedesletternes Oprindelse fra en postglacial Tundraformation.

Kvælstoffet og Kolloiderne. De er derimod alle tilstede i omtrent de samme minimale Mængder i alle de undersøgte Horisonter, Fosforsyre og Svovlsyre (samt Kulsyre) endda i Regelen kun som Spor.

Man tør da sikkert betegne disse Jorder som nogle af de paa Plantenæringsstoffer — naar undtages Kvælstof — fattigste, der overhovedet findes. Og tidligere udførte kemiske Analyser (af TUXEN, RAMANN, RØRDAM m. fl.), der dog i Regelen har indskrænket sig til at omfatte de i varm Saltsyre opløselige Forbindelser, har givet lignende Resultater. Intet Under derfor, at man er vejet tilbage for at anbefale at tage slige Jorbundstyper ind til Kultur, men at man har maattet erkende, at de Planter, som dog kunde vokse paa dem, har været mere fintmærkende end de omhyggeligst udarbejdede kemiske Analysemetoder. Det har da ogsaa kun været de mest nøjsomme Planter, af Træer kun saadanne med dybtgaaende eller vidtspændende Rødder, der har kunnet trives her. Og det siger sig selv, at der paa disse Jorder ikke kan blive Tale om mere intensiv Plantedyrkning uden Tilførsel af de nødvendige Næringsstoffer i Form af Gødning.

VI. Sammenfattende Oversigt over Resultaterne.

Ved at sammenholde Resultaterne af en praktisk Bedømmelse og en mere detaljeret Jordbundsbeskrivelse med Hovedtræk af Analyseresultaterne er der indenfor den undersøgte Bakkeølokalitet (Mangehøje Plantage) opstillet 3 Bonitetsklasser, indenfor Hedefladelokaliteten derimod kun 1, der i Hovedsagen falder sammen med, omend den synes at være lidt bedre end, 3. Klasse paa Bakkeøen. Efter denne Inddeling er Analyseresultaterne grupperede i den tabelariske Fremstilling, medens Drøftelsen af dem følger Under-

søgelsens Art og jævnsides behandler fælles Træk og Ejendommeligheder ved de forskellige Jordbundstyper.

1. Den mekaniske Analyse har vist, at der er et vist lovmæssigt Forhold mellem Jordbundens Bonitet og dens Indhold af de finere Partikler (under 0,1 mm), andre Faktorer ellers lige. (Her spiller f. Eks. Partiklernes petrografiske Beskaffenhed en vigtig Rolle). Alen har i alle Profiler haft et betydelig større Indhold af de fineste Partikler (under 0,05 mm) end de andre Lag, men Undergrunden derimod et ringere Indhold. Dog er to saa vigtige Egenskaber ved Jordbunden som dens Hygroscopicitet (dens vandholdende Evne) og dens Baseudvekslingsevne (Absorption af vigtige Plantenæringsstoffer) isaa ringe Grad afhængige af dens Mængde af de fineste Partikler, at disse ganske træder i Skygge for dens Kolloidindhold, hvortil i første Række de paagældende Egenskaber er knyttede. Disse Kolloider fjernes ikke med den fineste Fraktion ved en Slemningsanalyse, idet de er lejrede som Hinder udenom Sandkornene (ogsaa de grovere) og ikke løsnes fra disse under Slemningen.

2. Reaktionen ligger i den uberørte Hedejords øverste Lag, A_1 — A_2 -Horizonterne, ved P_H -Værdier omkring 4. Dette stemmer ogsaa med tidligere Undersøgelser. Reaktionsstallet stiger imidlertid jævnt med Dybden, saaledes at det i den øverste Del af Undergrunden, C-Horizonten, ligger ved c. 5—5,5. Alt efter »Humus«indholdet skal der forskellige, og ofte meget store, Kalkmængder til for at bringe Reaktionen op til Neutralpunktet. Men hvis Jorden ikke til Stadighed bearbejdes, kan der gaa flere Aar, inden dette Punkt

er naaet, selv om der findes et tilsyneladende Overskud af Kalk i Form af tydelige Korn i Jorden, idet denne stadig reagerer stærk surt. Her spiller dog Arten af den anvendte Kalk en vigtig Rolle.

3. Mængden af **hygroskopisk bundet Vand**, der er et Udtryk for Jordbundens vandholdende Evne, er i Hedejorden kun for en ringe Del betinget af dens Indhold af finere, uorganiske, faste Partikler, men den er i ganske overvejende Grad knyttet til de kolloidale Humusstoffer og til de uorganiske Kolloider (SiO_2 , Al_2O_3 og Fe_2O_3). De ikke-kolloidale Humusstoffer har vel en betydelig, men dog langt ringere Hygroskopicitet end de kolloidale, og dette giver sig bl. a. tilkende ved, at Hygroskopicitetsfaktoren (d. e. Forholdet mellem hygroskopisk Vand og »Humus« + uorganiske Kolloider) stiger stærkt med Dybden i Forhold til Jordbundens Kolloidindhold, idet Humusstofferne her efterhaanden kun er tilstede i kolloidal Tilstand sammen med de uorganiske Kolloider. Sandsynligvis har de forskellige Kolloider en forskellig Hygroskopicitet, særlig høj for de uorganiske, saaledes at Hygroskopicitetsfaktorens Størrelse i et givet Jordlag er afhængig af de i dette fremherskende Kolloider.

4. Idet der er søgt skelnet mellem, hvad man sædvanlig kalder „Humus“ — der i Virkeligheden kun er en Fællesbetegnelse for alt i Jorden forekommende organisk Stof — og **virkelige Humusstoffer**, om hvis Definition man endnu ikke er helt enig, er den første Terminus dog bibeholdt for at kunne benytte Resultaterne af denne Undersøgelse til Sammenligning med de allerfleste tidligere udførte Arbejder over lignende Jordbundsformer, som netop benytter Ordet »Humus« i denne Betydning. — Den af P. E.

MÜLLER paastaaede Forskel paa Bakkeøernes Al som en særlig Jærnal og Hedefladernes som en særlig Humusal finder ingen Støtte i de foreliggende Undersøgelser. Forholdet synes snarere det omvendte. Megen Uklarhed og Forvirring i Spørgsmaalet om Alens Beskaffenhed hidrører fra, at der er kommen en beklagelig Usikkerhed i Nomenklaturen, hvor Benævnelser som Humusal, Humuspodsol, Tørveal, Jærnal, Jærnpodsol, sort Al, brun Al, ægte Al, Grundvandsal o. s. v. ofte bruges om Dannelser, der ikke dækker over det samme. Tørveal, Humusal og sort Al bruges f. Eks. snart om identiske Begreber, snart om henholdsvis A_3 - (A_4 -) og B_1 -Horizonten. Men naar der i Tørveal fra A_3 -Horizonten ofte findes langt større Jærnmængder end i Jærnal eller Jærnpodsol fra B_1 -Horizonten i samme Profil; bliver den Slags Adskillelser kun vildledende. Fællesbetegnelsen »Al« bør derfor kunne benyttes for alle af Kolloider fast sammenkittede Lag i podsolerede Jorder, hvad enten de hører til en A-, en B- eller eventuelt en C-Horizont. De mere specielle Betegnelser som Tørve-, Humus-, Jærn- eller Grundvandsal (Glei) etc. kan da anvendes til en nærmere Karakteristik af Alformer med visse fremherskende kemiske og fysiske Egenskaber eller af en særlig Genese. Ogsaa af Hensyn til Praktikerne bør man ikke, før man har sikrere Holdepunkter for en videnskabelig Klassifikation, bringe Forvirring i den Terminologi, der har fundet Indpas i det daglige Sprog hos Hededyrkere.

5. Hedejordens Kvælstofindhold, der i Lyngmoren og Allaget i Regelen ligger mellem 0,1 og 0,3 Vægtprocent — alt efter Indholdet af »Humus«, hvortil Kvælstoffet saa nøje er knyttet — repræsenterer en

meget betydelig Værdi, for saa vidt det kan mobiliseres som Plantenæringsstof i dertil egnede Forbindelser (Ammoniak eller Salpetersyre). I hvilke organiske Forbindelser Kvælstoffet optræder, er endnu usikkert, men det er ofte som Stoffer med en meget høj Kvælstofprocent. I de øverste HORIZONTER (Lyngmor + Blegsand) fandtes Kvælstofindholdet i Procent af organisk Stof gennemsnitligt omkring 2, i Allagene ved c. 2,25, i Lagene under Alen ved c. 4 og i Undergrunden ved c. 7—10. I disse dybere Lag synes der at være en udpræget Forskel mellem de ældre Bakkeøers Humus med en højere (omkring 10) og de yngre Hedefladers Humus med en relativt lavere Kvælstofprocent (omkring 7). Der er endog fundet Humuslag med 13,33, 16,43, ja op til 22,22 % Kvælstof. Men hvor der findes saa stærkt kvælstofholdige Forbindelser (i de dybere Lag), er der til Gengæld saa meget mindre af organisk Stof. De Humusstoffer, der formaar at trænge dybest ned, er aabenbart de med den højeste Kvælstofprocent.

Undersøgelsen har vist, at det Kvælstof, som findes i de øverste Lag (Lyngmor + Blegsand) ved Kalkning og Bearbejdning, i hvert Fald delvis, let bringes i Cirkulation som Ammoniak og Salpetersyre, selv om Brintionkoncentrationen ligger ved p_H -Værdier omkring 4, og Frigørelsen sker aabenbart ganske proportionalt med de organiske Stoffers Mineralisering (Formuldning). En Del af Alens Kvælstof kan sikkert ogsaa let mobiliseres. Men Kvælstoffet i de dybere Lag, f. Eks. den nederste Del af Alen eller alt det, der er Bestanddel af de ægte, kolloidale

Humusstoffer, bringes aabenbart vanskeligere i Cirkulation. Sandsynligvis vil dog ogsaa dette efterhaanden, naar Jorden opdyrkes paa den rigtige Maade, og de rigtige Mikroorganismer indfinder sig, omend langsomt, kunne frigøres som Plantenæringsstoffer. Og det er for saa vidt kun heldigt, at det store Kvælstofforraad omsættes langsomt, som Planterne da ogsaa bedre kan udnytte det, og det ikke gaar til Spilde ved Udvaskning. Dette faar særlig Betydning, hvor Heden anvendes til Beplantning.

6. Foruden Humuskolloiderne og det til disse knyttede store Indhold af Kvælstof hører ogsaa det uorganiske Kolloidkompleks (SiO_2 , Al_2O_3 og Fe_2O_3) til Hedejordens meget værdifulde Bestandele, der er dannede og ophobede gennem lange Tidsrum. De repræsenterer en betydningsfuld Kapitalopsparing.

Kolloidernes Betydning i Almindelighed er, at de, foruden at være den vigtigste Bærer af Jordens vandholdende Evne, tillige repræsenterer dens absorptive Kompleks, til hvilket Fastholdelsen og Udvekslingen af de vigtigste Plantenæringsstoffer er knyttet, og at de da tillige tjener som Stødpudestoffer ved Regulering af Reaktionen.

Af de uorganiske Kolloider er Kiselsyren og Aluminiumhydroksydet blandede i en kompleks Gel, med varierende indbyrdes Forhold mellem de to Komponenter, der tilsammen udgør et vigtigt Indhold af »Ler«, en Udvekslingszeolit, til hvilken den betydningsfulde Baseudveksling fortrinsvis er knyttet. Og Jærnhydroksydet, der ligesom Humuskolloiderne ogsaa kan deltage i Baseudvekslingen, tjener

tillige bl. a. til at fastholde en saa vigtig Syre som Fosforsyren, der imidlertid ogsaa kan udfældes af frigjorte Aluminiumioner.

I de podsolerede Jorder, som her er behandlede, vandrer imidlertid disse uorganiske Kolloider i Soltilstand, beskyttede af Humuskolloider, fra de øvre Jordbundslag nedad, indtil de i Rødjords- eller Allaget udfældes som Geler og fastholdes og ophobes der. I Muld- eller Brunjorder er de derimod omtrent ligelig fordelte i alle Horisonter i hele Forvittringslaget. Udludningen og den senere Udfældning af dem er da et Udtryk for en Degeneration af Jordbunden, og ved en kvantitativ Bestemmelse af deres Fordeling i de forskellige Horisonter faar man saaledes et Middel i Hænde til en relativ Bonitering af Jorden indenfor et bestemt Omraade, idet den stærkest podsolerede Jord altid er den vanskeligste at opdyrke. Fordelingen af de uorganiske Kolloider i de forskellige Horisonter er nemlig et fintmærkende Udtryk for Podsoleringsgraden, saaledes som det først er opdaget af OLOF TAMM og KARL LUNDBLAD.

De podsolerede Jorder med den stærke Ophobning af Kolloider i A_3 - og B_1 -Horisonterne hører til de absorptiv umættede, med den for Plantelivet ugunstige Enkeltkonstruktion og et ofte for Planterødderne, Vandet og Ilten uigennemtrængeligt Allag. De ikke podsolerede Jorder med den ligelige Fordeling af Kolloider i hele Forvittringslaget er derimod absorptiv mættede, har den for Plante-

livet gunstige Krummestruktur og er let gennemtrængelige for Rødder, Vand og Ilt.

