

Om nyere Principper i Jordbunds- forskningen.

Samt nogle Meddelelser om *Azotobacter chroococcum's* Forekomst og Udbredelse i forskellige Jorder*).

Af Harald R. Christensen.

At Jordens Frugtbarhed er afhængig af visse Egenskaber ved Jorden er en Kendsgerning, der vel er endnu ældre end Plantekulturen, og det har da ogsaa altid været en af Agrikulturkemiens vigtigste Opgaver at udfinde, hvilke de Egenskaber er, der betinger Jordens Ydeevne, og hvilken Indflydelse de forskellige ydre Forhold, som Jorden udsættes eller kan udsættes for, udøver paa disse, i rigtig Erkendelse af at man kun herigennem kan naa til en Udvikling af en fyldestgørende Teori for Jordens Behandling.

Teoretisk set er Jord ikke nogen nødvendig Betingelse for Planteproduktion. De mangfoldige Vandkulturforsøg har med tilstrækkelig Tydelighed godtgjort, at man ved denne Form af Plantedyrkning kan opnaa store og normalt udviklede Afgrøder.

Jordens Betydning for Planteproduktionen er, set i store Træk, af kemisk og mekanisk Art. Den er den store naturlige Oplagsplads for de Næringsstoffer, som Planterne behøver til deres Udvikling, og den giver Planternes underste Del Støtte til Siderne og dermed disse Evne til at holde sig oprejste. (Ved Vandkulturer maa Planterne støttes ved kunstige Midler). Hvis nu de forskellige Jorder altid bød Planterne tilstrækkelige Mængder af de nødvendige Salte og af Vand, var enhver Jord-

*) Foredrag i det kgl. danske Landhusholdningsselskab d. 28. Marts 1906.

bundsforskning overflødig. Jorden vilde da, — bortset fra de Tilfælde, hvor der kan være Tale om en Ophobning af Giftstoffer —, uden nogen Indgriben fra Menneskets Side give det Maksimumsudbytte, som kan opnaas under de stedlige klimatiske Forhold. Kun ganske faa Jorder er fra Naturens Side udstyret med en saa stor Mængde Plantenæring i tilgængelig Form, som der er nødvendig for en Maksimumproduktion, og man er derved straks bragt ind paa Spørgsmaalet om, hvilke Næringsstoffer de enkelte Jorder trænger til, og paa hvilken Maade man bedst og mest økonomisk bringer dem til Veje. Der kan her være Tale om to Maader 1) Tilførsel af Gødningsstoffer ude fra og 2) Overførelse af Jordbundens tungt opløselige for Planterne utilgængelige Næringsstoffer i tilgængelig Plante-næring. Det sidste bringer os til at overveje og undersøge, hvilke de Faktorer er, som her griber ind og man fandt for længst ud af, at disse baade er af mekanisk, fysisk og kemisk Natur, medens det har været den nyere Tid forbeholdt at udfinde, at ogsaa mikrobiologiske Forhold i den Henseende spiller en meget væsentlig Rolle.

Har man paa den ene eller anden Maade bragt tilstrækkelige Mængder af de nødvendige Salte til Veje, bliver den næste Opgave at sørge for, at Planterne altid har Adgang til tilstrækkelige Mængder Vand. Kun i specielle Tilfælde er det i det praktiske Jordbrug muligt at tilføre Jorden Vand ad kunstig Vej; i Regelen er man henvist til Nedbøren. I Danmark vil den aarlige Nedbør vel altid repræsentere en betydelig større Vandmængde, end Planterne kan forbruge, og naar Næringsstoffet Vand ikke desmindre meget ofte forefindes i for ringe Mængde, skyldes det, at en stor Part af dette enten fordamper fra Jordoverfladen, løber bort langs denne eller siver bort gennem Jorden.

Studiet af Jordens Forhold overfor Vand, der ganske overvejende er betinget af dens fysiske Tilstand, faar da en overmaade stor Betydning, og i Virkeligheden er det jo saadan, at det er de enkelte Jorders forskellige Forhold overfor Vand, der overvejende bevirker de meget store Forskelle i deres Værdi.

Jordbundsundersøgelsen falder i 3 Hovedafsnit 1) fysisk, 2) kemisk og 3) biologisk Jordundersøgelse.

Forholdene af ren kemisk Natur foreligger for Øjeblikket bedst belyst, takket være vort indgaaende Kendskab til Planternes

Ernæringsforhold og de store Fremskridt, som den analytiske Kemi har gjort i den nyere Tid. Dog venter ogsaa her meget store og vigtige Spørgsmaal paa deres Løsning. Det skal paa dette Sted lige blot antydes, at vi endnu synes at være langt fjernede fra det store Maal ad analytisk Vej at bestemme de enkelte Jorders Gødningstrang, som nu maa søges belyst gennem ret omfattende, kostbare og ofte med store Fejl behæftede Vegetationsforsøg (Kar- og Markforsøg).

Men medens man dog paa Jordbundskemiens Omraade har et godt og fast Grundlag i vort Kendskab til, hvilke Næringsstoffer Planterne behøver, veed vi kun i grove Træk noget om, i hvilket Forhold Jordens Frugtbarhed staar til dens fysiske Beskaffenhed og til den mangeartede Virksomhed, der udfoldes af det lavere Plante- og Dyreliv i Jorden. Det er imidlertid klart, at alle de Spørgsmaal, som kommer ind under Jordens Behandling staar i det allernøjeste Sammenhæng med disse Forhold, og det maa erkendes, at Læren herom i Virkeligheden kun i ringe Grad kan støtte sig til nogen videnskabelig begrundet Teori. Vel netop af den Grund er der paa dette Omraade saa stor Forvirring, som Tilfældet er.

A. Fysiske Jordbundsundersøgelser.

Jordbundens Forhold overfor Vand.

Jordens Evne til at optage og fastholde Vand (Vandkapaciteten) er som før nævnt en af de vigtigste Egenskaber ved denne og kan i Betragtning af, at kunstig Tilførsel af Væde kun er praktisk gennemførlig i specielle Tilfælde, siges at repræsentere Faktoren Vand i Minimumsloven. Da denne Faktor jo meget ofte er til Stede i forholdsvis mindst Mængde og derved bliver bestemmende for Planteproduktionens Størrelse, bliver Betydningen af Jordens vandholdende Evne umiddelbart indlysende. Vandkapaciteten er en sammensat Egenskab og er i særlig Grad afhængig af Jorddelenes Finhed (Overflade) og dernæst af deres Lejring (Strukturen). Finhedsgraden er i samme Jordprøve en konstant Størrelse, hvorimod Lejringen er ret tilfældig, og bestandig vekslende, idet den paavirkes af saa mange Forhold, noget man ved Jordbundsanalysen ofte ikke har skænket tilstrækkelig Opmærksomhed.

Man bestemmer som oftest Jordens vandholdende Evne efter den „Trommerske Metode“ ved hvilken man rører en afvejet Mængde lufttørret Jord ud med Vand (idet man tilsigter at faa Jorddelene saa tæt sammenlejrrede som muligt), bringer det hele over i en Glasragt og lader Overskuddet af Vand løbe fra. Ved Tørring bestemmer man da Vandprocenten i den vandmættede Jord og har derigennem et Udtryk for Jordens Vandkapacitet. Det er klart at man ved denne Fremgangsmaade faar helt andre Lejringsforhold frem, end der findes ude i Marken, og at disse maa blive ret tilfældige og temmelig uens ved Gentagelse af Forsøget. Hvor det gælder om at bestemme Jordens Vandkapacitet ved en bestemt Tilstand (f. Eks. ved Forsøg over Jordens Bearbejdning) eller paa et givet Tidspunkt, har den Trommerske Metode kun ringe eller ingen Betydning. Det vil da være nødvendigt at foretage Undersøgelser ude i selve Marken under de naturlige Lejringsforhold. Hertil har *R. Heinrich* *) angivet følgende Fremgangsmaade: En Jernblikcylinder, hvis Diameter er 20 Centimeter og Højde 40 Centimeter, trykkes 1 à 2 Centimeter ned i Jorden. Efter at man har faaet Cylinderen til at staa fast, fyldes den med Vand, der — for at undgaa mekaniske Indvirkninger paa Jordens Struktur — fordeles gennem en meget fin Sigte, som er anbragt i Cylinderens øverste Del. Naar Vandet er sivet ned, bedækkes det befugtede Sted med en Træplade for at undgaa Fordampning. Efter ca. 24 Timers Forløb bringer man en Cylinder af samme Størrelse ned i en Dybde af ca. 32 Centimeter. Jorden omkring Cylinderen fjernes, og ved Hjælp af en skarp Jernplade afskærer man Cylinderen fra den underliggende Jord. Vandprocenten i Cylinderens Indhold angiver Jordens Vandkapacitet.

Er Jordbundsundersøgelsens Formaal imidlertid det at belyse og drage Sammenligninger mellem forskellige Jorders Bonitet, giver *Heinrichs* Metode dog langt mindre værdifulde Oplysninger end den anden, da Lejringen, der er afhængig af saa mange forskellige Forhold og i ganske særlig Grad af den Maade, hvorpaa Jorden er behandlet, svinger inden for langt videre Grænser i Marken end under de Forhold der bringes til Veje ved den Trommerske Fremgangsmaade, hvor man jo

*) *R. Heinrich*. Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume. Wismar 1882.

netop søger at skaffe den snævrere mulige Lejrning af Jorddelene frem. Jorder af samme Bonitet kan ved en Undersøgelse efter *Heinrichs* Metode vise vidt forskellige Forhold overfor Vand. Naar *Wahnschaffe* derfor forud for sin Omtale af denne Metode anfører*): „Das nachstehend beschriebene Verfahren wurde von *R. Heinrich* angegeben und verdient den Versuchen im Laboratorium entschieden vorgezogen zu werden“ er denne Udtalelse — holdt i al Almindelighed ikke berettiget. Det vil dog ved en Kritik af disse Metoder være af væsentlig Betydning at tage Hensyn til Formaalet med de Undersøgelser, hvortil de skal benyttes.

Af de foran omtalte Grunde lader Jordens vandholdende Evne sig ikke bestemme eksakt i Laboratoriet, men da den som nævnt i særlig Grad paavirkes af Jordens Finhed, vil en Bestemmelse heraf altid give temmelig sikre Antydninger af denne Egenskab og faar derved overmaade stor Betydning i Jordbundsundersøgelsen.

Jordens Finhed.

Ved Jordens Finhed forstaar man Summen af de enkelte Jorddeles Overflade i en Vægtenhed Jord. Man har hidtil søgt at bestemme denne Egenskab ved Sigte- og Slæmmeanalysen. At disse dog ikke kan give eksakte Udtryk for Finheden vil fremgaa af følgende Betragtninger.**)

Ved Sigtningsanalysen lader man Jorden passere Sigter af forskellige Maskevidder. Kun hvis Sigteaabningerne er runde og alle Jorddelene Kugler, hvis Størrelse netop passer med de forskellige Aabninger i Sigterne, vil det Materiale der passerer de enkelte Sigter være fuldstændig ensartet. I Jorddelene, og ganske særlig naar de stammer fra forskellige Jorder, er imidlertid saa at sige alle Former repræsenterede. En lang Søjle vil kunne passere den samme Aabning som en kort eller en ganske tynd Plade med samme Diameter o. s. v.; der sorteres m. a. O. kun efter Udstrækning i een Retning.

*) *F. Wahnschaffe*. Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. 2te Auflage. Berlin 1903. S. 164.

**) En udførlig Udvikling af Sigtingens og Slæmningens Teori findes i *Mitscherlich*. Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin 1905.

Slæmmemetoden grunder sig paa den Modstand, som Vandet yder et faldende Legeme. Denne Modstand staar i omvendt Forhold til Legemernes Vægtfylde og er desuden afhængig af Gnidningsmodstanden mellem Vædskedelene og de faste Legemer, en Modstand der igen afhænger af Legemernes Form og Størrelsen af deres Overflade. Men selv om alle disse Faktorer var konstante vilde de dog ikke komme til at virke paa samme Maade, med mindre Tyngdepunktets Plads ogsaa er konstant. Af denne afhænger det nemlig, hvilket af Legemets Flader der kommer til at vende nedad og bryde Modstanden mod Vædskedelene. Slæmningsresultatet kan da ikke siges at være et Udtryk for nogen enkelt Jordbundsegenskab og giver derfor ogsaa kun højest ufuldstændige Oplysninger om Jordens Finhedsgrad som dens Bonitet overhovedet. Med stor Tydelighed fremgaar dette af de omfattende Jordbundsundersøgelser som *Emmerling*, Kiel*) og *T. Westermann*, København**) har ladet udføre henholdsvis for Slesvig-Holstens og Danmarks Vedkommende. Der viser sig ved disse ikke at være noget nøjere Sammenhæng for slet ikke at tale om noget lovbundet Forhold mellem Slamprocenten og Jordens Art. Saaledes viser Jorder der er betegnede som lette sandede Jorder undertiden en lige saa høj (eller højere) Slamprocent som lerede Jorder, og lette lerede Jorder viser ofte en Slamprocent, efter hvilken man maatte henføre dem til meget svær Lerjord o. s. v.

Som Hjælpemiddel ved Jordboniteringen har Slæmmeanalysen da kun ringe Betydning og vil i Regelen ikke kunne give Oplysninger af Værdi udover de, der kan faas ved blot en nærmere Besigtigelse af Jorden.

Som Erstatning for Slæmmeanalysen har Amerikaneren *Briggs****) bragt Centrifugering af Jord i Anvendelse. Den opslæmmede Jord anbringes i Glas, der sættes i en særlig ind-

*) *Emmerling*. Festschrift der landw. Versuchs-Station. Kiel 1895.

**) *T. Westermann*. Undersøgelser over Typer af danske Jorder. København 1902.

***) *L. J. Briggs*. Some necessary modifications in methods of mechanical analysis as applied to alkali soils. U. S. Depart. of Agriculture. Report Nr. 64. 1891. — Om denne og en anden Centrifugeringsmetode har Prof. *K. Rørdam* givet en nærmere Udvikling i „Oversigt over de nyeste Undersøgelser paa Agrikulturkemiens Omraade“. København 1905.

rettet Centrifuge. Efter den udøvede Centrifugalkrafts Størrelse afsætter der sig en større eller mindre Mængde af Jordprøvens faste Bestanddele paa Glassets Bund. Man bestemmer den Mængde Bundfald, der afsættes ved vekslende Centrifugalkraft og faar da, ligesom det kan ske ved Schönes Slæmmetragt, Jorden adskilt i Partikler af forskellig Finhed. De selvsamme principielle Indvendinger, som er gjort gældende mod Slæmmemetoden som Middel til at bestemme Jordens Finhed, gælder ogsaa for denne Metode, og lige saa lidt som Slæmningsresultatet er Resultatet af Centrifugeringen et direkte Udtryk for Jordens Finhed.

