

Om Jordbundens Kolloider.

Af Axel Garboe.

Vistnok ingen Gren af Naturvidenskaben kan opvise en saa stærk Udvikling i Løbet af et saa kort Spand af Tid som Kolloidkemien. Forskere fra de forskelligste Omraader: Læger, Zoologer, Botanikere, Kemikere, Agrikulturforskere o. s. v. bærer Sten til den ny, store Lærebygning, som Kolloidkemien nu er. Ved den kolloidkemiske Forsknings Resultater kastes der Lys over mange Fænomener, der hidtil har været ret uforklarlige. Dette gælder ikke mindst for Agerdyrkningens Teori. I det følgende skal der gives en Oversigt over, hvad der forstås ved Kolloider; nogle af disses for Agerbruget vigtigste Egenskaber og nogle nye Kolloidforskningsmetoder skal kort omtales samt de kolloidkemiske Anskuelsers Anvendelse til rationel Forklaring af Jordbrugsspørgsmaal af stor praktisk Betydning (Absorption, Mosekultur). — Den Litteratur, der vedrører disse Emner, er saa stor og spredt i saa forskellige, til Dels vanskeligt tilgængelige Tidsskrifter, at der ikke kan være Tale om en fuldstændig Gennemgang af denne her, hvor kun en meget begrænset Plads staar til Raadighed. Da tilmed denne Litteratur ofte bærer den unge, endnu ikke afklarede Videnskabs Præg: at Resultaterne ikke, eller i hvert Fald tilsyneladende ikke stemmer indbyrdes overens, synes det berettiget at fremdrage nogle Hovedpunkter. Paa Dansk foreligger meget lidt vedrørende Jordbundskolloider¹⁾. Her vil udelukkende blive taget Hensyn til Udlandets Forskningsresultater, saa meget mere som de paa dette Omraade indtager en Førerstilling.

¹⁾ I *K. Rørdam*: Geologi og Jordbundslære, III, Jordbundslære, København 1910, behandles Spørgsmaalet kort flere Steder. — *K. Estrup*: Om Kolloidkemi, *Fysisk Tidsskrift* IX, behandler Kolloiderne i Almindelighed.

Hvad forstaas ved Kolloider?¹⁾

Navnet Kolloid er af den engelske Kemiker *Th. Graham* (1805—1869) dannet (af græsk Stamme) for dermed at betegne Stoffer, der i vandig »Opløsning« forholder sig som Lim. Kolloid betyder limlignende. *Graham* mente at kunne dele alle faste Stoffer i 2 Hovedgrupper: 1) Kolloider, 2) Ikke-Kolloider eller Krystalloider. De første kendtes ikke som Krystaller og kunde ikke diffundere gennem dyriske Hinder (Svineblære o. l.). Omvendt med Krystalloiderne. Typer paa Kolloider er: Lim, Dextrin, Æggehvide-stoffer og mange uorganiske Forbindelser, deriblandt Kiselsyre og kiselsure Salte i Jordbunden, hvilke sidste dog først efter *Grahams* Dage er blevne erkendte som Kolloider. Typer paa Krystalloider er: Salte, som f. Eks. Kogsalt (Klornatrium), Kobbervitriol (svovlsurt Kobbertveilt) o. s. v.; organiske Stoffer som Sukker. — Samme Egenskaber som Saltene viser Syrer og Baser i vandig Opløsning (bl. a. Diffusionsevnen). Syrer, Baser og Salte sammenfattes under Navnet Elektrolyter.

Disse Forskelligheder mellem Krystalloider og Kolloider kan illustreres ved følgende Forsøg: Sættes til en vandig Opløsning af et Alkalisilikat (»Vandglas«) et Overskud af fortyndet Saltsyre, faas en Opløsning, hvori der befinder sig kolloid Kiselsyre og Klornatrium (foruden Overskud af Saltsyre).