De her refererede Bestemmelser af Kolloidernes Mængde og Fordeling i Hede-Jorden, hvis Enkeltheder indgaaende illustreres af de vedføjede Tabeller og Kurver, bekræfter Formodningen om disse Bestemmelseres Anvendelighed til Bonitering af de paagældende Jorder, idet Resultaterne viser sig at være i den nøjeste Overensstemmelse med de andre hidtil anvendte Skøn ved Vurderingen af en Hedejords Brugbarhed i Kulturøjemed. Og Metoden vil da antagelig være et nyttigt Hjælpemiddel ved en finere Vurdering af en Jordbund, eller hvor det gælder om at finde en Forklaring paa det mer eller mindre gunstige Resultat af dens Opdyrking. Den skulde bl. a. ogsaa kunne tjene som Vejledning under Beplantning ved Valget af mere eller mindre kræsne Træarter, hvilket ogsaa er sket i det foreliggende Tilfælde; det endelige Resultat heraf kan dog først opgøres senere.

Imidlertid kan en stærkt podsoleret, absorptiv umættet Jord med et stort Kolloidindhold ved mekanisk Bearbejdning, Kalkning (og eventuelt Tilførsel af Gødningsstoffer) forvandles til en absorptiv mættet Muld- eller Brunjord med alle dennes gode Egenskaber, især naar man lader Behandlingen udføre nogen Tid, før den tages i Kultur, saa der bliver Tid til Fjernelsen af visse, for Størstedelen ukendte, skadelige Faktorer.

Erkendelsen af disse Hedejords værdifulde Komponenter bringer den under en anden Synsvinkel end den hidtil anlagte, idet den aabner For-

staaelsen af, at saadanne Jorder, hvor fattige de end af Naturen er paa de fleste almindelige Plante-næringsstoffer (med Undtagelse af Kvælstof), dog kan bringes til at blive et særdeles godt Substrat for Opdyrkning, rangerende med lette, sandede Muldjorder eller svagt lerede Sandjorder.

7. De fuldstændige kemiske Analyser (Bausch-Analyserne) af disse Jorder har endelig, foruden at bringe mere detaillerede Oplysninger om »Humus«stofferne og de uorganiske Kolloiders Mængder og Fordeling i forskellige Horisonter, bl. a. ogsaa vist:

a) At af den Kiselsyre, der udgør den alt overvejende Bestanddel, er kun en meget ringe Del tilstede i kolloidal Tilstand. Tager vi imidlertid dens forholdsvise Molekularvægt i Betragtning, indtager den dog i Forhold til de andre uorganiske Kolloider med større Molekularvægt en ret betydelig Plads (se Tabellerne S. 117—120).

b) At af Aluminium- og Jærnholdet kan relativt langt større Mængder, op imod Halvdelen eller mere, være tilstede som kolloidale Hydroksyder.

c) At den forskellige Fordeling af Jærnilte, Lerjord, Alkalier og alkaliske Jordarter, som P. E. MÜLLER, støttet til TUXENS Analyser og med Henviisning til, hvad FROSTERUS har fundet for finske Podsoljorder, finder karakteristisk for henholdsvis Bakkeøens og Hedefladens Aldannelser i B-Horizonten, finder ingen Støtte i de her foreliggende Analyser. Bakkeøernes Podsolering er yderst variabel og har ofte ført til Dannelse, der i Hovedtrækene ganske ligner Hedefladernes.

d) At de vigtigste Plantenæringsstoffer (med Undtagelse af Kvælstof), nemlig K, Ca, Mg, P og S, findes i saa minimale Mængder, (ret jævnt fordelte over de

forskellige Horisonter) og endda for Størstedelen i en for Planterne saa uhyre vanskelig tilgængelig Form, at de paagældende Jorder i saa Henseende maa betegnes som nogle af de fattigste, der overhovedet findes. At de af andre Grunde, gennem deres store Indhold af Kvælstof og Kolloider, dog kan have en betydelig Værdi som Kulturjord, er fremhævet i det foregaaende.

RESUMÉ

Physical and Chemical Investigations on Danish Heath Soils (Podsols), especially as to their Colloid and Nitrogen Content.

I. Introduction.

The heath soils (podsoils) of the present investigations are located in a broad belt which traverses the interior of the Danish peninsula, Jutland, but soils of practically the same nature and geological origins stretch from this point down through Slesvig and Holstein into Northern Germany where they spread on the east as far as Pomerania and Brandenburg, and on the west, including the Lüneburg Heath, as far as, and into Holland.

They are all ice formations from various glacial periods, and they appear as irregular hilly sections, "hill-islands", the oldest formation, and flat plains, "heath plains", of later date, which, in Jutland, slope slightly towards the west, with their highest parts adjacent to the border moraines, on the east. From these, during the latest glacial period, an enormous quantity of water poured towards the North Sea in a delta-like flow, carrying with it sand, gravel and stone, which were deposited between the arms of the streams which pursued their course through large and small erosion valleys. During this last ice period the hill islands were free from ice, but in previous glacial

periods they were intermittently subjected to similar washing-out processes. The literature on the subject contains interesting accounts of the matter, especially those by N. V. USSING, P. E. MÜLLER and P. GRAEBNER. (l. c.).

As the ice of the different glacial periods melted, both heath plains and hill islands were subjected to prolonged and thorough washings out, which, with the attendant weathering processes, liberated plant nutrients. As a result the soil is, almost without exception, poor, and is largely composed of quartz and quartzites intermixed with large and small stones of other minerals, granite, gneiss, porphyry, basalt, etc. Certain parts of the hill islands, however, comprise more fertile soil, in which are clay and marl, often in considerable quantities, with a rather perceptible content of potassium and phosphoric acid. Here forests flourished in earlier times, as relicts of stunted oak and several sylvan plants bear witness. However it is certain that other parts of the hill islands and all the heath plains (except the slopes in the erosion valleys) have never nurtured natural forests.

These unforested sections of the heaths were covered by the vegetation characteristic of North European heath (perhaps after a Tundra period in the case of the heath plains, P. E. MÜLLER) in which *Calluna vulgaris* is the dominating plant, largely intermixed with *Erica tetralix* in damp sections, and interspersed with other small semi-shrubs such as *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *Arelostaphylos uva ursi*, *Genista anglica* and *pilosa*, *Sarothamnus scoparius*, as well as lime hostile herbaceous plants, such as *Drosera rotundifolia*, *Arnica montana*, *Narthecium ossifragum*, grasses and semi-grasses as *Aira (Deschampsia) flexuosa*, *Festuca ovina*, *Molinia coerulea*, *Nardus stricta*, *Weingärtneria canescens*, *Carex arenaria*, *Lycopodium*- and

Polytrichum-species, lichens as *Cladonia rangiferina* and others. As a rule, however, *Calluna vulgaris* outranks all the others. It gives the heath its barren characteristic appearance, while its annual residues furnish material for the raw humus formation, characteristic of heaths, and bring about the typical podsolization of their soils. However, as *Calluna vulgaris* also thrives and easily dominates on better soil, forest clad or perhaps abandoned farm lands in earlier times, it is not in itself an indicator of the quality of the soil, but covers soils of very different natures and very different values for cultivation.

The climate in these parts of Jutland is characterized by strongly dominating west winds, great air humidity, comparatively small precipitation (about 650—750 mm annually) but with so low a summer temperature and so slight evaporation that the annual production of waste matter from the vegetation is not completely mineralized. In other words, we are in a decidedly coldly temperate and humid climatic zone.

During the two preceding generations, large sections of these heaths have been brought under cultivation for forestry or agriculture. The tree species which has hitherto proved best adapted to this purpose is *Picea abies*, intermixed in its youth with *Pinus montana*, which on very poor soils is often used alone, as is *Picea canadensis* (*alba*). The question has very naturally arisen as to whether or not some of the heath soils, especially the plains, are of such poor quality that it is economically unjustifiable to grow *Picea abies* there. In order to decide this matter, and with a chemical determination of the common plant nutrients in the soil as basis, efforts were made to classify the ability of heath soils to bear rentable growths of *Picea abies* (P. E. MÜLLER l. c.)

This attempt, however, as many others of a similar nature, whose aim was the classification of arable soils by chemical methods, has given negative results, and does not substantiate the expression found by W. SCHÜTZE for the ability of the north German heaths to bear forests of *Pinus silvestris*. Culture experiments render no assistance to forestry in this matter on account of their necessarily long duration. However of late years there is growing appreciation of the importance of other factors to plant life. The reaction and buffer content of the soil are very important, particularly because they so largely determine the micro-flora and micro-fauna of the soil, which, in turn, again determine the mineralization of organic substances and maintain the nitrogen cycle. The nitrification power of a soil, due to its content of certain micro-organisms, is often the criterion for its ability to maintain the conditions necessary for the optimal growth of many plants, even though a definite relation between the reaction of the soil and its power of nitrification is not always present (FR. WEIS, H. HESSELMANN). On the whole, however, the physical and microbiological conditions present in a soil ordinarily seem to be more important factors than the absolute content of plant nutrients.

It has been proved (K. K. GEDROIZ, H. J. PAGE, D. J. HISSINK, A. VON SIGMOND, GEORG WIEGNER, C. W. ROBINSON, OLOF TAMM and others) that physical conditions in a soil, such as its power of ad- and absorption of water and plant nutrients are primarily associated with certain colloids whose number and distribution largely determine the "normal" metabolism of the soil. These colloids are aluminum- and ferri-hydroxides, silicic acid and various humus substances and all show a decided power to bind

water and exchange cations of salts formed by weathering or added as fertilizers. They are in themselves neither plant nutrients or the raw material from which these are formed. When the author of the present article faced the problem of finding a basis for classification of the soil in stretches of heath selected for planting with different trees by means of an ordinary soil examination, a new method just worked out by OLOF TAMM for a quantitative determination of the inorganic gel complex (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)¹ was included among many others, in the hope of discovering a possible way of classifying more or less strongly podsolized heath soils as to their value as substratum for trees.

II. Description of the Heath Soils Investigated and of the Profiles Opened.

As far as is known, the experiment areas referred to above, in which the soil samples were drawn, have never been cultivated, and when selected by the Danish Heath Society for planting, they had been covered with heather a few years ago. One, about 30 ha. in extent, belonging to Mangehøje Plantation, is located on a hill island in north western Jutland, about 10 kilometres south of the Lim Fjord and about 20 kilometres from the North Sea, much exposed to strong western winds which bring great humidity to the air in a region with only 650—700 mm annual precipitation. The area is rough and soil conditions vary greatly; in certain sections strong podsolization with hard, thick hardpan ("ortstein"), in others medium or slight podsolization, sometimes almost mould. In this last section forests grew in historical times as such plants as *Trientalis*

¹ First successfully used by K. LUNDBLAD in a classification of Swedish podsols.

Europæa bear witness, but the strongly and medium podsolized sections have never been covered with forests. The second experiment area, which belongs to Skovsende Plantation, is located on Sønder Omme Heath plain in the southern part of Jutland, about 40 kilometres from the North Sea and 80 kilometres from the Kattegat, under the same wind conditions as the first experiment area, but with greater precipitation (over 750 mm annually). Figs. 1—6 (page 17—22) show the character of the landscape in the two areas, figs. 7—8 (page 23—24) the form of the experiment areas, the location of the soil profiles, and, in the case of the first experiment area, a practical classification made by the heath growers.

Both areas, which of course represent virgin soil, had been ploughed superficially before the samples were drawn, so the raw humus and the leached sand layers (horizons A_1 and A_2) were thoroughly mixed. The Mangehøje area was limed, 9,000 kg $CaCO_3$ per ha; the northern half (Div. 1) of the Skovsende area was given 40,000 kg. marl with a 45 % content = 17,300 kg $CaCO_3$ per ha. In both areas profiles also were opened in the virgin heather covered heath just outside, or on untreated belts inside, the experiment areas (See figures on the maps, p. 23—24). The soil samples were drawn and the descriptions of the profiles made in October, 1924. In November, 1926, when planting and deep cultivation was begun, the geologist, Dr. H. ØDUM, visited the areas and made new descriptions of the profiles which, in the main, agreed with those of the author, and the details of which will only be briefly summarized (more detailed description in the Danish text, page 26—37).

The Experiment Area in Mangehøje Plantation is located on a hill island just outside USSING's ice border,

north west of Holstebro. The ground is rough, so the samples are drawn, in part on more even high ground (profiles Nos. 1—5, 13—14), in part on slopes; 6 and 6 a are from a hollow east of a high hill, 7 is from a steep, sloping east.

The subsoil is everywhere composed of slightly stony diluvial sand which, however, does not appear in clear strata in the profiles. The surface of the ground is more or less stony, as a rule the scattered stones are almost exclusively flint (small stones resulting from disintegration) intermixed with quartzites, some gneiss, more rarely granite, considerable rhomboid porphyry and Larvikite (Norwegian). Where the ground has been trenched, several eruptives are seen in the field, but these, and all the undisturbed surface stones, are very much weathered. The scarcity of stone containing feldspar is no doubt due to the fact that the ground has been subjected to weathering processes for long periods of time. Wind blown stones are very common.

Often, particularly near profiles 1—5 and 13—14, the surface is comparatively little stony, nor are stones found in the upper sand strata of these profiles. However at some depth, horizons with wind blown stones are found, in some of which sand has blown in (profiles 1—5, 13—14, and in particular 7), and in some sand has blown away, so the surface seems enriched with stone, — near 6 and 6 a, 12 and 12 a for instance.

The entire area was covered with heather until the plantation was laid out, but the cause of the comparative thinness of the heather and mould cover lies among other reasons in the fact that the heather has been burned away several times, and before the war, heath peat was cut in large sections. As hitherto stated, podsolization varies greatly in intensity within the experiment area; the depth

of the red soil and the hardpan layers also varies considerably as shown in Tables I—III and Fig. 11 (p. 122). On the whole, podsolization is of later date than sand drift, but both processes belong to a far distant time. Generally speaking, the hardpan can be divided into a darker layer of peat hardpan with clear leached grains of sand, and a lighter brown layer of more solid hardpan in which the grains of sand are covered with iron pellicles. Beside the ordinary hardpan layer, the subsoil often contains one or more horizontally curved thin layers of ground water hardpan, (glei).