I Erkendelse af de store Mangler ved de hidtil anvendte Metoder til Bestemmelse af Jordens Finhedsgrad har de to bekendte Agrikulturkemikere Professor *Rodewald* og Docent *Mitscherlich* i Kiel søgt at udfinde andre Fremgangsmaader, der kunde give paalideligere Resultater. Et Arbejde af *Rodewald* „Über Quellungs und Benetzungserscheinungen“*) blev Grundlaget for en Undersøgelse som særlig *Mitscherlich* anstillede over Jordarter. Af disse Undersøgelser fremgik det, at Jordens Befugtningensvarme \propto den Mængde Varme, som en Vægtenhed Jordtørstof udvikler ved Befugtning med Vand, er et direkte Udtryk for Jordens Finhed, idet Befugtningensvarmen er proportional med Størrelsen af Jorddelenes Overflade. Det vil her føre alt for vidt at komme nærmere ind paa Befugtningens Teori og paa selve Metoden**), hvad der er saa meget mindre Anledning til, som denne allerede for Jordbundsundersøgelens Vedkommende næsten kun har historisk Interesse, idet det ved indgaaende Undersøgelser af *Rodewald* og *Mitscherlich* har vist sig, at man ved Bestemmelse af Jordens Hygroskopicitet, der er betydelig simplere og kan udføres med langt mindre omstændelige Apparater, kan faa et lige saa sikkert Udtryk for Jordens Finhed som ved Bestemmelse af Jordens Befugtningensvarme.

Ved Jordens Hygroskopicitet forstaaer man den Vandmængde, som Jorden indeholder, naar dens Over-

*) Zeitschrift für physikalische Chemie. XXXIII. 1900.

**) Denne omhandles paa en meget udførlig Maade i den ovenfor nævnte Afhandling af *Rodewald*, og i *Mitscherlich*: Untersuchungen über die physikalischen Bodeneigenschaften. Habilitationsschrift. Merseburg 1901.

flade (de enkelte Smaadeles samlede Overflade) netop er bedækket med et Molekylelag Vand*) og man udtrykker denne Egenskab ved at angive den hygroskopisk bundne Vandmængde i Procent af Jordtørstoffet.

Slaar denne Definition til, er det klart, at Hygroskopiciteten staar i ligefremt Forhold til Størrelsen af Jorddelenes Overflade og altsaa bliver et direkte Udtryk for Jordens Finhed.

I Stedet for i Procent Vand kunde Finhedsgraden (Overfladen) godt angives i f. Eks. Kvadratmeter pr. Gram Jord. I Følge *Nernst****) har et Vandmolekyle en Vægt af $8,3 \cdot 18 \cdot 10^{-23}$ Milligram. Man kan derefter beregne hvor mange Vandmolekyler der bedækker Jorddelenes Overflade i en Jordprøve, der har opnaaet sin fulde Hygroskopicitet. Tænker man sig Vandmolekylerne kubiske og anbragte saaledes paa det faste Stofs Over-

*) Prof. *Rodewald* udvikler dette nærmere i sin foran omtalte Afhandling om Opkvædnings og Befugtningsfremtoninger, hvor han fremsetter følgende ved Arbejdet særdeles godt begrundede Befugtningshypotese.

„Da der foregaar en Udveksling af Vand mellem fugtigt og tørt Materiale, maa Vandmolekylerne først være bevægelige paa det faste Stofs Overflade. Molekylerne bevæger sig i en Retning parallel med Overfladen, og den Kraft, der udfordres hertil, er lig den, der forsaarsager deres Bevægelse i Vædsken (Vandet) d. v. s. lig Vandets Kohæsiionskraft eller Overfladespænding. Vandmolekylerne vilde imidlertid springe bort fra den faste Væg, hvis ikke en anden Kraft, nemlig det faste Stofs Tiltrækningskraft, der virker lodret paa Fladen, kom til. Den sammensatte Virksomhed af begge disse Kræfter bevirker, at de enkelte Vandmolekyler, som maaske vilde have Tilbøjelighed til at hvile i flere Lag paa enkelte Steder af Overfladen, gensidig fortrænger hinanden, indtil de alle ligger saa tæt sammen som muligt paa Overfladen. Den nødvendige Følge heraf er, at hele den Del af Overfladen som kan befugtes først dækkes af et enkelt Molekylelag Vand, og at dette Vandlag fortætter sig saa meget som muligt paa Overfladen. Saalænge Overfladen endnu ikke er fuldstændig dækket med Vandmolekyler, vil det faste Stofs Adhæsiionskraft vedblivende være den samme. Er Overfladen derimod fuldstændig bedækket med Vandmolekyler, maa Adhæsiionskraften, der som bekendt falder meget brat med Afstanden, blive meget mindre“.

For Stivelsens Vedkommende er Adhæsiionskraften i Følge *Rodewalds* Undersøgelser saa ringe, at den kun kan indvirke paa et Vandlag af et Vandmolekyles Tykkelse, og *Mitscherlich* har ved sine Undersøgelser over forskellige Jordarter vist (l. c.) at alle disse i den Retning udviser samme Forhold som Stivelse.

**) Theoretische Chemie. 2. Aufl. 1898. S. 394.

flade, at denne fuldstændig er overtrukken med en Hinde af en saadan Tærnings Tykkelse vil et Milligram Jord repræsentere en Flade, der kan udtrykkes ved følgende Formel

$$F = \frac{H}{\sqrt[3]{8,3 \cdot 18 \cdot 10^{-22}} \text{ mm.}}$$

hvor F betyder Fladens Størrelse angivet i Kvadratmillimeter og H hygroskopisk bundet Vand angivet i Gram. Vil man omregne den hygroskopisk bundne Vandmængde til Kvadratmeter pr. Gram Jord, kan man iflg. *Mitscherlich* benytte følgende Formel.

$$F = H \cdot 40,6 \text{ Kvadratmeter.}$$

Tallet 40,6 er en ved Beregning funden Konstant.

Jordens Hygroskopicitet vil for Mose-, Mor- og sandmuldede Jorders Vedkommende staa i et temmelig ligefremt Forhold til dens Indhold af organisk Stof (Humus) og for Lerjordernes Vedkommende i ligefremt Forhold til Indholdet af organisk Stof og Ler. Sand vil kun undtagelsesvis have nogen Hygroskopicitet af Betydning. For grovere Sandarters Vedkommende vil denne slet ikke kunne maales, og selv meget fint Sand har sammenlignet med Ler eller Humus kun en meget ringe Overflade. Idet altsaa baade Humus og Ler — Stoffer med vidt forskellige Egenskaber i andre Henseender — forlener Jorden med høj Hygroskopicitet, bliver en Bestemmelse af det indbyrdes Forhold, hvori disse forekommer i Jorden betydningsfuld for en Bedømmelse af dennes hele Tilstand. Vil man saaledes bedømme en Jords Evne til at suge Vand fra dybere liggende Jordlag efter dens Hygroskopicitet, der som foran omtalt særlig er betingende for de kapillare Hulrums Størrelse, maa man vide, om denne fortrinsvis skyldes Indhold af Muld eller Ler, da det sidstnævnte Stofs Evne i saa Henseende er betydelig større end Muldstoffernes. Dette forklares af *Mitscherlich* (l. c.) derved at en stor Del af de organiske Stoffers Overflade, den saakaldte micellare Overflade, ikke er tilgængelig for mere end et enkelt Molekylelag Vand*) og der-

*) At den micellare Overflade kun er tilgængelig for et enkelt Molekylelag Vand er bevist derved at Vædsker med større Molekyler som

ved ikke faar nogen Betydning for den kapillare Vandlednings-
evne. For at nævne et Eksempel der tydelig illustrerer dette
Forhold kan anføres, at et Stof som Halm kun har en ringe
ydre Overflade, men derimod en meget stor micellar Overflade,
der betinger dette Materiales store Hygroskopicitet (35—50%).
Den ringe ydre Overflade bevirker imidlertid, at Halm kun har
en ringe kapillar Vandledningsevne.

G. Schübler er den første, der har forsøgt at indføre Hygro-
skopicitetsbestemmelsen i Jordbundsundersøgelsen*). Efter
hans Fremgangsmaade udbredes Jorden i et tyndt Lag paa en
Glasskive og tørres ved en Temperatur af 75° C., hvorefter
den anbringes over en Skaal med Vand og dækkes med en
Glasklokke, der sænkes ned i Vandet. Vægtforøgelsen angiver
Hygroskopiciteten. *Schübler* tilsigtede ikke ved denne Metode
at faa et Udtryk for Jordens Finhed, men nærmest at konsta-
tere hvormeget Vand de forskellige Jorder er i Stand til at
optage fra Luftens Indhold af Vanddamp. Metoden har aldrig
funden nogen videre Anvendelse i Jordbundsundersøgelsen og
er da ogsaa ret ufuldkommen. Saaledes naas absolut Tørhed
for mange Jordarters Vedkommende langt fra ved 75° C. (Se
Tab. I.) og hertil kommer at der ved den anvendte Fremgangs-
maade let fremkommer Kondensationer, der virker forstyrrende
ind paa Resultatet.

Rodewald og *Mitscherlich* har da forbedret Metoden ved —
i Stedet for i Tørreskab — at tørre Jorden i evakueret Rum
over Forforsyreanhydrid, der er det stærkest vandsugende
Stof, man kender, og derefter henstille den i et ligeledes luft-
fortyndet Rum, i hvilket der i Stedet for rent Vand, som ved
Schüblers Metode, anbringes en 10 % holdig Svovlsyreop-
løsning. Da Jord efter at have opnaaet sin fulde Hygro-
skopicitet har en Dampspænding, der er betydelig mindre end
Vandets**), kan man anvende en Vædske med ringere Damp-
spænding og derved lettere undgaa de Fortætninger af Vand-

f. Eks. Toluol og Petroleumsæther, ikke kan befugte denne Over-
flade. Ved at bestemme Befugtningsvarmen ved Anvendelse af et
af disse Stoffer og af Vand er man da i Stand til at faa et Udtryk
for Forholdet mellem Jordens ydre og indre (micellare) Overflade.

*) *G. Schübler*. Grundsätze der Agriculturchemie. Leipzig 1838.

**) *Rodewald*: Theorie der Hygroskopicität. Landw. Jahrbücher. 1902.
S. 681.

dampene, som ellers meget let indtræder ved vekslende Temperatur, og som i høj Grad virker forstyrende ind paa Resultatet. Gennem Forsøg har *Rodewald* og *Mitscherlich***) godtgjort, at en 10 % holdig Svovlsyre frembyder den mest passende Koncentration. Jorden henstaar saa længe over den fortyndede Svovlsyre, til Vægten er konstant, hvad der selv for de svære Jordarters Vedkommende vil være opnaaet efter 5 à 6 Dages Forløb. Naar Dampspændingsudligningen, som det er Tilfældet ved denne Metode, foregaar ved konstant Rumfang er Hygroskopiciteten iflg. *Rodewalds* Undersøgelser**) saa at sige fuldstændig uafhængig af Temperaturen.

Tørringen over Fosforsyreanhydrid er ligeledes et stort Fremskridt, da det gentagne Gange er paavist, at en fuldstændig Udtørring (Uddrivning af den sidste Rest hygroskopisk bundet Vand) af organisk Stof og af uorganiske Stoffer med stor Finhedsgrad som Ler ikke kan opnaas ved den almindelige Tørring i Tørringsovn ved 100° C., og da en højere Temperatur medfører Fare for tør Destillation af organiske Stoffer og for Afgivelse af kemisk bundet Vand f. Eks. for Lerets Vedkommende, er Anvendelse heraf utilladelig. Efter den af *Mitscherlich* angivne Tørringsmetode, foregaar Tørringen i smaa runde Glasskaale, i hvilke der paa Bunden er anbragt Fosforsyreanhydrid. Jorden udbredes i et tyndt Lag i en flad Glasskaal, der anbringes paa en Glastrefod inde i Skaalen. Ved Hjælp af en Gummiring og en sleben Messingplade lukkes Skaalen lufttæt, og efter at Luften er udpumpet (gennem en Tubus, der findes i Messinglaaget) ved Hjælp af Vandluftpumpen, anbringes Skaalen i et Dampapparat, hvor den i 4 Timer udsættes for strømmende Vanddampe. Efter den Tids Forløb er Jorden absolut tør.

Hvor stor en Forskel i Tørhedsgraden, der kan fremkomme ved Anvendelse af forskellige Tørringsmetoder, har Forfatteren haft Lejlighed til at undersøge under et Ophold paa det kgl. landøkonomiske Institut ved Universitetet i Kiel. Der undersøgte her Svindet af 4 forskellige Jordarter ved forskellig Temperatur i Tørringsovnen, ved Glødning, ved Tørring over koncentreret Svovlsyre i luftfortyndet Rum i 1, 2, 5, 8 og

*) l. c.

**) *Rodewald*: Theorie der Hygroskopicität.

12 Døgn samt ved den foran omtalte Tørring over Fosforsyreanhydrid.

Resultaterne af denne Undersøgelse fremgaar af nedenstaaende Tabel.

Tabel I.