Tilsyneladende sker der intetsomhelst ved at tilsætte Salt-syren. Den klare Opløsning af »Vandglas« forandrer ikke sit Udseende og gaar i Begyndelsen gennem et Filter. Anbringer man nu Opløsningen af med Saltsyre behandlet Vandglas i en Glas-cylinder, der i den ene Ende er lukket med et Stykke Svineblære, og hænger man derpaa Cylinderen ned i et større Kar med Vand, vil det ikke vare længe, før man i det ydre Kar kan paavise Kogsalt (eller rettere Klorion), idet en Draabe Sølv-nitratopløsning (»Helvessten«) frembringer et hvidt Bundfald eller i hvert Fald en blaalig-hvid Uklarhed i Vandet. Kisel-syren er det derimod umuligt at paavise uden for Glascylinde-

¹⁾ Af Haandbøger i Kolloidkemi kan anbefales: *Wo. Ostwald*: Grundriss d. Kolloidchemie. Dresden 1910. 525 S., udførlige Litteraturangivelser. *V. Pöschl*: Einführung in die Kolloidchemie 1909, en lille Oversigt. — I »Zeitschrift f. Chemie u. Industrie der Kolloide« offentliggøres Originalafhandlinger og Referater fra alle Kolloidkemiens Grene, ogsaa Agrikulturkemiens.

ren. — Ved flittigt at skifte Vandet, hvori den med Svineblære lukkede Cylinder er ophængt, vil tilsidst alt Kogsalt og al Saltsyre gaa gennem Svineblæren og fjærnes. Tilbage er da kun den kolloide Kiselsyre, som ikke kan diffundere gennem Svineblæren. Man kan altsaa ved denne Fremgangsmaade (Dialyse) rense et Kolloid for Krystalloider og Elektrolyter, dog er det vanskeligt at fjærne det sidste Spor af disse. — Lader man en med Saltsyre sønderdelt Vandglasopløsning henstaa, vil (hvis Koncentrationen er tilstrækkelig stor) det hele stivne til en Gelé, der dog ikke, saaledes som f. Eks. Gelatinegelé, kan smeltes ved Ophedning.

Tilsyneladende er der altsaa en dyb Forskel til Stede mellem Kolloider og Krystalloider. Ældre Tidens Kemikere talte om »kolloidale Stoffer« i Modsætning til »krystalloide Stoffer«. Denne Forskel kan ikke længer anerkendes som noget principielt adskillende; thi det har vist sig, at man kan finde de samme Stoffer i kolloid og i krystallinsk Form. Man kan forvandle f. Eks. Krystalloidet Kogsalt til Kolloidet Kogsalt o. s. v. Kolloiderne er da ikke »Stoffer«, men kun en Tilstandsform. At nogle Stoffer, som det nys nævnte Kogsalt, længe kun kendtes krystallinsk, medens andre Stoffer, som Lim, kun kendtes som Kolloid, ligger i, at de Forhold, hvorunder vedkommende Stoffer dannes, begunstiger henholdsvis den krystallinske og den kolloide Tilstandsforms Fremkomst. Ændres Forsøgsbetingelserne, vil ogsaa dette Forhold ændres. Saaledes faas Klornatrium som Kolloid, naar man ved kemiske Omsætninger lader det dannes i Benzol (en organisk Vædske, der bestaar af Kul og Brint), medens det af en vandig Opløsning udskilles krystallinsk.

„Kolloid-Opløsninger“ og „virkelige Opløsninger“.

Som bekendt kan saavel faste som flydende Stoffer længe holde sig svævende i en Vædske, f. Eks. Vand, naar de enkelte Smaadele blot har en tilstrækkelig ringe Størrelse. Rører man Ler ud i Vand, vil de grovere Dele hurtigst synke til Bunds, medens de fineste Smaadele længe giver Vandet et »mælket« Udseende. I det betragtede Tilfælde var det et fast Stof, opslemmet i en Vædske. Man kalder dette en Suspension. Ogsaa Vædske, opslemmet i Vædske (Emulsion) kendes. Et Eksempel

er Mælk (Fedt + Vand). — I begge de betragtede Tilfælde kan man vel ikke se de opslemmede Smaadele hver for sig, men ved Mikroskopets Hjælp bliver det muligt ikke alene at se disse, men ogsaa at se deres Form.

Tænker man sig nu Smaadelene endnu mindre, vil man naa den Grænse, at de ikke mere er synlige i selv nok saa stærke Mikroskoper. Vi er da naaede til Kolloidernes Omraade. Ved Hjælp af det saakaldte Ultramikroskop (konstrueret af *H. Siedentopf & R. Zsigmondy* 1903) kan man gøre Smaadelene synlige som lysende Punkter, men deres Form kan ikke ses.