The Experiment Area in Skovsende Plantation is located on Søndre Omme Heath plain where the ground is very slightly and flatly rolling, and, judging by the way in which the stones are scattered, this is its original condition. Even though sand has drifted considerably and the surface stones are windblown, this has had but little effect on the ground, and only in the northwestern corner of the area had sand drift been important.

The surface stones comprise flint, scattered far and wide; however this variety is more noticeable at a superficial glance than its amount warrants, for, as is always the case in ground such as this, it is more completely split asunder. Feldspar eruptives are plentiful but only slightly weathered, and Baltic Påskallavik porphyry occurs.

Until recently the area was heather covered and the heather raw humus was quite heavy, but, due to the superficial trenching and cultivation with agricultural plants during two years in section 1, it is intermixed with leached sand and, in the latter case, partially moulded. Hardpan is found practically everywhere in solid layers and of nearly the same quality as in the strongly podsolized sections of

Mangehøje Plantation. Its depth is shown in Table IV and Fig. 12 (p. 123). The subsoil sometimes contains glei strata also.

In both experiment areas a description of the soil is made to a depth of 70—90 cm. (For details of the separate profiles see the Danish text).

III. Methods Used in Laboratory Investigations of the Soil Samples.

In nearly all the profiles, soil samples were drawn at at least 4 different depths (in a single case in which podsolization was very slight at only 3); in the holes from which samples were drawn for the Bausch analyses they were drawn in 5 different horizons.

On arrival at the laboratory the samples were air-dried by spreading thinly on clean, smooth paper. During this process the very most solid hardpan lumps usually crumbled — if, however, lumps of hardpan remained, these were pressed out with a finger or a rubber pestle. The samples were stored for further investigations in powder glasses with glass stoppers and all were submitted to the tests indicated in Tables I—IV, while some were also submitted to those indicated in Tables V—VII.

The mechanical analysis was made in part by sifting in part by elutriation.

In sifting the air-dry material, the method used was that indicated by WAHNSCHAFFE-SCHUCHT: *Wissenschaftliche Bodenuntersuchungen*. IV Aufl. (1924) p. 17—18, by which particles of size groups: 1) over 2 mm, 2) 2—1 mm, 3) 1—0.5 mm in diameter were determined.

In elutriation, KOPECKY's apparatus was used, and the method indicated by WAHNSCHAFFE-SCHUCHT, pp. 20 and

48, followed. (At the time these determinations were made the common international method described by B. A. KEEN (l. c.) had not been generally adopted). By this method particles of the size groups: 4) 0.5—0.1 mm, 5) 0.1—0.05 mm, 6) 0.05—0.01 mm, and 7) less than 0.01 mm in diameter were determined.

Determination of the Hydrogen ion Concentration.

The p_H determinations were made using BIILMANN'S quinhydrone electrode. To about 10 gm air-dry soil 20 cc distilled water was added. This soil and water mixture was thoroughly shaken and after 1 or 2 hours the p_H in the suspension measured. For this a small spatula full of quinhydrone (the Biilmann preparation) was added and the whole shaken, the electrode and the KCl-agar tube being submerged in the mixture. A measurement was made with polished platinum electrodes against VEIBEL'S electrode using a potassium chloride agar bridge. In the measurement a potentiometer and a mirror galvanometer were used.

Chemical Analyses.

The soil samples to be submitted to chemical analysis were air-dried at room temperature and then sifted through a sieve with 2 mm meshes. Coarser particles were crushed in an agate mortar and then sifted again. Possible plant remains were removed. From the soil samples thus treated small portions were drawn for chemical analysis which was then made in air-dry substance. A determination of dry substance was made simultaneously and all the results of analysis given are based on dry matter.

“Hygroscopic” water is determined by drying 15 gm soil to constant weight at 110° C.

“Humus” (by which carbon in organic compounds is meant) is determined by wet combustion (KNOP’S method) with the addition of a quartz tube containing CuO and chromate of lead for complete oxidation. 3—10 gm soil is used in the analysis depending on the larger or smaller “humus” content. Each analysis required about 3 hours. The amount of “humus” is computed by multiplying the amount of carbonic acid with the factor 0.471 (see further WAHNSCHAFFE-SCHUCHT, p. 66).

The inorganic colloids (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) are determined by the OLOF TAMM (l. c.) method, by which the inorganic gel complex was extracted by a solution of acid oxalate of ammonia. 6 gm air-dry soil was shaken for 1 hour with 200 cc of the TAMM solution of acid oxalate (12.608 gm oxalic acid + 24.840 gm oxalate of ammonia. $\text{pH} = \text{ca. } 3.25$, both substances guaranteed pure from MERCK). After shaking, the solution was decanted from the soil through a filter, and the soil washed a couple of times with distilled water by decantation. The small amount of soil remaining in the filter was sprayed in an oxalate solution back into the extraction bottle, where it was again shaken for 1 hour with 200 cc oxalate solution. It was then again decanted into the same filter, and the entire quantity of the soil placed on the filter and washed out with distilled water. The total filtrate and washing water were evaporated in a platinum dish over a water bath to dryness, after which the ammonium salts were driven out by heating and the whole mass ignited until all “humus” was burnt away. The combustion residue was mixed with anhydrous soda and fused in a crucible

for 20 minutes using a blow lamp. The fusion was then dissolved in an excess of HCl and treated as an ordinary silicate analysis. In the filtrate from SiO_2 , after a surplus of phosphoric acid was added, iron and aluminum are precipitated as phosphates by adding an ammonium solution in accord with the GLASER-JONES method (l. c.) which has proved satisfactory in the present analysis, in which the solutions contain practically no Ca^{++} . The sum of AlPO_4 and FePO_4 is found by ignition to constant weight and weighing the residue. After the last weighing the ignited phosphates were dissolved in conc. HCl and the amount of Fe determined iodometrically by MOHR'S method. Aluminum was computed as the difference.

In some of the analyses the presence of manganese and titanium could be shown qualitatively, but the amounts were so small that a quantitative determination could hardly be made.

A few of the analyses were made in dublo for control, (see tables, p. 43) and gave results which may be considered satisfactory.

Total nitrogen was determined by KJELDAHL'S method.

Ammonia and nitrate nitrogen were determined as follows:

To 100 gm soil was added 100 cc distilled water and a mixture of $\frac{2}{3}$ CaCO_3 and $\frac{1}{3}$ KAlSO_4 12 aq. in a flask which was corked and placed aside for 1 hour, but shaken at intervals. The solution was then filtered and the soil from the filtrate washed out with water. In the soil extract thus obtained, a determination of the NH_3 and the HNO_3 content were made by the methods substantiated by FRODE HANSEN (l. c.), the ammonia being distilled off after the solution was made alkaline. It was then reduced

with the DEWARDAS alloy and distilled again. In titration $n/70$ H_2SO_4 and $n/70$ $NaOH$ were used with methyl red as indicator. As glass retorts and glass receivers were used, a blind experiment with pure water was made, after which the figures found were corrected.

Bausch Analyses.

Besides the determinations of "humus" content and "hygroscopic" water already referred to, 5 complete analyses were made in 5 different horizons of each of the 3 localities, that is to say, 15 Bausch analyses in all, which comprised the determinations described below and the determinations of colloidal silicic acid and iron- and aluminum-hydroxide.

"Chemically bound" water is computed as the difference between "ignition loss" and "hygroscopic" water + "humus".

To determine the content of SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO and MgO , 1 gm finely pulverized soil was opened up by fusion with anhydrous soda. The fusion mass was treated with HCl and the silicic acid separated in the usual way by 2 vaporisations. It was then filtered, washed out and ignited over a blow lamp to constant weight. In the total filtrate from this determination Al , Fe and Ti were precipitated by acetate hydrolysis. The residue after washing was ignited to constant weight as $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2$. After weighing the ignition residue was rendered soluble by fusion with $KHSO_4$. It was then reduced with SO_2 and after boiling away the excess under the addition of CO_2 the Fe_2O_3 content was determined with $KMnO_4$. After titrating the solution and adding H_2O_2 the titanium content was determined colorimetrically using a Krüss-colorimeter

and a solution of titanium sulphate with known content of TiO_2 as standard. The Al_2O_3 content was determined as the difference between the weighed sum of the oxides and the two last results. In the filtrate from the Al-, Fe- and Ti-residues, Ca was precipitated in the usual way as oxalate, then filtered away, ignited and weighed as CaO. In the filtrate from calcium oxalate, magnesium was precipitated as MgNH_4PO_4 , and weighed after ignition as $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

Mn_3O_4 was determined in a specially prepared sample, the silicic acid being removed from 1 gm finely pulverized soil, as described by HILLEBRAND (l. c.). The manganese was dissolved in nitric acid oxidized with $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ to permanganate which was then determined colorimetrically, a known solution of KMnO_4 being used as standard.

Na_2O and K_2O were determined by the LAWRENCE SMITH method (see HILLEBRAND l. c.), according to which the sum of the alkaline chlorides was first determined and then the potassium chloride as perchloride, and sodium as the difference. A blind experiment was made with the reagents used and the results obtained subtracted from the results of the original experiment.

P_2O_5 is precipitated in a nitric acid soil extract as ammonium phosphormolybdate and weighed as $24 \text{ MoO}_3, \text{ P}_2\text{O}_5$ by MITSCHERLICH'S method.

SO_3 was tested in a nitric acid soil extract with a solution of BaCl_2 . BaSO_4 was not precipitated in weighable amounts in any of the analyses made.

CO_2 was determined directly by weighing.

IV. The Results of the Analyses

are grouped in the main tables (I—IV) which include the original determinations planned and in special tables

(V—VII) showing more detailed investigations (Bausch analyses) from single, typical localities on questions arising as the work progressed. From these tables selections of the numerical results were later made and the computations added to the text. This was found to give a review of important results of the investigations in general.

Based on the main point at issue, i. e. the question as to how far the distribution of colloids in the horizons from the various profiles determines the special characteristic qualities of the soils in question, which has been substantiated and in the figures found gives a striking expression for the degree of podsolization, the main table is divided into 3 groups for hill island localities (Mangehøje) and 1 for heath plain localities (Skovsende).

The division made here is not only based on the ordinary description and on what appeared as typical differences, but also on some of the most striking analytical results. The following types of soil are presented.

Mangehøje. Hill Island.

I. Quality. Profiles 10, 11 and 12. See Table I.

Typical heather covered heath though of new formation, which a short time previously was wooded. The soil, which is only slightly podsolized, forms a transition stage to the mould or brown soil type. Slight raw humus and leached sand formation, a soft diffuse hardpan or red soil zone without sharp boundaries at the top or bottom. No glei formation observed.

II. Quality. Profiles 8 and 9. See Table II.

Podsolization more strongly marked but leached sand and hardpan formations still slight. The latter are somewhat more plainly marked at the top and bottom but still rather

soft especially in the upper humus section. At greater depths (60—85 cm) slight, black glei stripes are seen here and there.

III. Quality. Profiles 13, 14, 2, 4, 5, 6 and 7. See Table III.

Strongly podsolized with heavy leached sand formation and as a rule, sharply defined hardpan layers which it is necessary to penetrate to ensure a good foundation for planting. There are two different typical layers in the hardpan, uppermost, black peat hardpan, lowest down, brown, closely cemented, true hardpan. Often several horizontal glei stripes are seen, almost the entire section (except profile 6) has been subjected to sand drift, but so long ago that it preceded podsolization. This locality resembles the following in the main, but is slightly inferior in quality.

Skovsende. Heath plains.

Profiles 1—10. See Table IV.

In spite of some variation in the physical structure of the soil (distribution of coarse and fine particles and humus content in the various horizons) between one spot and another, this entire locality is, generally speaking, homogenous in one very important feature, — podsolization — which is everywhere very apparent. Among the heath plain localities it is characterized by a large content of stones and coarse gravel, as is usually the case in soil near the borders of glaciers. Gleï formation is sometimes found.

In none of the profiles opened, neither at Mangehøje nor Skovsende, was underground water reached, but the gleï formation indicates that this had been higher in former times.

Bausch Analyses. (Profiles 6 a and 10 a at Mangehøje and 1 at Skovsende. See Tables V—VII) are made with

material from virgin heather covered heath, where a finer distinction is observed between the separate horizons than in the other profiles. In the place where Profile 6 a in Mangehøje was opened, sand has drifted away leaving a more stony soil and affecting the results of the analyses.

V. Discussion of the Analytical Results.

Based on the numerical material shown in Tables I—VII, an attempt was made to characterise the separate types of soil in order to classify them so that their practical valuation might rest on scientific methods of investigation. The present analyses are considered suitable for illustrating some of the most important physical and chemical characters of the soils, which, in turn, are determining factors for their biological characteristics.

However, the single figures in these tables only present a raw material, which even, though in many instances speaking clearly on its own account, especially when the tables are studied both vertically and horizontally, yet reserves the correct comprehension and deeper understanding of the facts for a more detailed study. We will try to give such an explanation of some of the most important results in the following in which the single groups of determinations are first studied separately and later in their mutual relation.

1. **The Mechanical Analyses.** In a critical study of the analysis material at hand the want of a homogeneous method for procuring this material is very great, and we warmly endorse the suggestion so strongly emphasized by B. A. KEEN (l. c.) of introducing everywhere an international standard method for mechanical analyses. In investigations of that nature made hitherto on soils of an origin similar

to the present by C. F. A. TUXEN, A. OPPERMAN and C. V. PRYTZ, T. WESTERMANN, C. H. BORNEBUSCH, R. ALBERT and HASSENKAMP (l. c.) either other apparatuses were used, or the particles classified according to other size groups, so that a comparison with results found hitherto is not always of value.