Jordart	Svind ved Tørring i Tørreskab ved				Svind ved Glødning %	Svind ved Tørring over konc. Svovlsyre i evakueret Rum efter					Svind ved Tørring over Fosforsyreanhydrid i evakueret Rum (4 Timer ved 100°) %	Forskel mellem % Svind i Tørreskab ved 100° og ved Tørring over Fosforsyreanhydrid
	100° %	120° %	140° %	160° %		1	2	5	8	12		
					Dag %	Dage %	Dage %	Dage %	Dage %			
Formsand .	8,20	8,26	—	8,36	11,65	8,11	—	8,24	8,24	8,24	8,33	0,13
Lermuld . . .	1,39	1,51	1,71	1,85	5,14	—	1,10	1,45	1,48	1,48	1,61	0,22
Meg. stærk Lerjord } (fra Java)	11,03	12,43	13,15	13,45	24,28	—	—	11,74	11,75	11,84	13,29	2,26
Tørvejord .	7,44	9,05	9,92	11,25	68,13	—	—	7,50	7,78	7,82	8,87	1,43

For Sandets Vedkommende, der hverken indeholder store Mængder „Organisk Stof“ eller kemisk bundet Vand er Forskellen i Resultaterne fra de forskellige Metoder kun ringe, hvorimod den for de andre Jordarters Vedkommende er meget betydelig. Tabellens sidste Kolonne angiver den Mængde hygroskopisk bundet Vand, som ikke gaar bort ved 100° og altsaa ogsaa de Forskelle i Resultaterne af Hygroskopicitetsbestemmelserne, der vil fremkomme, eftersom man anvender den ene eller den anden Tørringsmetode, og det skønnes heraf, at almindelig Tørring ikke kan benyttes ved Hygroskopicitetsbestemmelsen.

Følgende Tabel, der refererer sig til Undersøgelser af *Mitscherlich**) og Forfatteren vil give en Forestilling om forskellige Jordarters Hygroskopicitet.

Hygroskopicitetstallene for Jorden fra Askov Sandmark og Lermark karakteriserer udmærket Forskellen i disse Arealers Grundbeskaffenhed. Lermarken i Askov og det nye Forsøgsareal i Aarslev maa begge henregnes til de almindelige gode

*) *Mitscherlich*: Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin 1905. S. 71.

Tabel II.

Jordens Art	Jordens Hygroskopicitet	Jordoverfladen i et Gram Jordtørstof □ m.	
Fint tertiært Kvantssand.....	0,034	1,38	} Udført af Mitscherlich*)
Samme pulveriseret i Morter.....	0,068	2,76	
Sandmuld.....	1,06	43,0	
Let, lerblandet Sandmuld	1,40	56,8	
Let Lermuld.....	2,09	84,9	
Mild Lermuld.....	3,00	121,8	
Svær Lermuld.....	6,54	265,5	
Lavmosetørv.....	18,42	747,9	
Meget stærk Lerjord (fra Java)	23,81	966,7	
Meget fint rødt Sand fra Tylstrup Forsøgsstation (Undergrund).....	0,78	31,7	} Udført af Forfatteren
Let Sandmuld fra Askov Forsøgsstation....	1,20	48,7	
God Sandmuld fra Tylstrup Forsøgsstation ..	1,87	75,9	
Let Lermuld fra Askov Forsøgsstation.....	2,36	95,8	
God Lermuld fra Aarslev Forsøgsstation	2,87	116,5	
Svær Lermuld fra Landbohøjskolens Demonstrationsmark.....	5,24	212,7	
Stærkt Ler fra Aarslev Forsøgsstation (Undergrund).....	5,34	216,9	
Tertiært plastisk Ler fra Refsnæs.....	18,73	760,4	
Bøgemor fra Bregentved.....	21,95	891,2	
Lavmosetørv fra Nørreskovgaard pr. Hals...	24,65	1000,8	

lermuldede Jorder. Den gode sandmuldede Jord fra Tylstrup Forsøgsstation har en Hygroskopicitet der ligger imellem Askov og Aarslev Lermarkers og Askov Sandmarks og kan ogsaa i Bonitet siges at staa midt imellem disse Arealer. Grunden til det for et Sandjordsareal meget høje Hygroskopicitetstal maa

*) Bodenkunde für Land- und Forstwirte. S. 71.

søges i det usædvanlig fine Kwartssand (Hygroskopicitet 0,78) i hvilket Mulden er indblandet.

Foruden at være et Udtryk for Jordens Forhold overfor Vand er Hygroskopiciteten tillige et Udtryk for Jordens Evne til Absorption af Luftarter. Paa samme Maade, som det sker med Vanddampe kan nemlig ogsaa andre Luftarter, hvis Kondensationspunkt ikke ligger for langt under den almindelige Jordtemperatur, fortættes paa Overfladen, men da denne Absorption, der i og for sig kun er meget ringe, kun kan foregaa naar Jorden indeholder mindre Vand, end der svarer til dens fulde Hygroskopicitet, og der ikke kan foregaa nogen Planteproduktion ved Tilstedeværelse af en saa ringe Vandmængde, faar den kun ringe praktisk Betydning. Er Jorddelene overdækkede med et Lag Vand absorberes Luftarterne ikke af de faste Bestanddele men af Vandet, og den Mængde Luft, som absorberes ad denne Vej vil være desto større, jo mere hygroskopisk og kapillart bundet Vand, Jorden kan optage. Hygroskopiciteten bliver derved alligevel et Udtryk for Jordens Evne til at absorbere Luft (Ilt).

Jordens Hygroskopicitet kan i Korthed siges at være et Udtryk for dens Grundbeskaffenhed og Bestemmelsen af denne Egenskab maa betragtes som et af vore allervigtigste Hjælpemidler ved Jordboniteringen, ved hvilken den vil kunne give langt sikrere og bedre Oplysninger end Sigte- og Slæmmeanalysen, og utvivlsomt vil den ogsaa kunne faa stor Betydning ved Studiet af ydre Forholds (Jordbehandlings, Vejrligets o. a.) Indflydelse paa Jordens Tilstand og dens deraf følgende Ydeevne. Interessant er i denne Henseende et Forsøg som *Mitscherlich**) anstillede med Lerjord (af bekendt Hygroskopicitet) der i vaad Tilstand udsattes for stærk Frost. Efter Optøningen viste det sig, at Overfladen (Finheden) var tiltaget med ikke mindre end 10 %, et Resultat, der bekræfter den af enhver Jorddyrker gjorte Erfaring om Frostens enormt skærnende Indvirkning paa Jorden.

Hygroskopicitetsbestemmelsen er af Forfatteren indført herhjemme ved en Undersøgelse over Ensartetheden af Jorden ved den nye Forsøgsstation for Plantekultur i Aarslev paa Fyn.

*) Untersuchungen über die physikalischen Bodeneigenschaften. Merseburg 1901.

Jordens Struktur.

Som foran omtalt er Jordens Forhold overfor Vand særlig afhængig af de 2 Faktorer „Finhed og Struktur (Lejring)“. Man skelner mellem den enkle Struktur som f. Eks. hos Sand og den grynede Struktur eller Krummestrukturen, ved hvilken et større eller mindre Antal Jorddele er i Sammenhæng. Krummestrukturen vil kun kunne forefindes i Jord med en ikke altfor ringe Finhedsgrad, idet den beror paa Overfladevirkninger (Kohæsiions- og Adhæsiionsfænomener). Der er ingen Tvivl om, at en udpræget Krummestruktur er af overmaade stor Betydning for Jordens Frugtbarhed. I det praktiske Jordbrug har man ofte lagt Mærke til og talt om den mere eller mindre gærede Tilstand, som Jorden kan være i, og i Tyskland udtrykker man ved Ordet „Ackergahre“*) den overmaade heldige, løftede og elastiske Tilstand (noget i Retning af gæret Brøddejg), som Jorden kan komme i ved rigtig Bearbejdning og Gødskning og ved passende Fugtighedsgrad. Denne Tilstand er en Følge af en særlig udviklet Krummestruktur, og Studiet af de Faktorer, der betinger denne, faar derved meget stor Betydning. Fremskaffelsen af denne gærede Tilstand kalder Prof. *Rümker*, Breslau, for „Maalet for enhver rationel Jordbearbejdning**), og han siger endvidere herom (Side 61): „Véd vi først, hvad der fremkalder Jordgæringen og alle de Omstændigheder, som fremskynder den, da vil det være let med Sikkerhed at udfinde og udarbejde de Metoder, ved Hjælp af hvilke man hurtigt vil kunne fremkalde denne Tilstand i Marken.

Man er endnu meget uenig om, hvorvidt Jordgæringen overvejende er af fysisk, kemisk eller biologisk Natur; her som saa ofte er det vanskeligt at skelne mellem Aarsag og Virkning. Meget tyder dog hen paa, at rent fysiske Forhold spiller Hovedrollen. *Wollny*, *Schlösing* og *Ramann****)) tillægger

*) Da vi i det danske Sprog mangler et Udtryk for denne Tilstand, skal Forf. tillade sig at foreslaa Ordet „Jordgæring“, mod hvilket der muligvis nok kan indvendes en Del. Men vil man ved et enkelt betegnende Ord udtrykke den omtalte Tilstand, bliver der dog næppe noget Valg.

**) Der Boden und seine Bearbeitung. Berlin 1904.

***)) *Ramann*: Bodenkunde. Berlin 1905. S. 224.

Tilstedeværelsen af opløselige Salte en stor Indflydelse paa Krummedannelsen, medens andre, f. Eks. *Mitscherlich**), slet ikke tillægger disse nogen Betydning i saa Henseende i almindelig Kulturland. *Ramann* henviser som Støtte for sin Anskuelse til det velkendte Forhold, at Ler eller andre fint fordeltø Stoffer, der oplømmes i Vand, hurtigt udfældes i større eller mindre Fnug ved Tilsætning af Salte eller Syrer. Disse Stoffer har altsaa under disse Betingelser foranlediget en Sammenhobning og Sammenhæng af Jorddelene. At denne Virkning ogsaa udøves i Jorden mener *Ramann* bevist ved følgende Forsøg af *Hilgard*: Stiv Lerjord æltedes sammen med Ætskalk (1%). Efter at Jorden var udtørret, var den løs og skør, medens en Kontrolprøve, hvortil der ikke var sat Kalk, var stenhaard. Endvidere henviser *Ramann* til Forholdene i Skovjord, hvor man kun forefinder Krummestrukturen, naar Jordens Indhold af opløselige Salte ikke er under en vis Grænse, og gennem nogle Undersøgelser vedrørende dette Forhold har *Ramann* vist, at dybere liggende paa opløselige Mineralstoffer rigere Jordlag har et højere Porevolumen end det øverste muldede Lag og altsaa ogsaa befinder sig i en mere udpræget Krummestruktur.

Kan man disputere om de opløselige Saltes Indflydelse paa og Betydning for Krummestrukturen i almindelig Agerjord, er dens Betydning for Flodmarskdannelsen og Marskjordens Struktur utvivlsom, idet man her let kan iagttage, at de i Flodvandet oplømmede fine Jorddele bundfældes og afsættes som Fnug, saa snart de naar ud i det saltholdige Havvand.

De forskellige Salte virker ikke lige stærkt fnugdannende, og den stærkeste Virkning i saa Henseende synes Kalk og Magnesiumsalte at besidde. Interessant er det, at man ogsaa kan fremkalde denne Udfældning ved Hjælp af den elektriske Strøm, hvad der kan give Formodning om, at Udfældningen i Virkeligheden er et Fænomen fremkaldt af elektriske Virkninger, hvad enten disse saa udøves af de paagældende Salte eller har andre Aarsager. — Den Mængde Ler eller andre fint fordelte Stoffer, der i en Opplømning kan udfældes af en Salt-

*) *Mitscherlich*: Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin 1905. S. 149.

opløsning, staar i et bestemt Forhold til Vædskens procentiske Indhold af vedkommende Salt. Meget fortyndede Saltopløsninger virker enten slet ikke eller kun efter længere Tids Forløb.

Hvis Teorien om de opløselige Saltes Betydning for Jordens Krummestruktur er rigtig, og der synes ikke at være tilstrækkelig Grund til helt at forkaste den, faar en Bestemmelse af Jordens Indhold af disse særlig Interesse. En bekvem og som det synes ret tilforladelig Metode er angivet af Amerikaneren *Whitney**). Princippet i Metoden er elektrisk Maaling af de opløselige Salte. Jorden røres sammen med destilleret Vand til en grødagtig Masse, og en Del af denne bringes i en elektrisk Celle. Ved Hjælp af et særligt Apparat maales Jordgrødens Ledningsmodstand. Procentmængden af opløselige Salte — udtrykt i Klornatrium — beregnes efter følgende Formel:

$$A = 6,06 \frac{W^2}{R. S.};$$

hvor W betyder den Vandmængde, som findes i Cellen, R den iagttagne elektriske Modstand ved 15,5° C., S Cellens Indhold af Jordtørstof og 6,06 er en beregnet Konstant.

Det vilde være af meget stor Betydning at faa konstateret de forskellige Jordbehandlings Indflydelse paa Jordens Struktur, og den foran beskrevne *Heinrichske* Metode (se S. 148) til Bestemmelse af Jordens Vandkapacitet under naturlige Lejringsforhold vil her kunne gøre god Nytte. Paa rigtig fast Grund kommer man dog først, naar man faar udredet de enkelte Faktorer, der betinger Jordens Struktur eller m. a. O. bliver klar over Jordgæringens Væsen, og for at naa dette maa den fysiske, kemiske og biologiske Jordbunds forskning gaa Haand i Haand med Forsøgsvirksomheden i Marken.

B. Kemiske Jordbundsundersøgelser.

1. Bestemmelse af Jordbundens Indhold af tilgængelig Plantenæring.

De store Forhaabninger, som det praktiske Jordbrug har stillet til den kemiske Analyse af Jordbunden som Middel til

*) An. Report. Agr. Experiment-Station of the University of Wisconsin 1899, pag. 219. Refereret i *Wahnschaffe*: Anleitung zur wissenschaftliche Bodenuntersuchung. Berlin 1903. S. 180.

at bestemme dennes Gødningstrang, er som bekendt langt fra bleven opfyldte. Det Utaal af kemiske Jordbundsundersøgelser, der er foretagne, viser med stor Tydelighed, at man ikke af en Jords absolute Indhold af de enkelte Plantenæringsstoffer kan slutte noget bestemt om dens Gødningstrang, idet det viser sig mere at være den Form, hvori Næringsstofferne forekomme, der her bliver afgørende. — Bestræbelserne har da nu ogsaa allerede i længere Tid været rettede imod at finde Metoder til Bestemmelse af den Mængde af for Planterne tilgængelige Næringsstoffer, der findes i de forskellige Jorder.