Bliver Smaadelene i Vædsken endnu mindre, faas en »ægte Opløsning«. Der er altsaa jævne Overgange mellem f. Eks. Kiselsyre i fast Tilstand (f. Eks. Kwartssand¹⁾), opslemmede Kiselsyre-(Sand-)Partikler, kolloid Kiselsyre og virkelig opløst Kiselsyre. For yderligere at præcisere Forholdet, hidsættes denne Oversigt²⁾:

- | | | |
|--|---|--|
| 1) Grove Suspensioner og Emulsioner. Opslemmet, fint Ler; — Mælk o. s. v. De opslemmede Partiklers Størrelse over 0.0001 mm. Deres Tilstedeværelse og Form kan konstateres, i hvert Fald ved Hjælp af Mikroskop. | 2) Kolloider »i Opløsning«. Eksempler se Side 410. Smaadelenes Størrelse ligger mellem 0.0001 mm og ca. 0.000001 mm. Ved Hjælp af Ultramikroskop kan Smaadelenes Tilstedeværelse, men ikke deres Form erkendes. | 3) Virkelige Opløsninger. Smaadelenes Størrelse fra ca. 0.000001 mm nedefter. Kan ikke iagttages med de til Raadighed staaende optiske Hjælpemidler. |
|--|---|--|

De i Rubrik 2 nævnte Smaadele kan være enten faste eller flydende. Kolloider, bestaaende af faste Partikler + Vædske, kaldes Suspensoider (∩: suspension-lignende); Eks.: Klor-natrium, Guld o. s. v. i kolloid Tilstand. Kolloider, bestaaende af flydende Partikler + Vædske, kaldes Emulsoider; Eks.: kolloid Kiselsyre, Æggehvide-stoffer, Gelatine o. s. v.

Kolloidernes Egenskaber.

Foruden Mangelen paa Evne til at diffundere gennem dyriske Hinder har Kolloiderne en Række andre karakteristiske Egenskaber. Da det imidlertid ikke har Betydning for For-

¹⁾ Heri er dog Kiselsyren til Stede som Anhydrid.

²⁾ Hovedsagelig efter *Wo. Ostwald: Grundriss d. Kolloidchemie. Dresden 1910. S. 90.*

staaelsen af det følgende at betragte disse fysiskkemiske Forhold nærmere, skal disse Kolloidegenskaber forbigaaes med Undtagelse af Koagulationsfænomenerne og Absorptionsfænomenerne. — Sætter man til en »Kolloid-Opløsning« lidt af en Elektrolit (Syre, Base eller Salt), vil Kolloidet udfældes. Dette Forhold har Betydning i Naturen. Det er en gammel kendt Iagttagelse, at opslemmet Ler »sætter sig« hurtigere i Vand, der indeholder Elektroliter, end i kemisk rent Vand. Da nu alt Vand i Bække og Floder indeholder større eller mindre Elektrolitmængder, vil Kolloider have Tilbøjelighed til at udfældes her.

Disse Forhold ved Kolloidernes Fældning er imidlertid ret indviklede. Først og fremmest har de forskellige Elektroliter ikke lige stor Virkning, selv om de tilsættes i lige store Vægtmængder. Det kommer an paa Ionernes elektriske Ladning. Dette vil forstaaes af følgende: Kogsalt, f. Eks., anses for i vandig Opløsning at være spaltet (dissocieret) i Natriumioner (Na^+) og Klorioner (Cl^-), saaledes at de første er + elektrisk, de sidste \div elektrisk ladede. Kobbervitriol er ligeledes spaltet, nemlig i Cupriioner (Cu^{++}) og i Sulfation (SO_4^{--}); men Kobberionerne indeholder her en dobbelt saa stor + elektrisk Ladning som Natriumionerne. Og det har nu vist sig, at de første (Cu^{++}) udøver en dobbelt saa stor fældende Virkning som Natriumionerne (*Hardys* Fældningsregel). Denne Regel er almengyldig for alle Ioner, af hvilke nogle er mere end 2 Gange saa stærkt elektrisk ladede som Natriumionerne og derfor har en proportionalt voksende Fældningsevne. — Ogsaa de i »Kolloid-Opløsninger« indeholdte Partikler er elektrisk ladede, snart positivt, snart negativt. Det har nu vist sig, at positivt ladede Kolloider kun fældes af negative Ioner og omvendt (*Schulzes* Fældningsregel).