The hitherto prevailing theory that the quality of sandy soil besides depending on the petrological character of the soil itself, was also, among other factors, dependent on the content of finer particles, as emphasized for dune sand by R. ALBERT (l. c.) is substantiated in our investigations (see p. 54). We found by computing the average size of the particles in each quality class (including 3 for the hill island localities and 1 for the heath plain localities) that whereas the predominating size of particles (0.5—0.1 mm) in all classes is practically the same, 50 and 60 %, there was a clear and gradual decrease in the content of the smallest particles groups (0.05—0.01 and below 0.01 mm) from the best to the poorest qualities (see Table p. 55). A particular aggregation of particles from 0.1—0.05 mm in the III quality class from Mangehøje is due to the fact that we are there dealing with drift sand. This is illustrated by an analysis of the separate profiles within this quality class compared with the description of the distribution of drift sand (see the Table, p. 56 and 57). Particles of this size and those in the next group (0.5—0.1 mm) are just the ones which are most liable to form sediment during sand drift, while only a few of the coarser particles are carried by the wind, and the majority of those that are even finer are carried further away.

It is of interest to note that the hardpan and the corresponding red soil layers are, as a rule, richer in particles

of the finest size than is the case in the average of all 4 horizons (except where sand has drifted, — Cf. Table, p. 58). The subsoil in all the localities revealed, on the other hand, a smaller, though varying, content of the finer particles than the upper layer. This evidently depends on disintegration due to weathering, and on the fact that the finer particles are retained under a washing down by the colloids collected in the hardpan and red soil layer.

However in these soils the hygroscopical and other adsorptive qualities of the fine particles play a subordinate part, for these characteristics are more closely bound to the colloids present as will be shown later.

2. **The Reaction (Hydrogen ion Concentration, p_H).** A common characteristic for nearly all the profiles in both localities is the fact that in spite of liming the reaction in the upper layer (raw humus + leached sand, horizon A_1 — A_2) was acid, p_H 4.0—4.5. As a rule the p_H increased gradually with the depth, so that the subsoil (horizon C) showed a $p_H = 5.0$ — 5.5 . It is surprising that liming (in some instances also cultivation) has only shown a slight effect in bringing the reaction nearer the neutral point. However this agrees with observations made by the author in other series of liming experiments on heath soils in beech and spruce forests. In these experiments too, changes in the p_H -value in soils, not under continual mechanical treatment, take place very slowly, even though the total change in vegetation, especially the appearance of nitrate loving plants, and the arrival of numerous earth worms indicate that vigorous humification has begun and another type of soil is under formation. (See Tables, p. 61, 62 and 64).

In investigating the so-called "lime requirement" of

soils under continual cultivation, many determinations have been made of the amount of lime necessary to raise the p_H from one value to another especially up to the neutral point, and, even though conditions vary in clay and sandy soils, so that the latter often require larger amounts of lime than the former. As a rule, by titrating a soil suspension with a base and an acid and constructing a titration curve of the amount of a base necessary to raise the reaction to the neutral point, it is possible to compute the amount of lime to be added in the field to obtain the same result. The amount used here is usually about 3 times greater than the amount used in the laboratory. (S. TOVBORG JENSEN, l. c.).

This, however, is mainly applicable to mineral soils. As soon as a greater amount of "humus" is present the definite titration factor to compute the amount of lime necessary to cause a definite reaction change has not yet been determined.

In reaction determinations in limed soil, rich in humus, it has been observed that in a suspension in which even undissolved lime particles are still present, the electrometric measurement often shows decided acid reaction. Even though an excess of lime is apparently present, the soil can show acid reaction. This is probably due to the fact that calcium carbonate is difficultly soluble (E. MANSARD, l. c.) and that the calcium humate is quickly decomposed to carbonic acid with various organic acids as intermediate products. Under decomposition, nitrogen compounds and other mineral plant nutrients are liberated from the "humus" substances, and the soil, long before it is neutral, affords a much better layer for plant growth than before lime was added. (FR. WEIS, l. c.).

Seen from the point of view of the facts stated here, the small reaction change in the limed sections of the experiment areas does not seem surprising. Whether or not a complete neutralization should be attempted by the addition of lime to heath soil, or in fact to all soil rich in humus, is another question. Experiments in cultivating the heath and liming the soil in beech raw humus by renewing the beech indicate that plant growth can also be checked by the use of too large quantities of lime, even though these are less than the amounts required for a complete neutralization of the soil. (FR. WEIS, l. c.).

3. **Hygroscopic Water.** Determinations of hygroscopically bound water compared both with the mechanical analyses and with the amounts of colloid substances (humic and inorganic colloids) present problems of very great interest.

Until now it was generally believed that the power of a sandy soil to hold water bore a direct relation to its fineness and its content of those organic substances which, due to molecular structure or colloidal nature, act like the finest inorganic particles (clay). This theory is hardly substantiated by the investigations made here, in so far as the amount of hygroscopically bound water (i. e. water which does not evaporate under ordinary air drying but only at a temperature a little above 100° C.) is an expression for this.

In Tables I—IV we observe considerable variations in the content of finest particles (below 0.05 mm) in the single soil samples, but no corresponding variation in the content of hygroscopically bound water. Leached sand ("Bleichsand"), although always relatively fine grained and besides

containing considerable "humus" particles, contains only a small amount of hygroscopic water (see Tables V—VII). Here this is mostly bound to the "humus" substances and the inorganic colloids. However that part of the humus substances which appears as solid carbon particles (raw humus) in the heather peat, leached sand and the upper part of the hardpan (peat hardpan) has apparently a smaller hygroscopicity than the part that is present in colloids (in the lowest part of the hardpan).

Computing the average figure for hygroscopically bound water and for "humus" + inorganic colloids in the particles under 0.05 mm., and taking all the horizons in each of the 3 quality classes in Mangehøje and Skovsende together we find, as the table p. 69 shows, that there is no direct, but rather a converse, relation between the content of the finest inorganic particles and hygroscopically bound water; and there seems to be an almost constant factor for the relation between hygroscopically bound water and "humus" + inorganic colloids. This latter, however, is only a chance result of the computations made. A closer analysis of the separate figures shows quite a different and most interesting state of affairs. If each horizon investigated in the two most strongly podsolized localities (Mangehøje, III. quality + Skovsende) is considered separately, the results are obtained which appear in the table p. 70. Here, as in the preceding table, the expression "colloids" is used in the widest sense as sum of all "humus" substances and inorganic colloids. If the relation between the figure for this and for hygroscopically bound water is computed, we find that the hygroscopicity factor is no longer constant but increases rapidly with the depth, apparently to the same degree in which

“humus” substances become more decidedly colloidal. This is even more apparent when the determinations of these factors in the Bausch analyses (Tables V—VII) were compared and arranged as appears in the table p. 72. Here, where the horizons are even more sharply separated than in the preceding summary, an even more decided rise in the hygroscopicity factor with the greater depth is observed, and we note that the raw humus layer (heather peat) in spite of an overwhelming content of organic substances, “humus”, has but a slight hygroscopicity in comparison with the deeper horizons — no doubt because only a corresponding small amount of the “humus” is here present in colloidal form. The more pure the form in which the colloids appear, the greater the hygroscopicity. (Cf. FROSTERUS, l. c. p. 41, Fig. 14).

Taken as a whole, there seems to be no doubt but that the power of heath soils to retain water is only dependent to a slight extent on their content of finer inorganic solid particles and solid humus particles, but is very closely related to their colloidal humus substances and inorganic colloids. (SiO_2 , Fe_2O_3 and Al_2O_3).

4. “Humus”. What we here designate as “humus” is, more exactly speaking, carbon in organic compounds, and the word is then used as a collective term to designate a motley mixture of dark coloured substances, for the most part of unknown chemical composition, whose decomposition by micro-organisms or chemical agents has entirely or partially ceased, and which therefore appear as difficultly decomposable remains of organic substances, — at any rate under the conditions present at their formation, and which still exist where they are found in or on the

soil. If these conditions are changed, if for instance the acid reaction characteristic for humus substances is neutralized, or if these substances are submitted to a thorough aeration (oxidation), they will easily be able to undergo further decomposition and mineralization.

Just what is true humus in this mixture of substances is a matter of much debate. The definition which, in the opinion of the author, best covers the probabilities, is that given by S. A. WAKSMAN (l. c.) also supported by a series of earlier investigations, (HOPPE-SEYLER, F. HOFMEISTER, P. P. DÉHÉRAIN, C. WEHMER) of which the gist is as follows: In the mixture of carbohydrates to be found in plants, lignin is particularly resistant to the action of microbes. While sugar, dextrines, celluloses, hemicelluloses, pectines, pentosans, etc., are readily decomposed to carbonic acid and water, the decomposition of lignin ceases with the formation of humic acid, which, with certain also difficultly reducible fats, waxes, resins, chitin, etc. accumulate in the soil. The comparatively large nitrogen content, which is characteristic of the humus substances, and which cannot be due to the nitrogen-free lignin, is mainly due to microbes, particularly fungi, with whose protoplasm combinations are formed with nitrogen in very stable compounds so that this substance accumulates, likewise bound by the "humic acids" present. (Concerning these, opinions also differ, BAUMANN and GULLY, Sv. ODÉN, l. c.). True humus then, is that part of the amorphous organic matter in soil, peat, etc., which is soluble in diluted alkalines and which may be precipitated by a surplus of heated HCl. It includes a series of different chemical compounds, varying in nitrogen content, but all presumably appearing as colloids. The variation is dependent on the plant material and the micro-

organisms which have contributed to their formation and on external conditions (reaction, presence or absence of oxygen, temperature) under which they are formed. However WAKSMAN and his collaborators have succeeded in creating humus substances from plant matter with a large lignin content mixed with other easily decomposable carbon and nitrogen compounds which serve as nutrients for the micro-organisms (especially fungi) which gradually accumulate nitrogen in their protoplasm. WAKSMAN discovered later that cellulose and hemi-cellulose in high and low bog peat ("Hoch- und Niedermoores") can also be used as raw material for humus substances.

Among the organic substances in the soil are many which are not actually humus, but which perhaps could be called "raw humus", being the material from which true humus substances are formed. There is no concise scientific definition of "raw humus" either, but some of that substance is certainly present in the form of colloids. A reliable and valuable method for determining the total organic colloid content in soil, which would be of very great value, is also wanting, and could therefore not be used in these investigations. However, when heath soils are apparently able to show comparatively large quantities both of true humus substances and of organic colloids, the fact is explainable by the wealth of shrubs, *Calluna*-, *Erica*-, *Empetrum*-, *Vaccinium*-, *Genista*-species, etc. to be found in heath vegetation, which in their hard wooded parts are very rich in lignin, and in their herbaceous parts, leaves and bark, furnish nutriment for fungi which bind nitrogen and contribute to the formation of humus substances. In the more deeply lying horizons of heath soil, organic matter is pre-eminently present as true humus substances

in the form of colloids, as in the hardpan and red soil formation in the B-horizon. The increasing nitrogen content in organic substances, the deeper we penetrate into the earth, substantiates this theory (see p. 176—182).

When however, in spite of this, I have retained the current nomenclature, "humus", for all organic matter in the soil, it is partly because at the present moment we are unable to draw a sharp quantitative demarcation line for the true humus, and partly to better compare my results with what the available literature on the subject has hitherto characterized as "humus".

5. The "Humus" Content in the Hardpan. Strongly podsolized soils, as those of the present investigations, are often characterized by the fact that, under more or less sharply defined and heavy layers of "raw humus" and leached sand, there is a characteristic hardpan formation, also varying in heaviness (thickness), hardness, color, etc. Below the hardpan, far below indeed, in the unweathered subsoil, can often be found one or more layers of a special reddish ground-water hardpan, glei, representing a so-called G-horizon.

The ordinary, typical hardpan is usually a rather complex formation, at the top rich in solid humus particles that have been washed down, and which give it a deep black color, intermixed with clear white quartz grains without gel membranes and belonging to the eluvial horizon, A_3 , at the bottom without solid humus particles and of a lighter brown or yellow tone, intermixed with brownish yellow grains of sand, usually covered and cemented closely by the colloid membranes, which, for the most part, are composed of humus colloids with a strong intermixture of colloidal silicic acid, iron and aluminium hydroxide, and

belonging to the illuvial horizon B_1 . As a rule the uppermost of these two layers is the largest, and certain authors, B. FROSTERUS, B. AARNIO and P. E. MÜLLER (l. c.), believe that it is particularly characteristic for certain localities. MÜLLER claims that the hardpan of the heath plains is a humus hardpan (humus podsol) of this type, while the hardpan of the hill islands, on account of a far slighter "humus" content and greater wealth of iron, represents what FROSTERUS calls an iron hardpan (or iron podsol).

A comparison between the content of humus and iron in the hardpan from the two equally strongly podsolized areas such as the hill island locality at Mangehøje, III. quality class, and the heath plain locality at Skovsende, (see Tables III and IV) furnishes no reasons for the distinction (see also Tables V—VII), and the analysis material collected by C. F. A. TUXEN, and which MÜLLER in particular uses as a basis, is, presumably, too little comprehensive to prove the differences claimed as regards the Danish heath soils. (FROSTERUS' investigations from Finland deal with soil types of essentially different geological and mineralogical origin and with another vegetation than the Danish heaths). See also the tables p. 83 and 86.