Af de Forslag, der har været fremme i den Retning, skal, efter Wahnschaffe, nævnes følgende:

Bestemmelse af Plantenæringsstoffer, der kan opløses i 1) koldt destilleret Vand. 2) i koldt destilleret Vand, hvortil der er tilsat $\frac{1}{4}$ af den Kulsyremængde, som Vandet kan optage, 3) i fortyndet Salpetersyre, Eddikesyre, Oxalsyre og Citronsyre (til Bestemmelse af let tilgængelig Fosforsyre) og 4) i Kalkvand (til Bestemmelse af let opløselig Kali).

Den Mængde Plantenæring, der kan udtrækkes med destilleret Vand, vil til enhver Tid være saa godt som fuldstændig tilgængelig for Planterne. De Stoffer, der særlig vil findes i dette vandige Udtræk, er Klorider, Sulfater og Nitrater af Calcium, Magnium, Natrium og Kalium. Andre Stoffer, der har Betydning for Plantevæksten, vil i Regelen kun findes i saa ringe Spor, at det vil være unødvendigt at søge at bestemme dem kvantitativt. — I det kulsyreholdige Vand vil der foruden de foran nævnte Stoffer kunne opløses Lerjord, Jernilte, Fosforsyre, kulsur Kalk o. a., og der er al Grund til at antage, at ogsaa den i denne Vædske opløste Plantenæring i de allerfleste Tilfælde vil være saa godt som fuldstændig tilgængelig for Planterne.

Mere usikker bliver Bestemmelsen af tilgængelig Planteæring ved Anvendelse af fortyndede Syrer. Man kan vel med nogenlunde Sikkerhed gaa ud fra, at Mængden af vandopløselige Næringsstoffer ikke udgør hele den Mængde, som er tilgængelig for Planterne, idet disse ved sure Rodafsondringer maa antages at kunne bringe en Del Stoffer i Opløsning, som ikke kunne opløses af rent Vand. Ud fra denne Betragtning har man forsøgt at udtrække Jord med Syrer af en saadan

Koncentration, som man har ment kunde svare til Planternes sure Rodafsondringer, og forskellige Forskere har paa dette Omraade anbefalet saavel forskellige Syrer som forskellige Koncentrationer af disse. — *Gerlach* har til Bestemmelse af tilgængelig Fosforsyre foreslaaet Anvendelsen af en 1% holdig Oxalsyreopløsning og en 2% holdig Citronsyreopløsning, *Deherain* en 1% holdig Eddikesyre, *Schlösing* — *fls* en meget stærkt fortyndet Salpetersyre o. s. v. Til Bestemmelse af letopløselig Kali er der for faa Aar siden angivet en Metode af *Rümpler**), der synes at være af ret stor Betydning. Jorden udtrækkes med en Opløsning af Kalkvand eller en 2% holdig Klorkalciumopløsning. Herved udveksler Zeolitherne og de zeolithagtige Silikater deres Kali med en Del af den tilførte Kalk, og Opløsningens Indhold af Kali bestemmes.

Ingen af de omtalte Metoder (maaske dog med Undtagelse af den sidstnævnte) synes imidlertid efter de modstridende Resultater, som de forskellige Eksperimentatorer er komne til, at være fyldestgørende. Dog vil disse modstridende Resultater sikkert nok for en Del kunne forklares ved de forskellige ydre Forhold (Jordbundsforhold og klimatiske Forhold) under hvilke de enkelte Undersøgelser er anstillede.

Hvis det store Maal „Eksakt Bestemmelse af Jordens Gødningstrang ved Laboratorieundersøgelse“ skal naas eller blot bringes os nærmere, maa Sagen gribes ret stort an. Der maa da paa forskellige Jordarter og under forskellige klimatiske Forhold anstilles omfattende systematiske lokale Gødningsforsøg efter en bestemt Plan, og disse Forsøg maa suppleres med omfattende Laboratorieundersøgelser under Anvendelse af forskellige Metoder. Foreløbig maa det henstaa uafgjort, om man lettest nærmer sig dette Maal ved direkte fysiske, kemiske og biologiske Undersøgelser af Jorden eller indirekte ved kemisk Undersøgelse af Afgrøderne, der i Følge de smukke Undersøgelser af *Atterberg***), *Stahl Schröder****),

*) Landwirtsch. Versuchsstationen. Bd. IV. 1901.

**) Om variationerne i växtnäringsämnenas mängder hos hafren. (Undersøgelser fra 1884—93. Sidste Afhandling i: Kongl. landbruks-akademien handlingar och tidsskrift. Stockholm. 1901.)

***) Kann die Pflanzenanalyse uns Aufschluss über den Gehalt an assimilierbaren Nährstoffen im Boden geben? Journal für Landwirtschaft 1904.

A. D. Hall*) o. a. synes at reagere temmelig stærkt og ret konstant i deres kemiske Sammensætning overfor Mangel paa de enkelte Plantenæringsstoffer, eller ved en Kombination af Undersøgelser efter disse forskellige Principper.

Næppe noget Sted vilde der være bedre Lejlighed til at tage et saadant Arbejde op end her i Danmark, hvor det lokale Forsøgsarbejde er saa godt organiseret som vel endnu ingen andre Steder, og der er sikkert ingen Tvivl om, at et Samarbejde mellem denne Forsøgsvirksomhed og en videnskabelig Jordbunds forskning vilde give Resultater af stor Værdi for Plantedyrkningen.

2. Bestemmelse af Jordens Reaktion og Basicitet.

Ved de senere Aars omfattende biologiske Jordbundsundersøgelser har Bestemmelse af de ovennævnte Egenskaber faaet forøget Interesse.

Jordens Reaktion er i allerhøjeste Grad bestemmende for Arten og Karakteren af den lavere Flora og Fauna, der forefindes i Jorden og derfor ogsaa for Arten og Graden af de fysiologiske Omsætninger i denne. For de fleste og maaske for alle af de for Jordbruget nyttige fysiologiske Processer (f. Eks. Forraadnelse, Formuldnings, Salpetersyredannelse og Kvælstofassimilation ved fritlevende Bakterier) gælder det, at de bedst foregaar ved neutral eller svag alkalisk Reaktion, og for at bibeholde denne er det nødvendigt, at der stadig findes et Oplag af basiske Stoffer i Jorden til Neutralisation af de ved de forskellige Omsætninger dannede Syrer.

Jordens Basicitet (syremættende Evne) vil saa godt som altid være knyttet næsten udelukkende til dens Indhold af kulsur Kalk og kulsur Magnesia og for vore hjemlige Jorders Vedkommende ganske overvejende til det første Stof. Basiske Jorder vil i Regelen altid udvise alkalisk Reaktion. Dette beror dels paa en direkte og dels paa en indirekte Virkning af den tilstedeværende kulsure Kalk eller Magnesia. Saavel

*) The analysis of the soil by means of the Plant. — The Journal of agricultural science (Cambridge at the university press) 1905. Vol. I. Part. 1.

Kalcium- som Magniumkarbonat er i Stand til at farve en neutral eller sur Lakmusopløsning stærk blaa, og endvidere virker disse Salte indirekte ændrende paa Jordens Reaktion derved, at de overfører en større eller mindre Del af den Mængde Alkalier (Kalium, Natrium og Ammonium), der er bundet (absorberet) i Dobbelt-silikater eller til Humussyrerne i Karbonater. De kulsure Alkalier reagerer alle stærkt alkalisk.

Fra 2 Kalkforsøg paa Askov Forsøgsstation (se S. 175—176 og Tabel III S. 178—179) har Forfatteren kunnet paavise en meget tydelig Forskel i Reaktionen i de Parceller, der har faaet Kalk og i de ukalkede Parceller. Medens Reaktionen i de sidste var neutral til svag sur, var den i de andre udpræget alkalisk (Tabel III). Af den nævnte Tabel, i hvilken der er meddelt Resultaterne af en Række Undersøgelser over forskellige Jorders Basicitet og Reaktion, fremgaar det forøvrigt, at der overalt er et nøje Forhold mellem Jordens Basicitet og Alkalinitet, hvad man i Følge de ovenfor omtalte Forhold ogsaa maatte vente.

En kvalitativ Prøve af Jordens Reaktion kan foretages med det røde og blaa Lakmuspapir eller endnu bedre ved at tilsætte Lakmustinktur til et Jordudtræk. Benytter man den sidste Fremgangsmaade ved sammenlignende Undersøgelser, ved hvilke det vil være af Betydning at konstatere ogsaa mindre Nuancer i Reaktionen, er det af Vigtighed, at der ved de enkelte Bestemmelser anvendes lige store Jordmængder, lige meget Vand og lige meget Lakmustinktur*). Da Jordens Indhold af fri Kulsyre kan have en Del skønt — efter talrige Iagttagelser af Forf. — i de fleste Tilfælde en knap paaviselig Indflydelse paa Farvetonen, bliver det i Almindelighed anbefalet at uddrive denne ved Kogning. Reaktionen sløves dog ofte en Del ved Kogningen, og det vil derfor i Regelen være bedre at unnlade denne. — Til kvalitativ Bestemmelse af frie Humussyrer kan en for mer end 30 Aar siden af Schütze**) angivet simpel Metode gøre god Nytte. Efter denne ryster man lidt Jord sammen med Ammoniakvand. Hvis Jorden

*) Ved de i Tabel III meddelte Undersøgelser over forskellige Jorders Reaktion er der gaaet frem efter dette Princip.

**) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1873.

er svag alkalisk, vedbliver Vædsken at være farveløs eller antager en svag gullig Farve. Neutrale Jorder giver Vædsken en lysebrun til mellembun Farve, medens Tilstedeværelsen af frie Humussyrer bevirker, at den antager en dyb brun til sort Farve.

Jordens Basicitet kan prøves kvalitativt ved Overhældning med fortyndet Saltsyre. Graden af Luftudviklingen kan give gode Antydninger om Basiciteten, og hvor der slet ikke kan iagttages nogen Luftudvikling, vil der ogsaa kun være et meget ringe eller slet intet Indhold af Karbonater. Til hurtig Orientering ved sammenlignende Undersøgelser af en Række forskellige Jordprøver kan denne meget simple Fremgangsmaade gøre udmærket god Tjeneste og burde, hvis man ikke agter at foretage en mere omfattende Analysering af Jorden, altid bringes i Anvendelse paa de Jorder, paa hvilke der anstilles lokale Gødningsforsøg og spec. da Kalkforsøg.

Til kvantitativ Bestemmelse af Jordens Basicitet er der foreslaet flere Metoder. De nu mest benyttede er *Scheiblers*, *Laufers* og *Wahnschaffes**) samt *Stutzers* og *Hartlebs* Metode**), af hvilke den sidstnævnte er af temmelig ny Dato.

Ved *Scheiblers* Metode er Princippet volumetrisk Bestemmelse af Jordens Indhold af Kulsyre i Karbonater. Kulsyren uddrives ved Hjælp af fortyndet Saltsyre. Gælder det imidlertid om med nogenlunde Nøjagtighed at bestemme bunden Kulsyre i almindelig Agerjord, der sjældnere indeholder større Mængder heraf, er denne Metode dog ikke tilstrækkelig fin, medens den kan gøre udmærket god Fyldest, hvor man kun ønsker at vide det omtrentlige Indhold af kulsur Kalk i kalkrige Jordarter som f. Eks. Mergel.

Laufers og *Wahnschaffes* Metode gaar ud paa at koge Jorden med en koncentreret Opløsning af Ammoniumnitrat, hvorved Karbonaterne omsætter sig med denne under Dannelse af salpetersure Salte og kulsur Ammoniak. Den opløste Kalk og Magnesia, der har været til Stede i Jorden som kulsure Salte, bestemmes derefter hver for sig efter de almindelige Fremgangsmaader.

Ved *Stutzers* og *Hartlebs* Metode koges Jorden med en fortyndet Klorammoniumopløsning. Denne omsætter sig med

*) *Wahnschaffe*: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. p. 59.

**) Mitt. d. landw. Institut. Breslau. Bd. I. p. 101.

Karbonaterne under Dannelse af Klorider og kulsur Ammoniak. Den udviklede kulsure Ammoniak ledes gennem et Destillationsapparat sammen med Vanddampene over i $\frac{1}{10}$ eller $\frac{1}{5}$ norm. Syre, og Ammoniakmængden, der er proportional med Jordens Indhold af bunden Kulsyre, bestemmes ved Titring.

C. Biologiske Jordbundsundersøgelser.

1886 er et Mærkeaar i den mikrobiologiske Jordbunds-forsknings Historie. I dette Aar fremlægger den tyske Agrikulturkemiker *Helbrigel* og hans Medarbejder *Willfahrt* det fuldgyldige Bevis for, at Bælgplanterne kan tilegne sig og udnytte det elementære Kvælstof, og at denne Evne skyldes en Samvirken mellem Planterne og de Bakterier, som findes i Knoldene paa deres Rødder. — Først efter denne Tid begynder Jordbrugsbakteriologien, der hidtil kun var dyrket lejlighedsvis i de medicinske og botanisk-bakteriologiske Laboratorier, at udforme sig som en særlig Videnskab. Der meldte sig nemlig nu en stor Mængde Opgaver, som helt og holdent krævede deres Mænd, og i de følgende Aar oprettes der — særlig i Tyskland — jordbrugsbakteriologiske Laboratorier, der dog for det meste knyttedes som Afdelinger til allerede bestaaende agrikultur-kemiske og -botaniske Anstalter. 2 Aar efter Fremkomsten af *Helbrigels* Resultater lykkedes det Hollænderen *Beijerinck* at rendyrke Knoldbakterierne paa kunstigt Nærings-substrat, og dermed var Stødet givet til de omfattende Undersøgelser over disse saa vigtige Bakteriers Liv under vekslende ydre Forhold og de mange Forsøg med Podning af Bælgplanter med Renkulturer, der først nu i de allersidste Aar endelig synes at være kronet med afgjort Held.

I Aarene 1889—91 gøres den næste store Opdagelse paa Jordbrugsbakteriologiens Omraade, idet det da lykkedes Russeren *Winogradsky* at rendyrke Salpetersyrebakterierne (Nitrit- og Nitratbakterierne) og dermed føre Studiet af Nitrifikationen ind paa et sikkert Grundlag. I Midten af Halvfemserne er det Rendyrkningen og Studiet af Denitrifikationsbakterierne, der tiltrækker sig mest Opmærksomhed, og i de sidste Aar har *Beijerincks* Rendyrkning af den kvælstofbindende Bakterie *Azotobacter chroococcum* og de mange Undersøgelser over denne

Organismes Livsvirksomhed gjort Spørgsmaalet om Binding af elementært Kvælstof ved Hjælp af fritlevende kvælstofbindende Organismer i høj Grad aktuelt.