Yderligere kompliceres Forholdet bl. a. derved, at Spor af Emulsoider (se Side 412) i Opløsningen kan beskytte samtidig tilstedeværende Suspensoider (se Side 412) mod at udfældes af Elektroliter. Man forklarer dette paa følgende Maade: Emulsoiderne er mere »stabile« Kolloider end Suspensoiderne. Sættes nu til et Suspensoid lidt af et Emulsoid, vil dette lægge sig som en Hinde omkring hver af Suspensoidets Partikler, og dette derved ligesom »gaa i Emulsoidets Dragt« og faa dettes Modstandskraft mod Elektrolitfældning. Man betegner saa-

danne Emulsoider, der ved deres Tilstedeværelse i ringe Koncentration hæmmer Elektrolytfældning af Suspensoider, som Stabilisatorer. Kolloid Kiselsyre er en saadan, hvad det er af Betydning at vide; thi denne er meget udbredt, om end i ringe Mængde, i Vandet, der cirkulerer i Jordskorpen og paa Jordens Overflade.

De Sider af Elektrolytfældnings-Spørgsmaalet, der har Betydning for Jordbundslæren, er saaledes ret komplicerede Fænomener.

Den af Kolloidernes Egenskaber, der vel nok har den største Betydning for Agerbruget, er **Kolloidernes Absorption af Stoffer i virkelig Opløsning**, specielt Elektrolyterne. Disse for den kemiske Industri og for Landbruget saa vigtige Fænomener har, i hvert Fald for nogles Vedkommende, været kendte i lange Tider. Men først ved Kolloidkemiens Hjælp er det lykkedes at give en Forklaring, der giver en frugtbar Teori, paa hvilken der kan bygges videre. I øvrigt er Jordbundens Absorptionsevne, der fra det praktiske Liv længe har været vel kendt, søgt forklaret paa forskellig Maade. En af de en Tid almindeligt antagne Teorier er »Zeolithteorien«¹⁾. Her skal nu Absorptionsfænomenerne søges forklarede ud fra kolloidkemiske Synspunkter.

Man kan, hovedsagelig for Overskuelighedens Skyld, skelne mellem 2 Rækker af Fænomener.

A. Har man et fast Stof opslemmet i en virkelig Opløsning, vil denne Opløsnings Koncentration altid være en anden (i Reglen større) i de faste Partiklers umiddelbare Nærhed end andre Steder (*Gibbs Theorem*). Jo flere opslemmede, faste Partikler, der er til Stede i et vist Rumfang af Opløsningen, ρ : med jo større Overflade det opslemmede, faste Stof er fordelt i Opløsningen, desto mere iøjnefaldende vil denne Koncentrationsændring være. Kolloiderne²⁾ vil derfor vise Fænomenet stærkt; thi deler man en vis Vægtmængde af et fast Stof saa ofte, at de herved fremkomne Partikler med f. Eks. Vand danner en »Kolloid-Opløsning« (sml. Oversigten Side 412), vil Overfladen af det faste Stof være vokset i tilsvarende Grad. En Tærning,

¹⁾ Zeolither er vandholdige Silikater, som bl. a. viser ejendommelige Forhold over for Saltopløsninger.

²⁾ For Simpelheds Skyld regnes her kun med Suspensoider; naturligvis kunde det lige saa godt være Emulsoider.

hvis Kantlængde er 1 cm, har en Overflade af 6 cm², medens man ved at dele Tærningen i 1000 Tærninger med Kantlængde 1 mm giver samme Stofmængde et Overfladeareal af 60 cm². Ved yderligere Deling vokser Overfladearealet enormt. — I Sukkerfabrikkerne renser man den brune Sukkersaft ved Hjælp af Benkul, der besidder en stor Overflade, paa hvilken det brune Farvestof samler sig.

Aarsagen til de her skitserede Absorptionsfænomener er forskellige; men i sidste Instans beror de paa Overfladeenergien i det opslemmede, absorberende Stof. Overfladeenergi er overalt til Stede, hvor 2 forskellige Stoffer grænser til hinanden. Denne Energiform er Aarsag til de almindeligt kendte Haarrørsfænomener og til, at en Draabe stræber efter at antage Kugleformen.