The results of a more detailed profile description, as made by Dr. ØDUM, appear in the tables, pages 84 and 85. Comparisons of "humus" and iron content in the hardpan from the hill islands and the hardpan from the heath plains in horizons A_3 and B_1 appear in the tables p. 83 and 86. Nor does any of this material substantiate the theory that, based on an intrinsic difference between the hardpan forms in the two localities, a sharp distinction can be drawn between a typical humus hardpan and a typical iron hardpan in the case of the Danish heath podsols.

The many different terms which have crept into recent Danish as well as foreign scientific literature to characterize the different hardpan types are not, at present, sufficiently substantiated by scientific proof, and are more apt to bring confusion to the scientist as well as to the practical man who is obliged to use terms for the soil forms with which he works.

For the present then, the term "hardpan" should be kept as a common designation for all the hard cemented layers of a black, reddish brown, yellow or even grayish color, which appear in many strongly podsolized soils, whether these belong to A-, B- or C-horizon, and with special prefixes such as "peat"- "humus"- "iron"- or "ground water"-hardpan (glei) indicate specific characteristics in regard to its chemical nature and origin.

6. **Nitrogen Content in the "Humus"**. In addition to an extremely small content of mineral plant nutrients such as Ca, K, Mg, P and S, as seen in Tables V—VII, the Danish heath soils contain an astonishing abundance of nitrogen, as a cursory glance at Tables I—IV plainly shows. This nitrogen is certainly present in virgin heath soil only in complex organic compounds, as parts of "humus" substances, but here it appears in such large quantities that the "total nitrogen" in the raw humus + leached sand is between 0.1 and 0.2 % (sometimes even more), in the hardpan layers between 0.2 and 0.3 %, while in the layer below these it is only found in very small quantities; the hardpan seemingly forms a barrier to the progress of nitrogen downwards, and so, in the course of time has caused it to accumulate there.

However, in spite of this nitrogen abundance, which to a depth of about 30 cm, averages 0.2 % and represents

about 15,000 kg per ha. (the specific weight of the soil being computed as 2) or corresponding to about 100,000 kg nitrate of soda, the fact remains that heath soil, especially virgin heath soil, affords very little nitrogen in a form available to plants, and nitrogen hunger is often observed in plants cultivated on the heaths, unless additional nitrogen fertilizer is given. It is evident that the nitrogen here appears in very difficultly available forms and this is the reason for its accumulation.

The question now arises, how and to what extent nitrogen can be mobilized in compounds such as ammonia and nitric acid available to the higher plants. If this can be done, the results will be of great economic importance, and heath soil, hitherto considered poor and unprofitable, will be placed in a new light.

At the outset there is a probability that nitrogen can be liberated to the same extent as the organic carbon to which it is bound is oxidized to carbon dioxide under the ordinary process of humification. Nitrogen will, moreover, probably be liberated as ammonia and nitric acid, which Tables I—IV indicate clearly. As soon as heath soils are cultivated and limed, considerable quantities of these substances are immediately released. Whether or not the entire nitrogen content can be rendered accessible in this way is another question.

According to the investigations of S. A. WAKSMAN (l. c.), to which reference has already been made, nitrogen is bound to the actual humus substances in some organic form, though hardly as free protein, even though it was originally present in this form as protoplasm in the cells of fungi and bacteria. The relation between carbon and nitrogen in these unknown organic compounds (true hu-

mus) should, according to WAKSMAN, be rather constant, and only vary between 12:1 and 8:1 and as a rule be as 10:1. If it were proteins, which, as he claims, are the organic substances richest in nitrogen, the nitrogen percentage would be higher, about 14—18 %. However, in spite of the claims of HILGARD and JOFFE and LOUGHRIDGE (l. c.), who found up to 20 % nitrogen in "humus" from arid regions (a determination whose inaccuracy was noted by C. LIPMAN and H. F. PRESSEY, l. c.), WAKSMAN still believes that no natural organic substance can contain more nitrogen than the purest proteins.

By computing the nitrogen quantities found by the author of the present paper as percentage of the organic substance (humus) present in the same soil samples, considerably higher figures were found, i. e. 10, 11, 13.33, 16.43 and even up to 22.22 % N.¹ and these in the deepest layers of the profiles examined. By comparing all these figures (with the exception of 3 determinations which had a much smaller N-content, but which for other reasons may be considered inaccurate) it has been possible to show this not surprising, but still interesting, relation that the nitrogen percentage in organic matter increases at increasing depth. This appears in the tables, p. 94—95. Excluding the figures for profile 10 at Mangehøje and two in parentheses for profiles 4 and 10 at Skovsende Plantation, an average computation of all the other figures gives the following nitrogen percentage in the organic matter (p. 179):

The comparatively small increase in nitrogen content from the first to the second layer is, of course, because

¹ As it is a question of determinations of very small quantities of nitrogen, a possibility for error exists. However this is not probable, as all the high nitrogen percentages were found in the deepest horizons. (See tables, p. 94—95).

Raw humus + leached sand Horizon A ₁ —A ₂	Hardpan Horizon A ₃ —B ₁	Layer under hardpan Horizon B ₂	Subsoil Horizon C
2.08 %	2.24 %	3.99 %	8.44 %

the largest part of the hardpan layer belongs to the A-horizon (A₃) in which there are considerable quantities of nitrogen-free organic substances not present in colloidal form. At the two following depths all the organic matter is no doubt true colloidal humus (except penetrating roots, etc.) and in each of these zone depths the nitrogen percentage is doubled from the zone above. The explanation for this lies in the fact that the organic matter lying deepest down is the oldest and that nitrogen is not decomposed as quickly as carbon¹. The striking difference between the average nitrogen contents in the deepest layers at Mangehøje and Skovsende Plantation, 9.89 % N. and 6.77 % N. respectively, substantiates this fact, for the hill-island, Mangehøje, is of considerably older geological origin than the heath plain, Skovsende. The rule that of all organic substances the true colloidal humus substances, representing the greatest nitrogen content, have the greatest power of wandering down into the ground is applicable here. The fact that the nitrogen percentage increases with the depth, while the acidity decreases, has also been demonstrated by H. HESSELMAN and V. AALTONEN (l. c.) in Swedish and Finnish coniferous forests soils. The fact that the

¹ Similar conditions exist in high bog and Tchernosem soils, which, with an increase in N-percentage in the oldest layers, show a more complete binding of this substance. (See A. DOJARENKO: Landw. Versuchsst. 56. Bd. 1902, and P. E. MÜLLER and FR. WEIS: Naturw. Zeitsch. f. Land- und Forstwirtschaft. Jahrg. 1907.

humus is so rich in nitrogen at great depths, is of smaller practical interest, for the amounts of organic matter are so small. However the great quantities of nitrogen present in the heath raw humus and the hardpan layers and representing an enormous depot of this most important element demand our keen attention.

That part of the organic nitrogen in heath soil, and especially that found in the raw humus, can be mineralized and liberated, even though the reaction of the soil is strongly acid, is very apparent from the figures for ammonia and nitric acid in Tables I—IV, (see also Figs. 10—11, p. 100 and 101, which show the quick appearance of the nitrate loving plant, *Chamaenerium*, as soon as the heath is treated) and from several earlier papers (FR. WEIS, P. E. MÜLLER, l. c.). For this, simple mechanical treatment or liming only is necessary, but on raw virgin heath this transformation does not take place. As the nitrification process is very active (vigorous growth of nitrate loving plants) when the hardpan after trenching is brought to the surface, a considerable amount of its nitrogen content is also transformed. (See Tables I—IV). To what extent the nitrogen in true humus substance is liberated is not yet known. Old heath soils, as well as other older raw humus formations, are less liable to nitrification than younger soils (FR. WEIS, H. HESSELMAN, P. E. MÜLLER, l. c.). And even in certain mould or brown soils, old beech forests, for instance, the same unwillingness is present (FR. WEIS).

The question remains: how is nitrogen mobilized? What factors hinder and what further the process?

Several possibilities present themselves. 1) Nitrogen is bound so fast that it cannot be mobilized. This explanation is unsatisfactory for many reasons. 2) No

ammonifying and nitrifying microbes are present in the soil. As these are everywhere present in the dust in the atmosphere, they will readily find their way into the soil and develop where conditions are favorable. 3) Conditions necessary for the development of the microbes in question are wanting. Such conditions can always be produced artificially. 4) The presence of very specific microbes is required to liberate nitrogen from certain humus substances. This is very probable, but at present our knowledge of the matter is limited. Experiments (by WAKSMAN and others) have shown, however, that extremely difficultly decomposable nitrogen compounds can be broken down when inoculated with certain micro-organisms.

We often observe in nature that incipient nitrification again ceases, for instance when the physical conditions in heath soils are unfavorable, — moss and lichen species or heather again cover the soil and earth worms and similar animals disappear. The cultivated plants growing on such soil soon show signs of nitrogen hunger. Renewed cultivation reopens the nitrogen source and the natural vegetation is again changed.

Means are surely then at hand, or can be found, to mobilise the nitrogen compounds in heath soils in the form of valuable plant nutrients such as ammonia and nitric acid. However the practical man is interested in preventing the mobilisation of nitrogen more quickly than cultivated plants can assimilate the nutrients freed and in avoiding too much nitric acid loss by washing out. By a selective use of the correct mechanical methods of cultivation by which heath raw humus and the hardpan layer are maintained and brought

to the surface layer, and there mixed with lime and manure which bring many micro-organisms to the soil, J. GÖRBING¹ has succeeded by intensive, but rather expensive, cultivation in bringing a very strongly podsolized Holstein heath soil in an excellent condition during 1 to 2 years. Many practical cultivators of the Danish heath have also solved the problem by similar but slower methods.

On the whole then, there seems to be a possibility for bringing the large valuable nitrogen accumulations in heath soils into circulation, though slowly, so that that substance becomes available for higher plants and can benefit them during a longer period. For further details as to how this is done, see the works of H. HESSELMAN, FR. WEIS, T. GAARDER and O. HAGEM, HALL, MILLER and GIMINGHAM and others (l. c.).

7. The Inorganic Colloid Complex (SiO_2 , Al_2O_3 and Fe_2O_3).

The qualities rendering a soil fertile and favorable for cultivation are not only its absolute content of actual plant nutrients, but to a far greater extent its physical structure, its living micro-flora and its content of substances able to hold water and other nutrients, or which regulate the reaction by acting as buffer agents. These latter qualities are closely related to the organic and inorganic colloids in the soil which appear commonly though in greatly varying quantities and unevenly distributed among the various soil types.

The inorganic colloids and their distribution deserve special attention. They are formed under the ordinary

¹ J. GÖRBING: Erfahrungen in der Ödlandkultur mit fürstlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen. Protokoll d. 89 Sitzung der Zentral-Moor Kommission am 16 und 17 Februar, 1928.

weathering processes of the minerals in the natural crust of the earth, and as quartz, silicates, aluminum and iron compounds are nearly always present among them, a possibility exists for the formation of larger or smaller quantities of colloidal silicic acid and aluminum and iron hydroxides which comprise the most important inorganic colloids. As a rule they are found as sols, but where negatively charged silicic acid encounters positively charged aluminum or iron hydroxides, these substances are mutually able to precipitate each other as gels unless one part is so much more strongly charged than the other that it becomes reversely charged by the effect of the first, or a sufficient number of negatively charged humus substances appear at the same time and act as protective colloids ("Schutzkolloide") and keep the colloidal complex in a state of sols. This makes possible the elutriation of colloids from the upper horizons of the soil and precipitation as gels first in the deeper layers, where especially the bases, present as iron hydroxides or cations of different electrolytes, neutralize the negatively charged anions of silicic acid and humic acids.

As a rule mixed gels of silicic acid and aluminum hydroxide are formed under this process and the two components are present in mutually varying relative amounts and represent the exchange zeolites. These play an important part in soil processes due to their power of retaining ammonium and potassium ions tightly bound and sodium and calcium ions loosely bound, at the same time liberating aluminum and hydrogen ions. These then, are the main support of the very important base exchange which takes place, partly by the liberation of electrolytes under weathering processes, partly by the addition of lime

and fertilizers to the soil by which it attains a crumbling physical structure (German: "Krümelstruktur") due to dissolved colloids being precipitated out as gels, and which is most favorable to the higher and lower plants (bacteria). The great hygroscopicity of the gels (see p. 170) and their effect on the power of the soil to hold water increases their importance. While in a naturally fertile soil, (mould or brown soil) rich in basic elements and not covered by an acid reacting raw humus layer, these colloids will be precipitated as gels where they are formed, and remain there (especially in the upper horizons), and the same distribution can be made by mechanical treatment and manuring of cultivated soil, — in the cold and coldly temperate, humid, climatic regions, in a natural, uncultivated soil, where raw humus readily accumulates, and especially where the soil is poor in basic elements, podsolization occurs under which the colloids are entirely dislocated. In the Danish heath soils investigated, which were very poor in basic elements, the typical structure is one in which the upper raw humus layer, together with a leached sand layer (often very large) whose lowest section passes into a "peat hardpan layer" (also often very large), represents an elutriation zone or eluvial horizon (A), while the colloids in gel form are first precipitated entirely and retained in the illuvial horizon (B) just below, which is either a looser red soil zone or a more or less fast cemented hardpan from which only very small quantities of colloids are allowed to penetrate into the unweathered subsoil (C-horizon), or into the layer of partially weathered soil found between that and the hardpan layer (B₂ horizon). In the C-horizon there are one or more thin layers of ground water hardpan or glei (G-horizon) also rich in colloids, especially

iron hydroxide, but with a very different origin from the other hardpan formations.