Saa ung, som Jordbrugsbakteriologien endnu er, har det naturligvis hidtil været vanskelig at give den et saadant praktisk Tilsnit, at den direkte kan bringes i Anvendelse ved Jordbundsundersøgelsen. Dog mangler det ikke paa Forsøg herpaa, og enkelte af disse tyder hen paa, at man ved bakteriologisk-fysiologiske Jordbundsundersøgelser vil kunne naa Resultater af betydelig Værdi.

I det Følgende skal der gives en kort Oversigt over Principperne i disse Undersøgelser, medens det vil føre for vidt at komme nærmere ind paa de store Fremskridt, som selve den jordbrugsbakteriologiske Teknik har gjort i de senere Aar

I. Bestemmelse af Antallet af Bakterier i Jordbunden.

Det første større Forsøg paa at bringe bakteriologiske Undersøgelsesmetoder i Anvendelse ved sammenlignende Jordbundsundersøgelser stammer saa vidt vides fra *Hiltner* og *Störmer*, der stillede sig som Opgave at udfinde, hvilken Indflydelse Bakterier udøver paa Jordbundens bakteriologiske Tilstand*). Ved denne Undersøgelse bestemtes Antallet af de Bakterier, der findes i Jorden. Som Næringssubstrat benyttedes den almindelige alkaliske Kødpeptongelatine. En Bestemmelse af Arterne gennemførtes kun i grove Træk, og der skelnedes saaledes kun mellem de Former, der smelter Gelatinen, og de, der ikke smelter denne samt *Streptothrix*arter**). Resultatet var i Korthed dette, at Antallet af Bakterier aftog ved Brakningen, og at det ganske særlig var de ikke smeltende Former, hvis Antal reduceredes.

Denne Tællemetode har dog flere store Mangler, som gør, at man ikke kan tillægge dens Resultater nogen større Betydning. For det første giver den langt fra Oplysning om hele Mængden af Jordbakterier, da flere Grupper af disse og tilmed

*) Studien über die Bakterienflora des Ackerbodens. — Arb. a. d. biol. Abt. für Land- und Forstwirtsch. am kais. Gesundheitsamte. Bd. III. Hefte 5. S. 445—545.

***) En Gruppe af Organismer, der staar Bakterierne meget nær.

saa betydningsfulde som Salpeterbakterierne og de kvælstofbindende Bakterier slet ikke eller kun meget daarligt kunne vokse paa Gelatine, og dernæst er det vel i høj Grad tvivlsomt, om de for Planteavlen vigtige fysiologiske Omsætninger overhovedet staar i noget nøjere Sammenhæng med Antallet af Kim i Jorden. Snarere maa man antage, at det er Virulensforhold, der her bliver det afgørende.

Foruden den omtalte Metode har *Hiltner* og *Störmer* bragt en anden — forbedret — Tællemetode i Anvendelse*), ved hvilken de søger at bestemme Antallet af de Organismer, der tager Del i de forskellige vigtige Omsætninger i Jorden (Nitri-fikation, Forraadnelse, Denitrifikation, Kvælstofassimilation o. a.). Hertil anvendes forskellige for de enkelte Omsætninger afpassede Næringsvædsker (elektive Næringssubstrater), og ved at pøde Jordopslæmning i mange forskellige Fortyndinger over i disse Vædsker og iagttagelse ved hvor stærk en Fortynding, der endnu indtræder Vækst og Omsætning, mener *Hiltner* og *Störmer* tilnærmelsesvis at kunne bestemme Antallet af Bakterier indenfor de enkelte Grupper. — Heller ikke ved denne Metode, der forøvrigt synes at være behæftet med ret store Fejl og ligesom den anden støtter sig til den ganske usikre og stadig ubeviste Sammenhæng mellem Antal og Virkning, faar man noget at vide om det Spørgsmaal, der dog maa interessere mest, nemlig den Intensitet, hvormed Omsætningerne foregaar i de forskellige Jorder.

II. Fysiologiske Jordbundsundersøgelser efter Remys Metode.

Det er *Th. Remys* Fortjeneste at have anvist et nyt Princip i den biologiske Jordbundsforskning, der direkte stiler imod at belyse den Kraft, hvormed de forskellige Omsætninger foregaar i Jorden**). Efter dette Princip, som straks maatte synes ret dristigt, men som nu vinder mer og mer Opmærksomhed og Anerkendelse, poder man forskellige for de enkelte Omsætninger særlig afpassede Næringsvædsker med en større

*) l. c.

**) *Th. Remy*: Bodenbakteriologische Studien. Centralblatt für Bakt. Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Abt. II. Bd. 8. 1902. S. 657, 699, 728 og 761.

Mængde Jord (10 % af Vædskens Vægt) og bestemmer Omsætningerne kvantitativt. Paa Forhaand maatte man antage, at Omsætningerne vilde faa et ret tilfældigt Forløb og Resultaterne blive i høj Grad svingende, men *Remys* og flere andre Forskeres Undersøgelser synes dog at vise en ret tilfredsstillende Overensstemmelse i Resultaterne, naar der anvendes en saa stor Mængde Podejord som foreslaaet (10 %) og altid anvendes lige store Podemængder. Ved Anvendelse af mindre Podemængder (1—2 %) viser det sig i Følge Undersøgelser af *Löhnis**), at Overensstemmelserne i Fællesundersøgelserne bliver mere usikker.

Der synes altsaa her at være Tale om en vis Tilstand**), som Jorden sætter Vædskerne i, og som bliver mere udpræget ved Anvendelse af større end mindre Mængder Podejord, hvorved ogsaa Jordens karakteristiske fysiologiske Egenskaber markeres skarpere i det første end i det sidste Tilfælde. — De Egenskaber, man hidtil særlig har søgt at bestemme efter *Remys* Metode er Jordens Nitrifikationskraft, Denitrifikationskraft og Forraadningskraft (Evne til at sønderdele Pepton.***). Den Kraft, hvormed Omsætningerne foregaar, udtrykkes ved at angive Omsætningsgraden i Forhold til Tiden. Nitrifikationskraften udtrykkes saaledes ved den Mængde Salpetersyring eller Salpetersyre (i Vædskerne 1 a og 1 b, se Fod-

*) *Löhnis*: Ein Beitrag zur Metodik der bakteriologischen Bodenuntersuchung. Centralbl. für Bakt., Parasitenk. und Infektionskrankheiten. Abt. II. Bd. 12. S. 263.

**) *Remy* udtrykker denne ved det mindre heldige Ord: Bodenklima.

***) Til disse Undersøgelser benyttede *Remy* følgende Næringsvædsker:

1. Bestemmelse af Nitrifikationskraften,
 - a. Nitritdannende Evne: 2 Gram Ammoniumsulfat, 2 Gram Klornatrium, 0,5 Gram Magniumsulfat, 0,4 Gram Jernsulfat, 1000 Ccm. destilleret Vand.
 - b. Nitratdannende Evne: I Stedet for Ammoniumsulfat er her anvendt Natriumnitrit. Vædsken har ellers samme Sammensætning som den ovenfor angivne.
2. Bestemmelse af Denitrifikationskraften: 2 Gram salpetersur Kali, 5 Gram Citronsyre, 2 Gram Magniumsulfat, 2 Gram Dikaliumfosfat, 0,2 Gram Klorkalcium, 1000 Ccm. Vand. Vædsken neutraliseres med Natriumkarbonat. (Giltays Næringsvædske for Denitrifikationsbakterier.)
3. Bestemmelse af Forraadningskraften: 10 Gram Pepton og 1000 Ccm. dest. Vand.

noten), der er dannet i en vis Tid, eller ogsaa ved den Tid, der medgaar til at overføre Vædskens hele Indhold af Ammoniak eller Salpetersyring i henholdsvis Salpetersyring og Salpetersyre, den salpeteromsættende Evne ved den Mængde Salpetersyre, der er forsvunden fra Vædsken efter en vis Tids Forløb, og Forraadningskraften endelig ved den Ammoniakmængde, der efter en vis Tids Forløb er udviklet af den benyttede Vædskes Peptonindhold.

Selvfølgelig maa man ved disse Undersøgelser nøje passe, at Temperaturen altid er den samme, da Varmegraden i høj Grad faar Indflydelse paa Omsætningernes Forløb. Thermostater med fint virkende Thermoregulatorer er derfor nødvendige ved Undersøgelser af denne Art.

Remys Metode er allerede bragt i Anvendelse adskillige Steder. En af de interessanteste af disse Undersøgelser er anstillet paa Instituttet for Jordbundslære og Plantedyrkning ved det landøkonomiske Akademi i Bonn-Poppelsdorf af *F. Wohltmann, Hugo Fischer* og *Philip Schneider**). Paa Akademiets Forsøgsmark indrettedes i 1891 et saakaldet specifikt Gødningsforsøg, ved hvilket Formaålet var gennem en længere Aarrække at undersøge, hvilken Indflydelse de enkelte Gødningsmidler (Staldgødning og kunstige Gødninger) og Kombinationer af disse udøver paa Planteproduktionen og Jordens Beskaffenhed. I det Øjemed udlagdes der 17 smaa Marker, der med Undtagelse af den forskellige Gødskning behandledes paa samme Maade. (Samme Sædskifte i de enkelte Marker, samme Jordbearbejdning, samme Saatid o. s. v.). Efter 10 Aars Forløb underkastedes Jorden i de enkelte Marker en Undersøgelse efter *Remys* Metode, hvorved der viste sig udprægede Forskelligheder i fysiologisk Henseende. Der er paa dette Sted, hvor der kun er Tale om en Udvikling af Principperne i Jordbundsforskningen, ikke Anledning til at komme nærmere ind paa, Resultaterne af denne Undersøgelse, dog skal det lige nævnes, at man ogsaa ved denne forholdsvis simple Metode kunde faa meget kraftige Udslag frem for den ofte tidligere paaviste stærkt fremmende Indflydelse, som Tilstedeværelsen af basisk Kalk udøver paa Salpeterdannelsen i Jorden.

*) Bodenbakteriologische und bodenchemische Studien aus dem Versuchsfelde. Journal für Landwirtschaft. Bd. 52. 1904. S. 98—126.

III. Undersøgelser over *Azotobacter chroococcums**) Forekomst og Udbredelse i forskellige Jorder.

Efter at den bekendte hollandske Bakteriolog *Beijerinck* i 1901 havde rendyrket og beskrevet**) den kvælstofbindende Bakterie *Azotobacter chroococcum*, har adskillige Forskere og blandt disse ikke mindst *Beijerinck* selv og hans Medarbejdere***) været beskæftigede med at studere denne interessante Organisme nærmere. — Af særlig Vigtighed var det at faa oplyst, hvilken Udbredelse *Azotobacter* har i de forskellige Jorder, og *Beijerinck* meddeler herom, at han har fundet den i næsten alle de Jorder, han har undersøgt, dog aldrig i sur Hedesand. For ganske kort Tid siden har *Hugo Fischer*, Bonn, meddelt†), at han forgæves har søgt *Azotobacter* i de Parceller, der i det foran omtalte specifikke Gødningsforsøg i Bonn ikke har været tilført kulsur Kalk, medens den forekommer i betydelig Mængde i Kalkparcellerne.

Disse Iagttagelser tyder hen paa, at *Azotobacter*'s Forekomst er noget afhængig af Jordens Basicitet eller mulig af dens Reaktion, og Forfatteren er derved kommen ind paa den Tanke, om ikke det Remyske Princip med Anvendelse af en forholdsvis stor og bestemt Mængde Pødejord burde bringes i Anvendelse ved Undersøgelser over denne Organismes Forekomst i og Forhold til de forskellige Jordarter. Er det saaledes, at det er Jordens Tilstand og maaske særlig dens Basicitet, der betinger Graden af *Azotobacter*'s Vækst og Udvikling, vil man ved Anvendelse af en større Mængde Pødejord komme denne Tilstand nærmere end ved Anvendelse af en ringe Mængde, og der kunde være nogen Grund til at antage, at den særlige og udprægede Karakter, som en større Mængde Jord giver Næringsvædsken, vil sætte ret bestemte Grænser for *Azotobacter*'s Udvikling. Ud fra denne Teori om Vædskens Tilstand maa man

*) I Ugeskrift for Landmænd 1903 S. 312 har Forfatteren skrevet en Artikel om denne Bakterie, og endvidere har Professor Dr. *Fr. Weis* i dette Tidsskrift Bd. 12, Hefte 1, 1905 givet den en ret indgaaende Omtale i sin Afhandling: „Bakterielivet i Jordbunden“.

**) Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Abt. II. Bd. VII. 1901. p. 561.

***)) Sammesteds, Bd. IX., p. 3.

†) Sammesteds, Bd. XIV, p. 33, og XV, p. 235.

ogsaa antage, at en tilfældig Infektion paa saadanne Steder, hvor Betingelserne for *Azotobacters* Vækst ikke forefindes, ikke vil komme til at spille nogen Rolle.

Formaalet med en Undersøgelse efter dette Princip er derfor mindre at afgøre, om *Azotobacter* overhovedet forefindes, end at konstatere, om Jorden byder Betingelser for dens Vækst.

Ledet af disse Betragtninger, hvis Rigtighed en Række orienterende Undersøgelser i alt væsentlig havde bekræftet, har jeg paabegyndt en Række Undersøgelser over *Azotobacter chroococcums* Forekomst og Udbredelse i danske Jorder og over dens Forhold til Jordens Kulturtilstand. — Da de ikke særlig mange Undersøgelser, som jeg hidtil har kunnet foretage, har vist bemærkelsesværdige typiske Forskelligheder indenfor de enkelte Jordarter, skal der i det Følgende gives en kort Meddelelse om Resultaterne, idet jeg forøvrigt forbeholder mig senere, naar jeg har haft Lejlighed til at anstille mere indgaaende Undersøgelser, at komme tilbage til denne Sag.

Som Næringsvædske benyttede jeg følgende af *Beijerinck* foreslaaede Opløsning:

20 Gram Mannit,
0,2 — Dikaliumfosfat (K_2HPO_4),
1000 Ccm. dest. Vand.

Vædsken, der steriliseredes i Autoklave ved 120° , fordeltes i 300 Ccms. Erlenmeyerkolber med 50 Ccm. i hver. Den danner et ca. 12 mm. højt Lag paa Bunden af Kolben og frembyder en særdeles stor Overflade for Luften, et Forhold, der er af væsentlig Betydning for denne udpræget aerobe (iltbehøvende) Organisme. Til hver Kolbe sattes 5 Gram Jord i naturlig Tilstand (ikke tørret), og Kolberne hensattes derpaa i en Thermostat, hvor Temperaturen til Stadighed holdtes ved $25^\circ C$. Hvis Betingelserne for *Azotobacters* Udvikling er gunstige, udvikles der her efter et Par Dages Forløb paa Vædskens Overflade en kraftig, slimet, graa Hinde (se Fig. 1), der overvejende bestaar af *Azotobacter*, men i hvilken der dog ogsaa altid findes en betydelig Mængde andre særlig stavformede Bakterier. (*Radio-bacter*, *Granulobacter* o. a. *Beijerinck*). Hele denne Vegetation skal i det Følgende betegnes „*Azotobactervegetation*“. Efter nogle Dages Forløb farves Hinden brun til sort, et Forhold der særlig karakteriserer *Azotobactervegetation*en. Under

gunstige Vækstbetingelser er denne saa karakteristisk, at dens Tilstedeværelse skønnes udelukkende med Øjet; er Betingelserne derimod mindre gunstige, er det nødvendigt at underkaste Vædsken en mikroskopisk Undersøgelse, da der undertiden kan fremkomme en Belægning, som minder noget om Azotobacter-vegetationen, men som under Mikroskopet viser sig at stamme fra helt andre Organismer.

Hovedparten af de Jordprøver, som jeg har undersøgt, stammer fra et Gødningsforsøg og et Kalkforsøg paa Askov Forsøgsstation. Desuden er der undersøgt en Række andre Jordprøver fra forskellige Egne af Landet, men mest dog fra Steder, hvor Jordens Kulturtilstand har været mig nøje bekendt. Der skal i det Følgende gives en kort Beskrivelse af hele dette Materiale.

A. Jordprøver fra et Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning paa Askov Forsøgsstation.

Dette Forsøg, der paabegyndtes i 1893, har til Formaal at bestemme Værdien af den paa Forsøgsstationen producerede Staldgødning. Forsøget anstilles baade paa Lermarken og Sandmarken. Udbyttet af de Parceller, der faar Staldgødning, sammenlignes med Udbyttet fra ugødede Parceller og fra Parceller, der erholder alsidig Kunstgødning med samme Indhold af Kvælstof, Fosforsyre og Kali som i den anvendte Staldgødning. Samtidig forsøges, i hvilken Grad Udbyttet kan forøges ved Anvendelse af ensidige Kunstgødninger (Chilisalpetar, Superfosfat og Kainit) i Forbindelse med Staldgødning. I Forsøgsstykket er endvidere indlagt 3 enkelte Parceller, der hver især gødes udelukkende med Kvælstof (Chilisalpetar) eller Fosforsyre (Superfosfat) eller Kali (Kainit) i Mængder, der svarer til de, hvori disse Næringsstoffer forekommer i den anvendte Staldgødning. Forsøget er i Lermarken indlagt i følgende 5 Marks Drift: 1) Rug. 2) Rodfrugter. 3) Havre. 4) Kløver og Græs og 5) $\frac{1}{2}$ Kløver og Græs og $\frac{1}{2}$ Vikkehavre. Staldgødningen fordeles med 20000 Pd. til Rug og 30000 Pd. til Rodfrugter, hvilket svarer til 10000 Pd. pr. Td. Ld. pr. Aar. Den tilsvarende Mængde Kunstgødning 280 Pd. Chilisalpetar, 150 Pd. 20% Superfosfat og 300 Pd. Kainit gives aarlig til hver Afgrøde. I Sandmarken er For-

søget indlagt i en 4 Marks Drift: 1) Bælgsæd eller Kløver og Græs, 2) Rug, 3) Rodfrugter, 4) Havre. Staldgødningen gives her med 10000 Pd. til Rug, 20000 Pd. til Rodfrugter og 10000 Pd. til Havre, medens Kunstgødning anvendes i samme Mængder og paa samme Maade som i Lermarken. Hvor Kunstgødningen paa begge disse Steder gives som Tilskud til Staldgødningen anvendes Halvdelen af de angivne Mængder. Foruden fra dette Forsøg er der udtaget et Par Jordprøver fra et andet Forsøg, ved hvilket der er anvendt en større Mængde Staldgødning (15000 Pd. pr. Td. Ld. pr. Aar.). Hele dette Forsøg har nu været i 12 Aar, i hvilken Tid de enkelte Parceller altsaa stadig er behandlede paa samme Maade. I Foraaret 1905 blev Halvdelen af hver Parcel gødet med kulsur Kalk i en Mængde, der svarede til 50 Centner pr. Td. Ld. — Udbyttet af de enkelte Parceller har, som det var at vente, været højst forskelligt, ligesom der ogsaa viser sig store Forskelligheder i Jordens Karakter.

a. Forsøget paa Lermarken.

- Nr. 1. 10000 Pd. Staldgødning.
- 2. Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter.
- 3. Superfosfat.
- 4. Kainit.
- 5. Chilisalpeter.
- 6. Ugødet.
- 7. 10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat.
- 8. 10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat + Kalk.
- 9. 15000 Pd. Staldgødning.
- 10. 15000 Pd. Staldgødning + Kalk.

b. Forsøget i Sandmarken

- Nr. 11. 10000 Pd. Staldgødning.
- 12. Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter.
- 13. Superfosfat.
- 14. Kainit.
- 15. Chilisalpeter.
- 16. Ugødet.
- 17. 10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat.
- 18. 15000 Pd. Staldgødning.

B. Jordprøver fra et Forsøg med Kalk som Forebyggelsesmiddel mod Kaalbroksvamp.

Forsøget er anlagt i 1902 paa Askov Lermark og har nu været i 3 Aar. Der er udtaget Prøver fra en Parcel, der ikke har faaet Kalk, og fra en, der i hvert af de 3 Aar er tilført Kalk i en Mængde, der svarer til 60 Centner pr. Td. Ld.

- Nr. 19. Med Kalk.
— 20. Uden Kalk.

C. Jordprøver fra Frammerslev pr. Jebjerg.

Disse Prøver er udtagne indenfor et Omraade af ca. $\frac{1}{2}$ Kvadratmil og stammer fra Jorder af meget forskellig Beskaffenhed.

- Nr. 21. God lermuldet Jord (Brak) i stærk Gødningskraft. For 15—20 Aar siden blev Jorden stærkt merglet.
- 22. Lermuld. Prøven er udtaget fra et mindre Areal (permanent Græsmark), der ligger tæt op mod en Gaardsplads. Regnvandet, der samles i Gaarden og som ofte indeholder en betydelig Mængde udvadsket Møgsaft, er gennem et Tidsrum af mere end 40 Aar ledet over Arealet. Vegetationen, der næsten udelukkende bestaar af Græsser, er derfor overmaade yppig.
- 23. Opdyrket Hedejord. Lerblandet Sandmuld. Opdyrkingen fandt Sted for ca. 40 Aar siden, og der anvendtes da en betydelig Mængde Mergel. Jorden, der maa betegnes som meget fattig, har aldrig faaet Staldgødning, og af kunstige Gødninger er der en Gang i Omdriften (hvert 8. Aar) anvendt ringe Mængder af Superfosfat.
- 24. Opdyrket Hedejord. Lettere og endnu mere fattig end den ovenfor omtalte Jord. Behandlingen som ved denne.
- 25. Opdyrket Hedejord. Kold, fugtig og meget fattig Sandmuld. Opdyrket og merglet for ca. 40 Aar siden.
- 26. Mergel fra det øverste Lag (indtil 2 Tommer) af en Mergeldyngde, der har henligget uberørt i et Par Aar.
- 27. Lyngskjold fra et Stykke Hedejord, der ligger lige op til den Jord, hvorfra Prøve Nr. 24 er taget.

D. Prøver af Skovjord.

- Nr. 28. Meget sur og uformuldet Bøgemor fra Bregentved.
 — 29. Bøgemor fra Bregentved (mere formuldet).
 — 30. God Skovmuld fra Rungsted. (Let Lermuld.).

E. Forskellige Jorder.

- Nr. 31. Lermuld fra Lyngby Forsøgsstation.
 — 32. Meget frugtbar Lermuld fra Landbohøjskolens Have.
 — 33. — — — — — Demonstrationsmark.
 — 34. Lermuld fra Aarslev Forsøgsstation.
 — 35. Lermuld fra Vium Mølle pr. Jebjerg. I mere end 50 Aar er der paa Gaarden drevet stærk Fedning af Stude, og Jorden er derfor i meget stærk Gødningskraft og overmaade frugtbar. Prøven er udtaget fra en Brakmark.
 — 36. Sur Kærjord fra Nørreskovgaard pr. Hals.
 — 37. Brændt — — — — — . Jordprøven er udtaget fra et Areal, som afbrændtes i 1904 og i 1905 bar en meget rig Rugafgrøde.
 — 38. Vadskejord fra Horslunde Saftstation ved Nakskov, Lermuld. Prøven er taget fra en større Jorddyngge, der bestod af den fra Sukkerroerne afvadskede Jord.
 — 39. Lermuld fra en Rugmark i Ejelstrup pr. Helsingø.

Prøverne udtoges i Tidsrummet fra August 1905 til midt i Januar d. A.

Prøverne fra Askov er udtagne paa den Maade, at man fra forskellige Steder af Parcellerne og indtil en Dybde af 3 Tommer har udtaget smaa Partier, der sammenblandedes omhyggelig. En mindre Del heraf bragtes paa Pulverglas og indsendtes til Laboratoriet. Fra de øvrige Steder er Prøverne samlede indenfor et mindre Omraade (ca. $\frac{1}{4}$ Td. Ld.) og udtagne i samme Dybde som Askovprøverne.

De enkelte Jordprøvers Basicitet og Reaktion bestemtes kvalitativt henholdsvis ved Overhældning med fortyndet Saltsyre og ved Behandling med fortyndet Lakmustinktur. (Se foran S. 164).

Resultatet af Undersøgelsen over alle disse Jorders Forhold overfor den foran omtalte Næringsvædske, samt over deres Basicitet og Reaktion fremgaar af følgende Tabel.

Forsøg a. Tabel III.

Nr.	Podejord			Azotobacter-vegetation*)	
	Art og Udtagningssted	Brusning med Syre (Basicitet)	Reaktion	Efter 5 Dage	Efter 10 Dage
A. a. Gødningsforsøget paa Askov Lermark.					
1	10000 Pd. Staldgødning ...	ingen	neutral	0	0
2	Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter	ingen	neutral	0	0
3	Superfosfat	ingen	neutral	0	0
4	Kainit	ingen	neutral	0	0
5	Chilisalpeter	ingen	neutral—svag alk.	(+)	(+)
6	Ugødet	ingen	neutral	0	0
7	10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat	ingen	neutral	0	0
8	10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat + Kalk	temmelig stærk	alkalisk	(++++)	(++++)
9	15000 Pd. Staldgødning ...	ingen	neutral	0	0
10	15000 Pd. Staldgødning + Kalk	temmelig stærk	alkalisk	(++++)	(++++)
A. b. Gødningsforsøget paa Askov Sandmark.					
11	10000 Pd. Staldgødning ...	ingen	neutral	0	0
12	Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter	ingen	neutral	0	0
13	Superfosfat	ingen	neutral	0	0
16	Ugødet	ingen	neutral	0	0
17	10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat	ingen	neutral	0	0
B. Forsøg med Kalk.					
19	Med Kalk	stærk	alkalisk	(+++)	(++++)
20	Uden Kalk	ingen	neutral—svag sur	0	0

*) Graden af Azotobactervegetationens Udvikling udtrykkes ved følgende Tegn: 0, (+), (++) , (+++), (++++), der betegner henholdsvis: ingen, svag, temmelig stærk, kraftig og meget kraftig Azotobactervegetation.

Forsøg a. Tabel III.

Nr.	Podejord			Azotobacter-vegetation	
	Art og Udtagningssted	Brusning med Syre (Basicitet)	Reaktion	Efter 5 Dage	Efter 10 Dage
C. Frammerslev pr. Jøbjerg					
21	Lermuld (Brak)	svag	neutral—svag alk.	(+++)	(++++)
22	Lermuld (overrislet med Gødningsvand)	svag	alkalisk	(++)	(+++)
23	Opdyrket Hedejord	temmelig stærk	alkalisk	0	0
24	Opdyrket Hedejord	ingen	neutral—svag alk.	0	0
25	Opdyrket Hedejord	svag	neutral—svag alk.	(+)	(++)
26	Mergel	mg.stærk	st. alk.	0	0
27	Lyngskjold	ingen	sur	0	0
D. Skovjord.					
28	Bøgemor fra Bregentved..	ingen	sur	0	0
29	do. ..	ingen	sur	0	0
30	God Skovmuld fra Rungsted	ingen	svag sur	0	0
E. forskellige Jorder.					
31	Lermuld fra Lyngby Forsøgsstation	ingen	neutral	0	0
32	Lermuld fra Landbohøjskolen's Have	meget stærk	alkalisk	(++++)	(++++)
33	Lermuld fra Landbohøjskolen's Demonstrationsmark	temmelig stærk	svag alkalisk	(++++)	(++++)
34	Lermuld fra Aarslev Forsøgsstation	ingen	neutral—svag sur	0	0
35	Lermuld fra Vium Mølle .	svag	svag alk.	(++++)	(++++)
36	Kærjord fra Nørreskovgd.	ingen	sur	0	0
37	Brændt Kærjord fra —	svag	alkalisk	(+)	(++)
38	Lermuld (Vadskejord fra Horslunde Saftstation) ..	stærk	stærk alkalisk	(++++)	(++++)
39	Lermuld fra Ejelstrup	ingen	neutral	0	0

Det fremgaaer heraf, at Azotobacter ikke er saa almindelig udbredt, som man efter de hidtidige Opgivelser kunde have Grund til at vente, og endvidere synes det at fremgaa, at Udviklingen af Azotobactervegetationen staaer i ret nøje Sammenhæng med Jordens Basicitet (og Reaktion). Ikke alene udvikles der ikke nogen Azotobactervegetation i de Kolber, der indeholder den sure Skovmor eller Lyngskjold, men den træffes overhovedet ikke i de Kolber, der er podet med Jord, som ved Overhældning med Syre ikke har givet nogen Kulsyreudvikling. Der er her særlig Anledning til at henvise til Jordprøverne fra Kalkforsøgene i Askov. Medens Jord fra Kalkparcellerne (Nr. 8, 10 og 19) altid giver Anledning til Udviklingen af en meget kraftig Azotobactervegetation, forekommer denne aldrig, naar

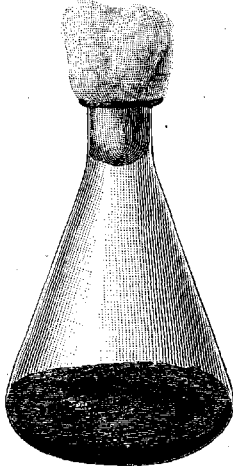


Fig. 1.
Jord Nr. 19.
(Med Kalk).