However, originally healthy mould or brown soil of crumbling structure, absorptive saturated, and with colloids diminishing gradually from the upper layers downwards, can degenerate and become absorptive unsaturated soil of single grain structure, with colloids elutriated in the upper layers (especially the leached sand layers) and accumulated in the red soil or hardpan zone, in other words a typical podsol. This readily occurs, most often in forest soil under shade trees where raw humus accumulates. Degeneration of this nature comes rather quickly, but before it is visible to the naked eye it can be revealed by a quantitative determination of the distribution of the inorganic gel complex at various depths of the soil, as shown by O. TAMM and K. LUNDBLAD (l. c.) using TAMM's original method.

Comparing the results found by those scientists, some of which are seen in the tables p. 111—114, with my analyses of heath soils of varying grades of podsolization, fine agreement is noted.

The results of my analyses are shown in the tables p. 114—116 in the same way as in TAMM's and LUNDBLAD's tables, but with the addition of the average figure for each quality class from Mangehøje and for all the profiles from Skovsende (see further Tables I—IV). However, as the soil samples from different profiles in the 4 horizons are not always drawn at the same depth (among other reasons because the depth of the hardpan layer varies) the exact average figure for this cannot be given.

In all the comparisons made silicic acid seems to play a less important part as compared to the two other colloids.

However this is otherwise if all the colloids are computed in molecular percentage of the total inorganic colloid content, for silicic acid has a much lower molecular weight ($\text{SiO}_2 = 60.4$) than aluminum hydroxide ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 102.2$) and iron hydroxide ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 159.8$). This is seen in the tables, p. 117--120, where, to the amount of the single colloids in weight percentage of the total amount of soil, is added, in one column their weight percentage, in another their molecular percentage of the total colloidal content.

This better illustrates the importance of silicic acid in the total colloid complex, and the distribution of all 3 colloids appears otherwise when their amount is expressed in this way. As it is impossible to express the molecular weight of the humus substances which is an important part of the total amount of soil (at all events in certain horizons) the molecular percentage of all the colloids could not of course be computed.

The colloid determinations given in Tables V--VII which are not included in the average figures of the separate quality classes, substantiate this most satisfactorily. Another interesting relation is seen from this which did not appear in the analyses in which raw humus and leached sand are mixed, namely that in the leached sand layer only a very small colloid content is found and that this is only composed of silicic acid.

Practically all my profiles substantiate the facts noted by TAMM and LUNDBLAD, GLINKA, FROSTERUS and others, that iron hydroxide is precipitated before aluminum hydroxide and silicic acid; the two latter usually remain together as a complex gel. A comparatively larger part of the iron is retained in the hardpan and already in the peat hardpan (A_3 -horizon). Where it appears

in the glei-horizon it has seeped up with the ground water and is not due to elutriation from the upper layers. On the whole my analyses substantiate TAMM's and LUNDBLAD's discovery that the distribution of the inorganic colloids in the different horizons is a sensitive expression for the degree of podsolization.

If the results of the colloid determinations are expressed graphically (in weight percentage of the total amount of soil) for each separate profile, as seen in Figs. 11 and 12 (p. 122—123), we note that from Mangehøje we can construct 3 characteristic types of curve corresponding to 3 different quality classes, of which the first practically coincides with the curves constructed by LUNDBLAD for brown soil in Swedish beech forests (very slight podsolization), the second indicates a plainly degenerated soil (medium podsolization) and the third a strongly podsolized soil of the same character as the soil in Skovsende Plantation. Particularly characteristic for this last type is the extremely small amount of colloids in the upper layers of soil (the curves begin very near the axis of the abscissa) with the greatest accumulation in the hardpan layers, with an equally abrupt decrease towards the layers below. Among the Skovsende soils, a single profile, (No. 8), deviates from the others and follows a curve lying between I. and II. quality class from Mangehøje. However just such spots in an otherwise apparently homogeneous heath plain can be detected by the method used here.

Fig. 13 (p. 124) shows curves expressing the average figure for the distribution of the single inorganic colloids in weight percentage of the total amount of the soil mass, in which the course of the iron curve is interesting. The graphic representation, Fig. 14 (p. 125), of the mutual distribution of the

colloids in molecular percentage in the various horizons gives another picture than that seen in Fig. 13, but substantiates in the prettiest manner possible the fact that iron hydroxide is precipitated more quickly than the other colloids, while silicic acid appears in relatively larger quantities in the deeper horizons.

If these results are compared with the descriptions of the single profiles we note that where no definite hardpan formation is found the colloids are more evenly distributed through the entire profile, in the upper as well as in the deeper layers of the actual soil, whereas the hard hardpan has apparently absorbed and precipitated as gels the greatest part of the total colloid complex. This applies, moreover, not only to the inorganic parts of this but also to the organic colloids (the true humus substances).

It may perhaps seem presumptuous, on the basis of a so comparatively limited analysis material, to draw extensive general conclusions as to the distribution of the colloids in various horizons as a criterion for the quality of the soil. Two questions immediately arise: 1) Is the material at hand sufficiently large to prove a law abiding relation between the distribution of colloids and the degree of podsolization? 2) Is the colloid complex really such valuable soil material that it may be considered one of the vital fertility factors?

In regard to the first question we possess in the literature on the subject a series of determinations made by TUXEN, RAMANN, FROSTERUS, AARNIO and others (l. c.) not indeed of the colloid content, but of the distribution of the sesqui-oxides in podsolized and non-podsolized soils

which agree entirely with my own results. (Part of these compounds are, without doubt, colloidal hydroxides). However particularly important seem to me the determinations made by TAMM and LUNDBLAD of the 3 colloids in question, which beautifully illustrate the regular variation in distribution in accord with the degree of podsolization and, not only when a brown soil degenerates to a podsol, but also when a podsol regenerates to brown soil, and in soils of a totally different geological origin. By private information from Dr. TAMM I have been informed that a slight error (of 0.2 %) is to be found in his method for the determination of the inorganic colloid complex as applied to soils with a large clay content. However when this is taken into consideration, the theory is well adapted for general use in the classification of soil, not only for determining the distribution but also the amounts of colloids, and it is especially recommendable in light sandy soils.

The importance of colloids in general as a substratum for ad- and absorption of water and various bases used as plant nutrients is not to be questioned. In the soils treated here, the organic colloids which can appear in great quantities, should also come under consideration. It is true that these can disappear gradually as the humus substances are mineralized, but on the other hand new will be formed from plant and animal residues. Generally speaking the inorganic gel complex has probably a more permanent character, even though on occasion it may possibly be subjected to elutriation by peptization: at all events it comprises a considerable content of clay-like substance (the combined gel of silicic acid and aluminum hydroxide).

Therefore heath soils, which otherwise have generally been considered extremely poor sandy

soils, should, in the future, be considered from another point of view, for they contain very considerable quantities of the same material as is found in the fertile mould and clay soils. The difference in consistency between heath soils and clay soils depends on the fact that in the former the colloidal matter is elutriated as thin membranes enclosing the grains of sand (hard and uneven quartz particles) and does not produce the same physical, plastic structure as a typical clay soil. These membranes do not disappear under the finest fractions of a elutriation analysis (for they also stick to the surface of the larger grains of sand) so that such an analysis gives here no information concerning the total colloid content.

There is no doubt but that the inorganic colloids play a very important part in the base and acid exchange taking place in cultivated soils, especially when ordinary plant nutrients are added as fertilizers. In heath soils, poor in bases, and without the addition of fertilizers, practically no other exchange will take place than that occasioned by the adsorption or absorption of the ammonia liberated by the decomposition of humus substances containing nitrogen. For the amount of bases as lime, magnesia, potassium and sodium which are liberated under the weathering processes, is inappreciable. However when these soils are limed or manured with ordinary fertilizing salts (or manure) it is of the greatest importance that they contain a considerable absorptive colloid complex which is able to bind the nutrients added. Although, lime is largely bound to the humus colloids, which, on the change in reaction towards the neutral point, are subjected to a rapid decomposition, it is, like

other basic ions, also able to enter into the zeolite complex, and, finally, it can be exchanged with other valuable cations. In this base absorption, to be sure, the harmful hydrogen, aluminum and iron ions are liberated. Part of the hydrogen ions liberated can be absorbed, while part unite with hydroxyl ions to form water, thus becoming harmless. Aluminum and iron ions are easily precipitated into gel form when various anions, such as sulphuric acid and phosphoric acid, are present at pH -values considerably lower than the reaction figures for heath soils (JOFFE and Mc. LEAN l. c.). Among the important plant nutrients, potassium, ammonium, and phosphoric acid ions are bound particularly fast, next come calcium, magnesium and sulphate ions, while nitrate ions and the harmful chlorine ions are not held but are washed out by rain water.

A heath soil with appreciable colloid content, as is just the case with the strongly podsolized forms, after cultivation, by which the large colloid content of the hardpan layer is mixed in the upper layer and preferably with the humus layer, and then limed or marled, cannot be considered an ordinary poor sandy soil. On the contrary, by the addition of fertilizers, and with correct mechanical treatment, it may be classified with light mouldy soils and mineral soils with slight clay content, as soon as the absorbing capacity of the humus colloids and clay-like zeolites are respectively saturated with bases and the liberated aluminum and iron ions are precipitated by phosphoric acid.

If, at the same time, we consider the enormous

nitrogen deposit, which, in the course of ages, has been stored up in the strongly podsolized heath soils, the colloid accumulation forms a rational basis for a new valuation of these soils for cultivation, not only for forestry, but to an even greater extent for farming purposes.

This theory is also substantiated by the fact that after trenching, liming and the selection of suitable kinds of tree, it has been possible to establish very successful plantations, while the cultivation of the heath for agriculture has made such progress that more and more fastidious agricultural plants are grown — not only on hill islands but also on the hitherto more despised heath plains. A correct understanding of the means that have brought this about, and of what can be accomplished when heath soil is treated as it should be, will lead cultivation of the heath along more certain lines and bring it further than has been the case earlier. A preliminary classification of the soils by means of a determination of the amount and distribution of the inorganic colloid complex will, among other matters, contribute to an indication of the way in which heath soil should be cultivated.

8) **The Complete Chemical (Bausch) Analyses.** The analyses shown in Tables V—VII in the 3 profiles (2 from Mangelhøje and 1 from Skovsende) in which 5 different horizons appear distinctly, give further important informations as to the nature of the heath soil in question.

The figures in these tables speak for themselves. Besides the amount and distribution of the inorganic colloids and humus substances in the various horizons, we note only the following main results:

a) Of the silicic acid which forms the main ingredient of soils, only a very small amount is present in colloidal form. If, however, we take its comparatively small molecular weight into consideration, it occupies a very considerable place in relation to other inorganic colloids with greater molecular weight.

b) Of the aluminum and iron content, relatively greater amounts (50 % or more) can be present as colloidal hydroxides.

c) The various distributions of the oxides of Fe, Al, K, Ca, Mg which P. E. MÜLLER, with TUXEN'S analyses as basis, and referring to facts found by FROSTERUS applicable to Finnish podsols, claimed to be characteristic of the hardpan formation in the B-horizons of hill islands and heath plains respectively, is not substantiated by the present analyses (see the table p. 137). The podsolization of the hill islands is very variable, and has often led to formations which, in the main, quite resemble those of the heath plains. An absolute integral difference between hill islands and heath plains as regards their value for cultivation can not be maintained when the nitrogen and colloid content of these soils is taken into consideration.

d) The important plant nutrients (except nitrogen), K, Ca, Mg, P and S are found in such minimal amounts (comparatively evenly distributed in the various horizons) and too, in forms so extremely little available for plants, that the soils in question, from this point of view are some of the poorest existing. However, as from other points of view, the large content of nitrogen and col-

loids in the soils render them very valuable for cultivation, the lack of actual plant nutrients is a matter of less importance: the missing nutrient can always be added in the form of fertilizers.

INDHOLD. CONTENT

	Side
Forord	3
I. Indledning	5
II. Beskrivelser af de undersøgte Hedejorder og de i dem aabnede Profiler	16
Mangehøje Plantage	26
Skovsønde Plantage	33
III. De ved Laboratorieundersøgelse af Jordprøverne anvendte Me- toder	37
Den mekaniske Analyse	38
Maaling af Brintionkoncentrationen	39
De kemiske Analyser	40
Bausch-Analyser	44
IV. Analyseresultaterne	46
V. Diskussion af Analyseresultaterne	50
De mekaniske Analyser	52
Reaktionen (Brintionkoncentrationen, pH)	59
Hygroskopisk bundet Vand	66
»Humus«	73
Alens »Humus«indhold	79
»Humus«ens Kvælstofindhold	90
Det uorganiske Kolloidkompleks (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)	106
De fuldstændige kemiske Analyser (Bausch-Analyserne)	135
VI. Sammenfattende Oversigt over Resultaterne	139
Resumé.	
Physical and Chemical Investigations on Danish Heath Soils (Podsols) especially as to their Colloid and Nitrogen Content	149
I. Introduction	149
II. Description of the Heath Soils investigated and the Profiles opened	153
III. Methods used in Laboratory Investigations of the Soil Samples	157
IV. The Results of the Analyses	162
V. Discussion of the Analytical Results	165
1. The Mechanical Analyses	165

	Side
2. The Reaction (Hydrogen ion concentration, pH)	167
3. Hygroscopic Water	169
4. "Humus"	171
5. The "Humus" Content in the Hardpan	174
6. Nitrogen Content in the "Humus"	176
7. The Inorganic Colloid Complex (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)	182
8. The Complete Chemical (Bausch) Analyses	192

Bilag. Appendix. Tabeller. Tables I—VII.

Tabel I. Table I.

Mangehøje Plantage. Mangehøje Plantation.
Bakkeø. Hill island.
 Svagt podsoleret Jordbund. Slightly podsolised soil.