Vædsken er podet med ukalket Jord. (Se Fig. 1 og 2). Endvidere er det ret interessant at lægge Mærke til, at der ved Brændingen af Kærjorden fra Vendsyssel er skabt Betingelser for en om end ikke særlig kraftig Azotobactervegetation. — Jord Nr. 23 (Opdyrket Hedejord) og Nr. 26 (Mergel) danner Undtagelser fra Regelen om, at der udvikles Azotobactervegetation naar Pødejorden er basisk. Jeg skal senere (S. 184) komme tilbage til at omtale og forklare dette afvigende Forhold.

For nu at afgøre om det virkelig er Manglen paa basiske Stoffer og spec. kulsur Kalk, der har bevirket, at saa mange af de undersøgte Jorder ikke har kunnet fremkalde nogen Azotobactervegetation, har jeg forsøgt at pøde en Del af disse Jorder over i en Opløsning, der foruden Mannit og Kalifosfat ogsaa indeholder kulsur Kalk, (2 Gram pr. Liter) og til Sammenligning hensat en Række

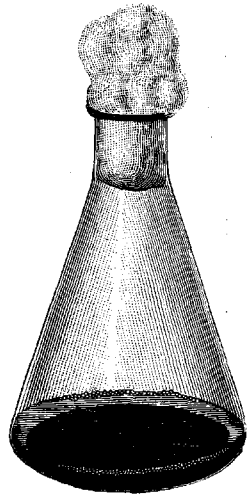


Fig. 2.
Jord Nr. 20.
(Uden Kalk).

Kolber med en Næringsvædske af samme Sammensætning (uden Kalk) som ved Forsøg a. Alle Kolberne podedes med en betydelig Mængde af en Azotobacterraakultur, dels for at være sikker paa, at et eventuelt negativt Resultat ikke skyldtes en tilfældig Fraværelse af Azotobacter, og dels for at belyse det saa overmaade vigtige principielle Spørgsmaal, om det særlig er selve Jordens Tilstand, der er betingende for Azotobactervegetationens Udvikling eller om denne overvejende bestemmes af den tilfældige Tilstedeværelse af et større eller mindre Antal Azotobacterorganismer.

Tabel IV. viser Resultatet af denne Undersøgelse.

Det ses af denne Undersøgelse, at man i alle Tilfælde — selv ved den sure Bøgemor — ved Tilførsel af kulsur Kalk har skabt Betingelser for en yppig Azotobactervegetation, og at Podning med Azotobacterraakultur har været aldeles virkningsløs, naar Vædsken ikke indeholdt Kalk.

Dette Resultat stemmer godt overens med Resultatet af en Undersøgelse, som *Gerlach* og *Vogel* har foretaget til Belysning af Azotobacters Forhold til forskellige mineralske Næringsstoffer*), og af hvilken det fremgik, at der ikke foregaar nogen Udvikling af Azotobacter eller nogen Kvælstofassimilation i en Vædske, der ikke indeholder Kalk (Ca CO_3).

Man kunde nu tænke sig at denne Podning i Forsøg b var unødvendig, naar man sørgede for de gunstigst mulige Livsbetingelser for Azotobacter, idet der var nogen Sandsynlighed for, at enhver Jord altid vil indeholde i det mindste nogle enkelte Azotobacterindivider, som kan danne Grundlaget for Azotobactervegetationen. Til Belysning af dette Spørgsmaal har jeg anstillet følgende lille Forsøg, hvis Anstilling og Resultater fremgaar af Tabel V.

Podningen med Azotobacter har ved dette Forsøg givet et meget kraftigt Udslag. I Kolberne med Jord fra Ejelstrup er der slet ikke udviklet nogen Azotobactervegetation i de upodede Kolber, og i de, der indeholder Jord fra Lyngby, indtræder en saadan først 5 Dage efter Podningen og kun i den ene af Kolberne, hvad der tyder paa, at der enten kun har været

*) Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Abl. II. Bd. 10. p. 636.

Forsøg b. Tabel IV.

Podejord		Azotobactervegetation														
		Mannit + Kalifosfat						Mannit + Kalifosfat + kulsur Kalk								
Nr.	Art og Udtagningssted	1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage	10 Dage	1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage	10 Dage	
	A. a. Gødningsforsøget paa Askov Lermark.															
5	a. Superfosfat	0	0	0	0	0	0	0	0	(++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
4	b. Kainit	0	0	0	0	0	0	0	0	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
6	c. Ugødet	0	0	0	0	0	0	0	0	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
16	Sandmuld fra Askov.....	0	0	0	0	0	0	0	0	(+)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
28	Bøgemor fra Bregentved.....	0	0	0	0	0	0	0	0	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
30	Skovmuld fra Rungsted.....	0	0	0	0	0	0	0	0	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
31	Lermuld fra Lyngby.....	0	0	0	0	0	0	0	0	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
34	Lermuld fra Aarslev.....	0	0	0	0	0	0	0	0	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)

Forsøg c. Tabel V.

Næringsvædske: Mannit + Kalifosfat + kulsur Kalk.

Podejord		Azotobactervegetation													
		Podet med Azotobacteraakultur						Upodet							
Nr.	Art og Udtagningssted	1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage	10 Dage	1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage	10 Dage
31	Lermuld fra Lyngby														
	Kolbe a.	0	(++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	0	0	0	0	0	0	0
	Kolbe b.	0	(++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	0	0	0	0	(++)	(++)	(++)
39	Lermuld fra Ejelstrup														
	Kolbe a.	0	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	0	0	0	0	0	0	0
	Kolbe b.	0	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	0	0	0	0	0	0	0

ganske faa Azotobacterindivider til Stede, eller ogsaa at Jorden er bleven inficeret i Laboratoriet. Særlige Forsigtighedsforanstaltninger for at undgaa tilfældig Infektion er ved alle de her og i det Følgende omtalte Undersøgelser ikke trufne. Fraværelse af Azotobacter er ogsaa Grunden til, at der i Forsøg a ikke er fremkommet nogen Azotobactervegetation ved Podning med Jordprøverne Nr. 23 og 26, der begge giver Luftudvikling ved Overhældning med Syre. (Se S. 179). Poder man nemlig med Azotobacter udvikles der i begge Tilfælde en kraftig Vegetation. Grunden til Azotobacters Fraværelse skyldes saaledes ikke Mangel paa Kalk, men maa forklares ved, at der har manglet andre for denne Organismes Udvikling nødvendige Betingelser.

Der meldte sig nu det Spørgsmaal, om Azotobacter kun kan udnytte Kalk som Karbonat eller om andre Kalkforbindelser kan træde i Stedet. Jeg har herover kun haft Lejlighed til at anstille nogle faa orienterende Undersøgelser. Af disse fremgaar det imidlertid, at sekundært Kalciumfosfat samt Kalk i Forbindelse med organiske Syrer som Citron- og Mælkesyre afgiver en udmærket Kalknæring for Azotobacter, hvorimod Gibs (svovlsur Kalk) og Klorcalcium samt trebasisk fosforsur Kalk ikke synes at kunne tjene som Næringsemne for denne Organisme. Kulsur Magnesia synes fuldt ud at kunne erstatte kulsur Kalk, medens de kulsure Alkalier ikke i ringeste Grad kan erstatte kulsur Kalk eller Magnesia. Det, at fosforsur Kalk og mælke- og citronsur Kalk giver Anledning til en ligesaa yppig Udvikling af Azotobacter som kulsur Kalk, viser at dette Stof virker direkte som Kalknæring og ikke, som der kunde være nogen Grund til at antage indirekte ved at gøre Substratet (Mannitopløsningen og Jorden) svag alkalisk, Forsøg med at gøre Vædsken alkalisk med vekslende Mængder af Kalihydrat og Kaliumkarbonat har i intet Tilfælde givet noget positivt Resultat.

For Udviklingen af Azotobactervegetationen i Forsøg a har dog kun kulsur Kalk og mulig kulsur Magnesia spillet nogen større Rolle, da Kalk i de andre for Azotobacter tilgængelige Forbindelser næppe kan antages at have være til Stede i saa stor Mængde i Pødejorden, at den har kuunet faa nogen større Betydning for Azotobacterproduktionen.

Det synes da, som man ud fra disse Resultater vil være i Stand til at udarbejde en biologisk Metode til kvalitativ Bestemmelse af Jordens Basicitet, spec. dens Indhold af kulsur Kalk. Metoden, der er meget simpel, bestaar blot i at pøse en bestemt Mængde Jord (5 Gr. paa 50 Ccm. Vædske) tilligemed lidt af en Azotobacterraakultur over i en Vædske, der indeholder Mannit og Kalifosfat, og som frembyder en forholdsvis stor Overflade for Luften, henstille Kolberne i en Thermostat, hvor Temperaturen holdes ved 25° og iagttage Udviklingen af Azotobactervegetationen. Eksakte talmæssige Udtryk for Jordens Basicitet faar man naturligvis ikke ved denne Metode, men der er maaske dog nogen Sandsynlighed for, at den kan give et godt Udtryk for Jordens Kalktrang, et Spørgsmaal, der dog først kan afgøres, naar den er bragt i Forbindelse med lokale Kalkningsforsøg.

Men selv om der under de her skildrede Forhold udvikles en yppig Azotobactervegetation, er det dog ikke givet, at der ogsaa er gode Betingelser for en saadan ude i selve de Jorder, hvorfra Prøverne stammer, idet man kunde tænke sig, at der der var Mangel paa andre af de Næringsstoffer, som i den omtalte Næringsvædske bydes Bakterierne i Form af Kalifosfat og Mannit. — De meget kraftige Udslag, som de foran beskrevne Forsøg har givet for Kalk, opfordrede stærkt til en Undersøgelse over, om man paa lignende Maade kunde naa at faa et Udtryk for Jordens Indhold af andre mineralske Næringsstoffer i en for Azotobacter tilgængelig Form og specielt da Fosforsyre og Kali.

Gerlach og *Vogel* har i deres foran omtalte Undersøgelse paavist, at foruden Kalk ogsaa Fosforsyre er absolut nødvendig for Azotobacters Udvikling, hvorimod Kali ikke er noget nødvendigt Næringsstof for denne Bakterie men dog virker meget fremmende paa dens Vækst og Kvælstoffassimilation.

Paa samme Maade, som jeg i Forsøg a har prøvet, hvorledes de forskellige Jorder forholder sig ved Overpødning i en Næringsvædske, der ikke indeholdt Kalk, søgte jeg nu at konstatere dens Forhold overfor en Vædske, der af mineralske Næringsstoffer kun indeholdt kulsur Kalk (2 Gr. pr. Liter) men

Forsøg d. Tabel VI.

Podejord.		Azotobactervegetation						
		Mannit + kulsur Kalk						
Nr.	Art og Udtagningssted	1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage	10 Dage
A. a. Gødningsfors. på Askov Lermark.								
1	10000 Pd. Staldgødn.	0	0	0	0	0	0	0
2	Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter ..	0	0	0	0	0	0	0
3	Superfosfat	0	0	0	0	0	0	0
4	Kainit	0	0	0	0	0	0	0
5	Chilisalpeter	0	0	0	0	0	0	0
6	Ugødet	0	0	0	0	0	0	0
7	10000 Pd. Staldgødn. + Superfosfat	0	0-(+)	0-(+)	(+)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)
8	10000Pd.Staldgødn.+ Superfosfat +Kalk	0	0-(+)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)
9	15000 Pd. Staldgødn.	0	0	0-(+)	0-(+)	0-(+)	(+)	(+)
10	15000 Pd. Staldgødn. + Kalk	0	0	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)	(+)-(++)
A. b. Gødningsfors. paaAskovSandmark.								
11	10000 Pd. Staldgødn.	0	0-(+)	(+)	(+)-(++)	(+)-(++)	(++)	(++)
12	Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter ..	0	(+)	(+)-(++)	(++)	(++)	(++)	(++)
13	Superfosfat	0	(+)	(+)-(++)	(++)	(++)	(++)	(++)
14	Kainit	0	0	0	0	0	0	0
15	Chilisalpeter	0	0	0	0	0	0	0
16	Ugødet	0	0	0	0	0	0	0
17	10000 Pd. Staldgødn. + Superfosfat	0	(+)	(+)-(++)	(++)	(+++)	(+++)	(+++)
18	15000 Pd. Staldgødn.	0	(++)	(++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
C. Frammerslev pr. Jebjerg.								
21	Lermuld (Brak)....	0	(++)	(++)	(++)	(+++)	(+++)	(+++)
22	Lermuld (Overrislet m. Gødningsvand).	0	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
23	Opdyrket Hedejord .	0	0	0	0	0	0	0
D. Skovjord.								
30	Skovm. fra Rungsted	0	0	0	0	0	0	0
E. Forskellige Jorder.								
31	Lermuld fra Lyngby	0	0	0	0	0	0	0
32	Lermuld fra Landbohøjskolens Have..	0	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)
33	Lermuld fra Landbohøjskolens Demonstrationsmark	0	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
34	Lermuld fra Aarslev	0	0	0	0	0	0	0
35	Lerm. fra Vium Mølle.	0	(++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)
39	Lermuld fra Ejelstrup	0	0	0	0	0	0	0

ikke Kalifosfat. Til Sammenligning podedes de enkelte Jorder over i en Vædske, der indeholdt alle 3 mineralske Næringsstoffer. Forsøgets Anstilling var forøvrigt som ved Forsøg b, og ligesom der podedes alle Kolberne med Azotobacterraa-kultur. Der benyttedes her som overalt mindst 2 Fælleskolber, hvis Resultater altid stemte godt overens.

Undersøgelsens Resultat fremgaar af Tabel VI.

Ligesom man i Forsøg a og b ser Azotobactervegetationen reagere overfor Tilstedeværelsen af Kalk, ser man den her, men dog i noget mindre udpræget Grad reagere overfor Substratets Indhold af Fosforsyre og Kali.

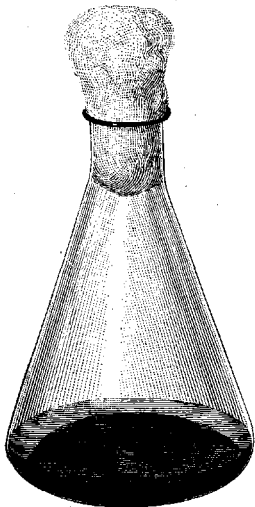


Fig. 3.
Jord Nr. 5.
(Chilisalpeter).

Hvad først Podematerialet fra Gødningforsøget paa Askov Lermark angaar, da viser det sig, at der først fremkommer Azotobactervegetation ved Podning med Jord fra de stærkest gødede Parceller (10000 Pd. Staldgødning + Superfosfat og 15000 Pd. Staldgødning). Vegetationen er dog her temmelig svag, men Forskellen mellem disse stærkt gødede Jorder og de øvrige er imidlertid særdeles tydelig.

Ved Undersøgelsen over disse Jorders Forhold overfor Mannitopløsningen er der forøvrigt fremkommet et andet særdeles interessant Forhold. I Tabellens 10. Kolonne er der gjort Optegnelser over Graden af Mannitforgæringen i den Næringsvædske,

der foruden Mannit kun indeholder kulsur Kalk, og af disse fremgaar det, at Jord fra de ugødede Parceller og fra Kainitparcellerne kun har formaaet at fremkalde en meget svag Mannitforgæring og at der ved Podning med Jord fra Chilisalpeterparcellerne overhovedet ikke er fremkommen nogen Gæring i Mannitten. (Se Fig. 3). Vædsken har her et fuldstændigt sterilt Udseende og er ganske lugtløs. Ved Podning med de øvrige Jordprøver indtræder der en særdeles kraftig Gæring, der ytrer sig ved en stærk Skumdannelse (Fig. 4) og stærk smørsyreagtig Lugt. At disse Forskelligheder refererer sig til et forskelligt Indhold af Fosforsyre eller Kali eller mulig af begge disse Stoffer ses

deraf, at der ved Tilsætning af Kalifosfat i alle Tilfælde indtræder en meget stærk Gæring. (Se Tabellens sidste Kolonne). Jeg skal senere komme tilbage til en nærmere Omtale af dette Forhold.

I Gødningsforsøget paa Askov Sandmark træder Forskellen i Udviklingen af Azotobactervegetationen tydeligere frem, og denne kan i de stærkest gødede Stykker og i det Stykke der er gødet udelukkende med Superfosfat endog betegnes som „kraftig“. At Vegetationen bliver kraftigere ved Podningen

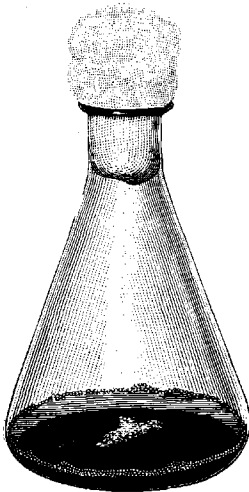


Fig. 4.
Jord Nr. 3.
(Superfosfat).

med Jord, der er gødet udelukkende med Superfosfat, end med Jord, der har faaet alsidig Kunstgødning (Superfosfat, Kainit og Chilisalpeter) eller Staldgødning (Nr. 11) maa vel for det første forklares derved, at Fosforsyre spiller en særlig Rolle for Udviklingen af Azotobacter, og endvidere ved at Planteproduktionen i Aarenes Løb har bortført en større Mængde Plantenæring (spec. Fosforsyre) fra de alsidig gødede Parceller end fra Superfosfatparcellerne, da Mangelen paa Kali og Kvælstof her har sat en meget snæver Grænse for Planteproduktionens Størrelse. De samme udprægede Forskelle i Mannitforgæringen, som forefandtes ved Forsøget i Lermarken træffes ikke i Sandmarken, hvor Jord fra saavel de ugødede Parceller, som fra Kainit og Chilisalpeterparcellerne fremkalder en kraf-

tig Forgæring af Mannitten.

Af Tabellen fremgaar det endvidere, at de forskellige andre undersøgte Jorder forholder sig meget forskelligt overfor Fraværelse af Kalifosfat i Næringsvædsken. Medens Jorderne Nr. 21 (Brakjord fra Frammerslev) 22 (Lermuld, overrislet med Gødningvand) 32 (Lermuld fra Landbohøjskolens Have) 33 (Lermuld fra Landbohøjskolens Demonstrationsmark) og 35 (Lermuld fra Vium Mølle), der alle er i stærk Gødningskraft, fremkalder en kraftig til meget kraftig Azotobactervegetation uden Tilstedeværelse af Kalifosfat i Næringsvædsken, er de øvrige mer eller mindre fattige Jorder ikke i Stand til at udvikle en saadan,

Forsøg e. Tabel VII.

Podejord		Azotobactervegetation										Forgæring af Mannitten
		1. Mannit + kulsur Kalk		Forgæring af Mannitten	2. Mannit + kulsur Kalk + Kalkfosfat						Forgæring af Mannitten	
Nr.	Art og Udtagningssted	5 Dage	10 Dage		1 Dag	2 Dage	3 Dage	4 Dage	5 Dage	7 Dage		10 Dage
	A. a. Gødningsforsøget paa AskovLermark.											
1	10000 Pd. Staldg.	0	0	meget stærk	0	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	meget stærk
2	Superf., Kainit o. Chilisalpeter .	0	0	meget stærk	0	(++)	(++)	(+++)	(+++)	(++++)	(++++)	do.
3	Superfosfat	0	0	stærk	0	(+)	(++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	do.
4	Kainit	0	0	meget svag	0	(+)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	do.
5	Chilisalpeter ..	0	0	ingen	0	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	do.
6	Ugødet	0	0	meget svag	0	(+)	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	do.
7	10000 Pd. Staldg. + Superfosfat.	(+)-(++)	(+)-(++)	meget stærk	0	(++)	(+++)	(++++)	(++++)	(++++)	(++++)	do.

Det var nu af Vigtighed at faa afgjort, hvilken Rolle hvert især af de 2 i Kalifosfat indeholdte Næringsstoffer spiller for Udviklingen af Azotobactervegetationen, og for at belyse dette Spørgsmaal anstilledes en ny Række Forsøg.

Der anvendtes til denne følgende Næringsvædsker.

- | | | | | |
|----|--------|---|-------|--------------------------------------|
| 1. | Mannit | + | Kalk. | |
| 2. | — | + | — | +sekundært Kalkfosfat (1 Gr. pr. L.) |
| 3. | — | + | — | +Klorkalium (0,3 Gr. pr. Liter). |
| 4. | — | + | — | +sekundært Kalkfosfat + Klorkalium. |

Som det vil ses er der her anvendt Fosforsyre i sekundært Kalkfosfat i Stedet for som ved de øvrige Undersøgelser i Dikaliumfosfat, der ved denne Undersøgelse, hvor det gælder om at holde Virkningen af Kali og Fosforsyre ude fra hinanden, ikke kan benyttes. Da Natrium kan antages i hvert Fald til en vis Grad at kunne erstatte Kali, har jeg ikke villet anvende Natriumfosfat, og har da valgt sekundært Kalkfosfat, der i Følge *Gerlach* og *Vogels* Undersøgelser og nogle egne orienterende Forsøg har vist sig at være en udmærket Fosforsyrenæring for Azotobacter. Forsøget anstilledes forøvrigt paa samme Maade som det forrige. Som Podemateriale benyttedes Jordprøver fra Gødningsforsøget paa Askov Lermark.

Foranstaaende Tabel VII. viser Resultaterne.

Det fremgaar heraf, at der i Næringsvædske Nr. 2, der foruden Mannit og Kalk kun indeholder Fosforsyre, i alle Tilfælde fremkommer en meget kraftig Azotobactervegetation, hvorimod der i Næringsvædske Nr. 3, der foruden Mannit og Kalk kun indeholder Kali, ikke er det ringeste Udslag for dette Stof. At Kali udøver en vis fremmede Indflydelse paa Udviklingen af Azotobacter synes dog at fremgaa ved en Sammenligning mellem de enkelte Jorders Forhold til Vædske Nr. 2 og 4.

Herefter kan man slutte, at Udslagene for Kalifosfat i Forsøg d udelukkende eller i hvert Fald ganske overvejende har været Udslag for Fosforsyre. Det er ogsaa Mangel paa dette Stof i en for Azotobacter tilgængelig Form, der har bevirket at Mannitgæringen i Vædske Nr. 1 ved Podning med Jord fra Chilisalpeterparcellerne samt fra de ugødede Parceller og Kainitparcellerne fra Askov Lermark enten helt er udebleven

eller dog kun er bleven meget svag*). (Smilgn. de enkelte Jorders Forhold i Vædske Nr. 1 og 2). Ved denne Undersøgelse er det da lykkedes at skaffe et Udtryk for den Udpining af Fosforsyre, der har været Følgen af i en længere Aarrække helt at undlade at gøde Jorden eller kun at gøde den med Kainit eller Chilisalpeter. At Chilisalpeter anvendt alene i særlig Grad har været i Stand til at udpine Jorden er et Resultat, der stemmer godt overens med Iagttagelser fra selve Forsøget, hvor Chilisalpeterparcellerne nu giver mindre Afgrøder end f. Eks. de ugødede Parceller, og fra det praktiske Jordbrug. Den Omstændighed, at alle andre undersøgte Jorder (selv den fattige Hedejord Nr. 23 Forsøg d) har kunnet give Anledning til en kraftig Forgæring af Mannitten, tyder hen paa at Udpiningen af Fosforsyre ved de 3 omtalte Behandlingsmaader er drevet meget vidt.

Man har ved denne Undersøgelse kunnet konstatere følgende 3 Grader af Fosforsyreindhold i Jordprøverne fra Askov Lermark.

1. Ingen eller kun meget svag Forgæring af Mannitten (Jordprøverne Nr. 4, 5 og 6).
2. Stærk Forgæring af Mannitten, men ingen Azotobactervegetation (Jordprøverne Nr. 1, 2 og 3).
3. Svag Azotobactervegetation i Forbindelse med en meget stærk Forgæring af Mannitten (Jordprøve Nr. 7).

Ligesom jeg ved Undersøgelsen over Azotobactervegetationens Forhold overfor Kalk søgte at skaffe Oplysninger om, hvilke Kalkforbindelser denne kan udnytte, har jeg ved nogle ligeledes kun orienterende Undersøgelser søgt at faa noget at vide om, i hvilken Form Fosforsyren maa være til Stede for at kunne indgaa i Azotobactervegetationen. Af denne Under-

*) Ved Undersøgelse af Jorder efter den Plan, der er anvendt ved Forsøg a, har jeg forøvrigt flere Gange kunnet iagttage nøjagtig tilsvarende Udslag for Kalk. Enkelte af de undersøgte Jorder kunde i den der anvendte Næringsvædske (Mannit + Kalifosfat) ikke fremkalde nogen Forgæring af Mannitten. At Grunden hertil udelukkende var Kalkmangel kunde man let overbevise sig om ved at tilføre Næringsvædsken en ringe Mængde kulsur Kalk idet der da i alle Tilfælde indtraadte en kraftig Mannitforgæring.

søgelse, som jeg haaber senere at kunne faa Lejlighed til at gøre mere fuldstændig, fremgaar det, at Kalium-, Natrium- og Ammoniumfosfatet samt tobasisk fosforsur Kalk meget let udnyttes af Azotobactervegetationen, medens Jerniltefosfat (Ferri-fosfat) og Lerjordsfosfat er meget tungt tilgængelige for denne og trebasisk fosforsur Kalk overhovedet ikke synes at kunne udnyttes.

Den Azotobactervegetation, der udvikles paa Grundlag af Podejordens Indhold af Fosforsyre, bliver derved et Udtryk — ikke for den absolute Fosforsyremængde, men for Mængden af (for Azotobacter) tilgængelig Fosforsyre, et Forhold som forekommer mig at være ret vigtigt, idet det vel kan give noget Haab om ved en Undersøgelse efter det omtalte Princip at kunne skaffe Oplysninger om de enkelte Jorders Fosforsyretrang. — Imidlertid er det jo et uafgjort Spørgsmaal, om Azotobactervegetationens Fosforsyretrang og Bemægtigelsesevne overfor Jordens Indhold af Fosforsyre staar i noget bestemtere Forhold til de dyrkede Planters jo forøvrigt meget forskellige Trang til og Bemægtigelsesevne overfor dette Stof. For at belyse dette Spørgsmaal er det nødvendigt at Metoden, der naturligvis endnu i høj Grad trænger til at udvikles yderligere, bringes i Forbindelse med Gødningsforsøg i Marken.

Sluttelig skal jeg lige henpege paa, at hele dette Undersøelsesprincip jo i høj Grad minder om det, der ligger til Grund for Gødningsforsøg efter den indirekte Metode. Og ligesom ved et Gødningsforsøg saar og høster man og producerer Afgrøder, hvis Størrelse staar i et bestemt Forhold til Jordens Indhold af Plantenæring i en for Vegetationen tilgængelig Form.

Anm. De i denne Afhandling omtalte Hygroskopicitetsbestemmelser og biologiske Jordbundsundersøgelser, som jeg selv har foretaget, er udførte paa Landbohøjskolen paa henholdsvis det agrikulturkemiske og agrikulturbakteriologiske Laboratorium. For den Beredvillighed, hvormed Lederne af disse Laboratorier, Professor Dr. K. Rørdam og Professor Dr. Fr. Weis, har overladt mig Plads og Materiel til disse Undersøgelser, tillader jeg mig at udtale min bedste Tak.

H. R. C.