Profil Numer og Lokaltet Number of profile locality Se ogsaa Kortet, Fig. 7 See also map, fig. 7	Lag, hvorfra Jordprøverne er udtagne Layers from which the soil samples are drawn			Mekanisk Analyse Mechanical Analysis							Kemisk Analyse Chemical analysis									
				Partiklernes Størrelse Size of particles							PH	°/o H ₂ O	°/o »Humus«	Det uorg. Kolloid-kompleks Inorganic colloid complex				Kvælstofforbindelser Nitrogen compounds		
	Horizont Horizon	Jordlagets Beskaffenhed Nature of stratum	Dybde Depth cm	°/o over 2 mm	°/o 2-1 mm	°/o 1-0,5 mm	°/o 0,5-0,1 mm	°/o 0,1-0,05 mm	°/o 0,05-0,01 mm	°/o under 0,01 mm				°/o SiO ₂	°/o Al ₂ O ₃	°/o Fe ₂ O ₃	°/o Total Mængden	°/o Total N	mg NH ₃ -N pr. kg	mg NO ₂ -N pr. kg
				°/o	°/o	°/o	°/o	°/o	°/o	°/o				°/o	°/o	°/o	°/o	°/o	°/o	°/o
Nr. 10 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₃	Muldliggende Overgrund Mouldlike upper soil	0-25	2,4	4,3	8,5	39,3	16,9	20,6	8,3	4,3	2,44	8,4	0,05	0,87	0,44	1,36	0,079	Spor Trace	13,6
	B ₁	Laget herunder Next layer	25-30	3,0	4,4	9,3	50,4	11,6	12,8	8,0	5,0	1,36	2,4	0,13	0,49	0,66	1,28	0,175	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	0,9	2,8	8,1	84,8	1,6	0,7	1,1	6,0	0,22	0,19	0,09	0,12	0,12	0,33	0,019	15,8	0
Nr. 11 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-12	2,5	1,9	3,0	68,0	14,3	8,8	1,6	5,0	1,00	4,5	0,05	0,21	0,24	0,50	0,103	4,6	11,6
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	12-15	7,1	14,6	13,2	35,7	9,1	13,4	7,0	4,3	2,02	5,4	0,21	0,55	0,92	1,68	0,129	3,0	0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	15-60	11,0	28,0	34,5	20,4	1,7	2,0	2,3	5,3	0,36	0,34	0,13	0,23	0,17	0,53	0,022	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	2,5	8,2	29,8	56,7	0,3	1,0	1,4	5,3	0,29	0,16	0,09	0,11	0,06	0,26	0,015	0	0
Nr. 12 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₃	Muldliggende Overgrund Mouldlike upper soil	0-20	3,4	2,4	4,4	41,1	23,7	19,1	5,9	4,5	1,81	8,5	0,05	0,10	0,18	0,33	0,215	11,2	50,0
	B ₁	Laget herunder Next layer	20-30	19,1	2,0	3,5	36,2	16,8	13,9	8,5	4,8	1,45	3,0	0,16	0,50	0,62	1,28	0,091	4,0	0
	C ₁	Undergrunden Subsoil	30-50	14,5	2,3	4,9	46,5	18,2	9,7	3,9	4,9	1,11	1,3	0,15	0,91	0,33	1,39	0,060	0	0
	C ₂	Undergrunden Subsoil	60-70	6,2	1,7	4,3	54,0	24,2	6,9	2,7	5,1	0,67	0,37	0,23	0,26	0,09	0,58	0,025	0	0

Tabel II. Table II.

Mangehøje Plantage. Mangehøje Plantation.
Bakkeø. Hill island.
 Middel-podsoleret Jordbund. Medium podsolised soil.

Profil Numer og Lokaltet Number of profile locality Se ogsaa Kortet, Fig. 7 See also map, fig. 7	Lag, hvorfra Jordprøverne er udtagne Layers from which the soil samples are drawn			Mekanisk Analyse Mechanical analysis							Kemisk Analyse Chemical analysis									
				Partiklernes Størrelse Size of particles							PH	% H ₂ O	% »Humus«	Det uorg. Kolloid-kompleks Inorganic colloid complex				Kvælstofforbindelser Nitrogen compounds		
	Horizont Horizon	Jordlagets Beskaffenhed Nature of stratum	Dybde Depth cm	% over 2 mm	% 2-1 mm	% 1-0,5 mm	% 0,5-0,1 mm	% 0,1-0,05 mm	% 0,05-0,01 mm	% under 0,01 mm				% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% Total Mængden	% Total N	mg NH ₃ -N pr. kg	mg NO ₃ -N pr. kg
Nr. 8 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	1,6	3,9	11,7	50,5	12,3	14,0	6,0	4,3	1,58	6,9	0,07	0,15	0,22	0,44	0,155	Spor Trace	35,2
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	15-20	0,9	2,9	9,8	48,6	15,4	16,1	6,3	4,3	3,60	8,0	0,08	1,11	2,30	3,49	0,174	Spor	25,6
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	20-60	8,7	4,3	9,1	51,3	12,8	10,2	3,6	5,2	0,65	0,59	0,13	0,42	0,16	0,71	0,033	Spor	Spor
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	1,1	4,3	23,6	68,2	1,5	0,6	0,7	5,5	0,18	0,14	0,07	0,08	0,09	0,24	0,023	Spor	Spor
Nr. 9 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-10	2,0	2,7	0,5	67,3	13,4	9,4	4,7	4,3	1,22	4,6	0,05	0,29	0,26	0,60	0,114	0	15,2
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	10-25	3,7	5,7	9,1	51,0	14,6	9,6	6,3	4,4	3,11	7,7	0,07	1,33	2,12	3,52	0,195	Spor	9,6
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	25-50	26,6	8,9	13,3	48,0	1,0	1,0	1,2	5,5	0,65	0,37	0,12	0,72	0,47	1,31	0,029	Spor	3,8
	C	Undergrunden Subsoil	50-60	0,4	0,0	0,3	89,0	7,4	0,9	2,0	5,2	0,26	0,09	0,10	0,14	0,05	0,29	0,020	Spor	9,6

Tabel III. Table III.

Mangehøje Plantage. Mangehøje Plantation.

Bakkeø. Hill island.

Stærkt podsoleret Jordbund. Decidedly podsolised soil.

Profil Numer og Lokaltet Number of profile locality Se ogsaa Kortet, Fig. 7 See also map, fig. 7	Lag, hvorfra Jordprøverne er udtagne Layers, from which the soil samples are drawn			Mekanisk Analyse Mechanical analysis								Kemisk Analyse Chemical analysis								
				Partiklernes Størrelse Size of particles								PH	% H ₂ O (hydr.)	% Humus	Det uorg. Kolloid-kompleks Inorganic colloid complex				Kvælstofforbindelser Nitrogen compounds	
	Horizont Horizon	Jordlagets Beskaffenhed Nature of stratum	Dybde Depth cm	% over 2 mm	% 2-1 mm	% 1-0,5 mm	% 0,5-0,1 mm	% 0,1-0,05 mm	% 0,05-0,01 mm	% under 0,01 mm	% SiO ₂				% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% Total Mængden	% Total N	mg NH ₃ -N pr. kg	mg NO ₃ -N pr. kg
Nr. 13 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-20	0,4	0,7	3,4	56,5	24,9	11,0	3,2	4,2	1,01	5,5	0,06	0,08	0,08	0,22	0,100	7,6	20,4
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	20-40	0,0	3,5	7,6	33,9	31,3	10,1	13,6	4,8	4,78	11,6	0,13	1,65	2,00	3,78	0,226	6,0	Spor Trace
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	40-60	2,0	1,4	4,0	58,6	21,9	8,3	3,8	5,1	0,78	0,62	0,15	0,50	0,12	0,77	0,029	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	0,1	0,1	0,1	44,8	49,2	2,2	3,6	5,1	0,40	0,15	0,10	0,22	0,08	0,40	0,020	0	Spor
Nr. 14 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-20	0,2	0,1	1,2	52,7	34,3	8,7	2,7	4,1	0,73	3,9	0,07	0,07	0,09	0,23	0,075	21,0	14,2
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	20-40	0,2	7,4	6,3	47,1	29,9	5,9	3,2	4,6	4,19	6,9	0,12	1,81	1,50	3,43	0,177	14,0	5,2
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	40-60	11,7	0,1	2,0	50,3	27,6	5,4	2,9	5,1	0,73	0,59	0,14	0,61	0,14	0,89	0,031	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	0,1	0,3	1,1	38,3	46,5	10,5	3,2	5,5	0,39	0,21	0,14	0,07	0,06	0,27	0,020	0	0
Nr. 2 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-20	0,3	0,5	3,3	62,4	23,2	6,9	3,4	6,2	0,66	4,1	0,07	0,08	0,06	0,21	0,079	2,8	10,8
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	20-30	0,4	3,9	6,4	63,2	16,6	6,5	3,0	4,7	...	9,3	0,08	1,73	0,78	2,59	0,268	21,6	Spor
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-40	0,1	0,4	6,4	76,6	14,7	0,8	1,0	5,0	0,50	0,72	0,09	0,26	0,13	0,48	0,016	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	0,1	1,2	7,1	80,4	10,0	0,4	0,8	5,1	0,27	0,29	0,08	0,22	0,12	0,42	0,014	0	0
Nr. 4 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	1,9	0,1	5,6	71,1	15,2	4,1	2,0	6,2	0,59	3,2	0,06	0,06	0,05	0,17	0,051	Spor	3,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	15-30	0,1	4,4	8,0	66,7	10,5	6,9	3,4	4,5	5,58	11,7	0,11	1,39	1,09	2,59	0,284	5,6	Spor
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	0,1	0,6	5,1	82,1	9,1	0,9	2,1	6,3	0,75	1,2	0,12	0,39	0,24	0,75	0,029	Spor	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	0,4	1,7	11,2	75,7	9,0	0,9	1,1	5,2	0,18	0,14	0,06	0,23	0,08	0,37	0,010	Spor	4,4
Nr. 5 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-20	0,3	0,3	1,3	41,6	42,5	10,0	4,0	4,2	0,67	4,3	0,05	0,05	0,06	0,16	0,067	8,0	17,6
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	20-35	0,5	2,5	3,5	34,4	41,1	11,8	6,2	4,4	5,70	12,9	0,08	1,61	1,25	2,94	0,231	8,0	7,8
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	35-50	0,1	0,3	0,4	39,7	51,8	5,2	2,5	4,9	1,32	1,5	0,14	0,68	0,20	1,02	0,038	Spor	6,4
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	0,0	0,1	0,2	18,4	65,9	11,3	4,1	4,8	0,53	0,18	0,04	0,12	0,07	0,23	0,012	Spor	Spor
Nr. 6 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-20	3,2	1,3	3,6	63,5	19,7	5,9	2,8	4,1	0,38	2,5	0,05	0,04	0,05	0,14	0,051	4,0	10,8
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	20-40	10,0	10,3	9,7	49,5	10,7	7,0	2,8	4,4	4,36	11,0	0,10	1,86	1,46	3,42	0,249	19,2	37,2
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	40-60	0,2	0,1	0,9	87,1	9,9	0,7	1,1	4,9	0,42	1,8	0,07	0,21	0,10	0,38	0,022	0	Spor
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	0,0	0,1	0,8	87,1	9,7	1,5	0,8	5,0	0,28	0,31	0,05	0,23	0,13	0,41	0,018	4,0	0
Nr. 7 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-25	1,0	1,1	4,9	62,0	17,1	10,0	3,9	4,3	0,98	5,4	0,06	0,09	0,07	0,22	0,102	5,6	22,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortsteine«	25-40	1,6	3,8	6,8	61,1	13,4	7,3	6,0	4,3	3,43	7,2	0,15	1,12	1,52	2,79	0,188	4,4	11,4
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	40-60	0,0	0,4	5,1	78,8	12,2	1,7	1,8	5,2	0,81	1,1	0,20	0,66	0,31	1,12	0,032	Spor	0
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	2,0	0,5	3,0	70,5	20,2	1,8	2,0	5,5	0,51	0,35	0,17	0,35	0,13	0,65	0,023	Spor	0

Tabel IV. Table IV.

Skovsønde Plantage. Skovsønde Plantation.

Hedeflade. Heath plain.

Stærkt podsoleret Jordbund. Decidedly podsolised soil.

Profil Numer og Lokaltet Number of profile locality Se ogsaa Kortet, Fig. 8 See also map, fig. 8	Lag, hvorfra Jordprøverne er udtagne Layers from which the soil samples are drawn			Mekanisk Analyse Mechanical analysis							Kemisk Analyse Chemical analysis									
				Partiklernes Størrelse Size of particles							pH	% H ₂ O (hygr.)	% Humus	Det uorg. Kolloid-kompleks Inorganic colloid complex				Kvælstofforbindelser Nitrogenous compounds		
	Horizont Horizon	Jordlagets Beskaffenhed Nature of stratum	Dybde Depth cm	% over 2 mm	% 2-1 mm	% 1-0,5 mm	% 0,5-0,1 mm	% 0,1-0,05 mm	% 0,05-0,01 mm	% under 0,01 mm				% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% Total Mængden	% Total N	mg NH ₃ -N pr. kg	mg NO ₃ -N pr. kg
Nr. 1 Raa Hede Virgin heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	3,0	1,9	7,3	64,0	15,7	6,5	1,9	4,0	0,51	3,2	0,06	0,05	0,08	0,19	0,072	Spor	0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-20	3,5	2,9	8,2	51,0	19,0	10,5	4,9	4,6	3,54	10,1	0,08	1,87	2,11	4,06	0,238	2,6	0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	20-30	23,3	4,3	17,1	45,7	6,3	1,9	1,7	4,9	0,35	1,5	0,09	0,38	0,29	0,76	0,051	2,8	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-60	24,3	2,7	4,6	43,5	16,4	7,3	2,2	5,0	0,57	0,44	0,20	0,37	0,11	0,68	0,028	0	0
Nr. 2 Raa Hede Virgin heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	25,0	3,5	8,5	41,9	11,7	7,0	2,4	4,0	1,01	6,5	0,10	0,06	0,10	0,26	0,123	2,6	0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-25	16,7	3,9	7,8	43,4	15,3	8,8	4,1	4,4	4,00	10,4	0,15	1,57	2,08	3,80	0,226	Spor	0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	40-50	10,4	3,8	9,2	55,0	11,3	7,1	3,2	4,9	1,00	1,4	0,29	0,83	0,20	1,32	0,055	—	—
	C	Undergrunden Subsoil	60-80	29,0	5,1	6,5	30,5	11,1	7,0	10,8	5,0	1,18	0,49	0,22	0,70	0,20	1,12	0,033	0	0
Nr. 3 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	2,4	3,4	10,5	55,7	11,2	12,5	4,3	4,3	1,64	11,0	0,05	0,17	0,13	0,35	0,189	13,2	156,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-20	2,0	3,8	10,3	48,0	13,6	13,9	8,4	4,3	4,22	17,0	0,11	1,03	1,23	2,37	0,305	38,8	40,0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	3,0	5,5	17,3	57,6	4,4	6,5	5,7	4,8	0,87	1,9	0,05	0,47	0,35	0,87	0,070	5,4	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	1,2	4,6	17,9	61,8	1,3	10,0	3,2	5,2	0,24	0,36	0,08	0,16	0,12	0,36	0,019	Spor	0
Nr. 4 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	3,1	9,7	18,8	50,0	6,2	8,3	3,9	4,8	0,91	2,2	0,04	0,11	0,13	0,28	0,130	4,0	132,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-20	3,4	9,0	16,7	43,1	10,6	11,4	5,8	4,3	3,56	11,2	0,13	1,34	1,89	3,36	0,220	2,6	12,4
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	19,1	20,6	22,4	32,6	1,1	2,0	2,2	4,8	0,51	0,79	0,07	0,17	0,19	0,43	0,031	Spor	5,6
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	21,9	26,4	23,7	23,8	1,8	1,7	0,7	5,1	0,29	0,21	0,13	0,34	0,25	0,72	0,023	0	0
Nr. 5 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-30	0,6	1,9	6,8	56,4	6,1	6,3	21,9	4,8	0,53	2,8	0,11	0,07	0,04	0,22	0,070	4,8	7,8
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	30-35	2,5	2,8	6,0	65,7	9,7	9,4	3,9	4,4	3,50	8,4	0,18	0,68	1,15	2,01	0,210	13,2	8,2
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	35-55	0,2	0,3	3,7	86,1	1,5	5,5	2,7	4,8	0,31	0,52	0,08	0,24	0,14	0,46	0,021	0	Spor
	C	Undergrunden Subsoil	55-75	0,1	0,2	2,9	93,9	0,9	0,9	0,1	5,4	0,09	0,37	0,08	0,10	0,04	0,22	0,014	0	0
Nr. 6 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-10	1,4	8,0	25,3	46,4	8,0	8,8	2,1	4,4	1,30	6,4	0,04	0,15	0,17	0,36	0,169	19,4	35,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	10-15	2,2	6,6	25,1	43,2	10,0	8,4	4,5	4,7	3,51	7,3	0,19	1,06	1,35	2,60	0,196	7,0	6,2
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	10,0	4,4	9,6	61,4	8,4	4,7	1,5	5,0	0,68	0,89	0,27	0,70	0,20	1,17	0,035	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	6,0	7,7	37,5	46,4	0,6	0,3	1,5	5,6	0,24	0,21	0,13	0,20	0,19	0,52	0,020	0	0
Nr. 7 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-25	0,4	1,9	7,8	65,0	11,1	9,7	4,1	4,0	0,22	7,3	0,10	0,09	0,09	0,28	0,151	41,0	12,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	25-30	1,9	3,6	8,3	62,6	12,8	7,8	3,0	4,6	2,48	6,3	0,20	0,82	1,33	2,35	0,135	5,4	16,0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	3,4	3,0	7,8	64,5	12,1	6,8	2,4	4,8	1,32	1,1	0,06	0,60	0,56	1,22	0,031	Spor	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	26,2	11,4	18,6	31,8	2,5	4,9	4,6	5,0	0,24	0,48	0,13	0,44	0,21	0,78	0,022	Spor	0
Nr. 8 Pløjet, dyrket Hede Treated, cultivated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	1,0	1,8	6,7	58,8	13,4	13,0	5,3	4,0	2,21	7,1	0,07	0,19	0,22	0,48	0,170	47,2	6,0
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-20	10,6	2,7	5,5	47,4	14,3	10,9	8,6	4,6	2,09	4,9	0,13	0,46	0,88	1,47	0,105	Spor	3,8
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	20-50	17,1	4,7	8,8	52,4	10,3	4,4	2,3	4,7	1,35	1,6	0,23	0,88	0,16	1,27	0,034	Spor	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	1,6	2,3	9,8	81,8	3,1	0,8	0,6	5,0	0,28	0,21	0,17	0,16	0,10	0,43	0,016	0	0
Nr. 9 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	0,5	1,9	8,8	64,2	14,2	8,5	1,9	4,0	1,23	6,0	0,07	0,03	0,10	0,20	0,110	26,6	10,6
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-25	0,9	1,5	8,0	61,3	15,9	9,2	3,2	4,4	1,40	12,2	0,09	0,91	1,31	2,31	0,227	4,1	0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	0,1	0,4	5,4	77,5	12,4	3,1	1,1	4,8	0,52	0,81	0,15	0,24	0,23	0,62	0,040	Spor	0
	C	Undergrunden Subsoil	60-70	12,7	2,9	8,5	52,5	16,8	4,7	1,9	4,8	0,71	0,50	0,27	0,49	0,18	0,94	0,027	Spor	0
Nr. 10 Pløjet Hede Treated heath	A ₁ -A ₂	Lyngmor + Blegsand Raw humus + leached sand	0-15	0,4	1,3	5,6	67,1	16,7	7,0	1,9	4,0	0,43	2,4	0,06	0,05	0,07	0,18	0,081	16,6	12,8
	A ₃ -B ₁	Alen Hardpan. »Ortstein«	15-25	0,2	1,4	6,8	58,7	18,8	9,8	4,3	4,6	5,21	11,7	0,15	0,51	1,09	1,75	0,215	7,8	0
	B ₂	Laget under Alen Layer under hardpan	30-50	0,5	0,5	5,8	68,8	17,8	4,1	2,5	4,9	0,70	0,79	0,08	0,31	0,22	0,61	0,042	0	0
	C	Undergrunden Subsoil	50-70	11,7	3,8	5,4	51,6	21,8	3,5	2,2	5,1	0,69	0,34	0,11	0,33	0,13	0,57	0,025	0	0

Tabel V. Table V.

Mangehøje Plantage.

Mangehøje Plantation.

Ubehandlet, raa Hede. Bakkeø. Svagt podsoleret Jordbund.

Virgin, untreated heath. Hill-island. Slightly podsolised soil.

Profil 10 a.

BAUSCH-ANALYSE

Lagene Layers	Lyngmor Raw humus	Graat Blegsand Grey leached sand	Sort Tørve-Al Black peat hardpan	Gulbrun Al Yellowish- brown hardpan	Sandet uforvitret Undergrund Unweathered subsoil
Horizont Horizon	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	C
Dybde Depth	0—15 cm	15—23 cm	23—30 cm	30—40 cm	40—65 cm
H ₂ O »hygroskopisk« .. »hygroscopic«	3,76	0,27	2,86	1,42	0,99
H ₂ O »kemisk bundet«. »chemically bound«	5,29	0,28	0,85	0,05	0,41
»Humus«	23,55	0,55	10,71	2,85	0,62
SiO ₂	61,22	94,82	74,93	86,66	88,93
TiO ₂	0,33	0,39	0,44	0,35	0,30
Al ₂ O ₃	2,55	2,06	4,11	4,08	5,10
Fe ₂ O ₃	1,00	0,47	3,24	1,74	1,58
Mn ₃ O ₄	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02
CaO	0,47	0,32	0,40	0,41	0,64
MgO	0,09	0,06	0,07	0,02	0,03
Na ₂ O	0,92	0,68	0,86	1,56	0,56
K ₂ O	0,75	0,56	0,64	0,92	0,26
P ₂ O ₅	0,04	Spor	0,06	0,05	0,01
SO ₃	Spor, trace	0	0	Spor	0
CO ₂	0,10	0,06	0,12	0,11	0,05
Ialt... Total	100,09	100,57	99,31	100,23	99,50
Det uorganiske Kolloid- kompleks: The inorganic colloid complex:	%	%	%	%	%
SiO ₂	0,11	0,15	0,16	0,15	0,20
Fe ₂ O ₃	0,58	0,00	1,78	0,68	0,11
Al ₂ O ₃	0,47	0,00	0,47	0,13	0,10
Ialt... Total	1,16	0,15	2,41	0,96	0,41

Tabel VI. Table VI.

Mangehøje Plantage.

Mangehøje Plantation.

Ubehandlet, raa Hede. Bakkeø. Stærkt podsoleret Jordbund.

Virgin, untreated heath. Hill-island. Decidedly podsolised soil.

Profil Nr. 6 a.

BAUSCH-ANALYSE

Lagene Layers	Lyngmor Raw humus	Graat Blegsand Grey leached sand	Sort Tørve-Al Black peat hardpan	Gulbrun Al Yellowish- brown hardpan	Sandet uforvitret Undergrund Unweathered subsoil
Horizont Horizon	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	C
Dybde Depth	0—5 cm	5—23 cm	23—31 cm	31—43 cm	60—70 cm
H ₂ O »hygroskopisk« .. »hygroscopic«	2,70	0,34	1,50	0,72	0,30
H ₂ O »kemisk bundet«. »chemically bound«	1,43	0,27	1,14	0,09	0,32
»Humus«	16,92	0,99	5,27	1,22	0,19
SiO ₂	73,48	93,95	87,46	93,45	96,20
TiO ₂	0,24	0,71	0,13	0,12	0,10
Al ₂ O ₃	2,14	1,07	2,36	2,17	1,70
Fe ₂ O ₃	0,68	0,83	0,19	0,63	0,79
Mn ₃ O ₄	0,03	0,12	Spor	Spor	Spor
CaO	0,45	0,28	0,31	0,35	0,42
MgO	0,02	0,03	0,04	0,10	0,06
Na ₂ O	0,91	0,52	0,74	0,90	0,98
K ₂ O	0,22	0,34	0,51	0,60	0,48
P ₂ O ₅	0,02	Spor	0,01	0,04	0,02
SO ₃	Spor	0	0	0	Spor
CO ₂	0,13	0,15	0,08	0,00	0,05
Ialt... Total	99,37	99,60	99,74	100,37	101,61
Det uorganiske Kolloid- kompleks: The inorganic colloid complex:	%	%	%	%	%
SiO ₂	0,13	0,07	0,07	0,13	0,09
Fe ₂ O ₃	0,17	0,00	0,07	0,33	0,19
Al ₂ O ₃	0,08	0,00	0,12	0,26	0,24
Ialt... Total	0,38	0,07	0,26	0,72	0,52

Tabel VII. Table VII.

Skovsønde Plantage.

Skovsønde Plantation.

Ubehandlet, raa Hedeflade. Stærkt podsoleret Jordbund.

Virgin, untreated heath plain. Decidedly podsolised soil.

Profil Nr. 1.

BAUSCH-ANALYSE

Lagene Layers	Lyngmor Raw humus	Graat Blegsand Grey leached sand	Sort Tørve-Al Black peat hardpan	Gulbrun Al Yellowish- brown hardpan	Sandet uforvitret Undergrund Unweathered subsoil
Horizont Horizon	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	C
Dybde Depth	0—7 cm	7—15 cm	15—22 cm	22—29 cm	75—85 cm
H ₂ O »hygroskopisk« .. »hygroscopic«	1,47	0,36	5,52	0,80	0,47
H ₂ O »kemisk bundet«. »chemically bound«	0,43	0,10	2,70	0,10	0,34
»Humus«	18,16	1,72	17,50	1,58	0,21
SiO ₂	75,98	94,85	62,69	90,30	94,14
TiO ₂	0,32	0,32	0,23	0,31	0,14
Al ₂ O ₃	0,69	0,64	3,45	1,98	2,56
Fe ₂ O ₃	0,72	0,98	5,20	2,26	0,58
Mn ₃ O ₄	0,03	0,06	Spor	0,04	0,03
CaO	0,43	0,26	0,58	0,40	0,33
MgO	0,11	0,07	0,05	0,01	0,02
Na ₂ O	1,47	1,25	1,04	1,17	0,52
K ₂ O	0,95	0,45	0,76	0,68	0,51
P ₂ O ₅	0,01	Spor	0,02	Spor	0,00
SO ₃	Spor	0	0	Spor	0
CO ₂	0,04	0,00	0,26	0,16	0,11
Ialt... Total	100,81	101,06	100,00	99,79	99,96
Det uorganiske Kolloid- kompleks: The inorganic colloid complex:	%	%	%	%	%
SiO ₂	0,13	0,08	0,12	0,06	0,16
Fe ₂ O ₃	0,04	0,00	3,09	0,44	0,04
Al ₂ O ₃	0,02	0,00	1,49	0,13	0,02
Ialt... Total	0,19	0,08	4,70	0,63	0,22