B. I de under A omtalte Absorptionsfænomener absorberedes det opløste Stof uden i øvrigt at undergaa nogen Forandring. I mange Tilfælde (men ikke i alle) kunde man igen skille det absorberende og det absorberede Stof fra hinanden og hidbringe ganske samme Tilstand som før Absorptionens Fuldbgyrdelse. I det følgende skal nu omtales en Række Absorptionsfænomener, hvor det absorberede Stof 1) ved Absorptionen undergaaer en Forandring, og hvor tillige det mærkelige Forhold gør sig gældende, 2) at ikke alle Stoffer absorberes lige stærkt, saaledes at Kolloidet af en tilført, blandet Opløsning formaar at udvælge de Stoffer, det har størst Tilbøjelighed til at absorbere, medens Resten vrages. Dette er det gammel kendte Forhold fra den dyrkede Jord, at denne, naar den indeholder »Ler« og »Muld«, formaar at tilbageholde de uorganiske Plantenæringsstoffer, der i stærkt fortyndede, vandige Opløsninger cirkulerer i de øverste Jordlag, idet de dannes ved Forvitring og Opløsning af Jordbundens Mineralpartikler og ved Jordbundsbakteriernes Livsvirksomhed¹⁾. Det gennemsvivende Vand formaar kun langsomt at udvadske de øverste Jordlag, hvori Planterne henter en stor Del af deres Næring. Dog er det saaledes, at ikke alle uorganiske Salte tilbageholdes (absorberes) lige stærkt. Natriumsalte absorberes kun i ringe Grad, Kaliumsalte derimod stærkt. Tilføres der en Opløsning

¹⁾ Om disse se: *Fr. Weis*: i Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 12. Bind, Side 130 og følg.

af Kalium- og Natriumsalte, vil Jordbundens Kolloider »vælge« Kaliumsaltene og »vrage« Natriumsaltene.

Naar der her er talt om, at Kaliumsalte absorberes, er dette ikke ganske korrekt. Det har nemlig vist sig, at Kolloiderne »uddrager Baserne« af de tilførte Saltopløsninger, saaledes at disse, naar de til at begynde med var neutrale, antager sur Reaktion. Af Klorider frigøres Saltsyre, af Sulfater Svovlsyre o. s. v. Tillige har Kolloiderne en Evne til at bringe meget tungt opløselige Salte i Opløsning. Et Eksempel er Raafosfatet (Calciumfosfat), hvoraf Kolloiderne i Jordbunden uddrager Kalk, medens Monocalciumfosfat, der er lettere opløseligt, bliver tilbage. Der iværksættes altsaa af Jordbundens Kolloider (særlig Humusstofferne) ganske det samme som sker i Superfosfatfabrikkerne: af det praktisk talt uopløselige (men i Virkeligheden dog i ringe Grad opløselige) Tricalciumfosfat¹⁾ dannes opløseligt Monocalciumfosfat, der kan optages af de dyrkede Planter. Som det senere skal nærmere omtales, finder denne Opløsning af Raafosfat, Thomasslagge o. lign. i rigelig Grad Sted i Moserne, medens de nævnte Kunstgødningsmidler ikke egner sig til Brug paa almindelig Agerjord. For at den nævnte Kolloidvirkning skal faa nogen Betydning, er eet nemlig fornødent: rigeligt Vand.

En Forklaring paa disse Forhold faas ved den saakaldte elektrolytiske Dissociationsteori (se Side 413). — At Kolloiderne nu har en særlig Tilbøjelighed til at absorbere Baser forklares ved, at deres Partikler meget ofte er \div elektrisk ladede og derfor vil tiltrække de $+$ elektriske Kaliumioner (i det hele Metallet i de simple uorganiske Salte, der udgør Planternes mineralske Næring), medens Klorionerne omsætter sig med Vand, hvorved Brintion dannes, og Opløsningen altsaa kommer til at reagere surt. Kolloiderne »spalter« ikke Saltene, men den hele Proces er et Eksempel paa »specifik Absorption« (der kan oversættes ved »vragende A.«): Ligesom Kali af Kolloiderne vælges fremfor Natron, saaledes vælges Kaliumion fremfor Klorion. Ved denne Forklaringsmaade kastes bl. a. nyt Lys over den kulsure Kalks Nytte i Jordbunden. Skønt Kalk kun i ringe Mængde er nødvendig for Planterne som direkte Næringsmiddel,

¹⁾ Selv moderne kemiske Haandbøger angiver ofte, at Fosforit er Tricalciumfosfat. I Virkeligheden er dette Stof (saavel som Apatit) mere kompliceret bygget. Her kan dog uden Ulempe ses bort fra dette Faktum.

kræves der dog ret betydelige Kalkmængder i den dyrkede Jord, for at denne skal være »sund«. Man har hidtil forklaret dette derved, at den kulsure Kalk neutraliserer »Humussyrer«, dannede ved Plantedeles Forraadnelse, og Salpetersyre, dannet af Salpeterbakterierne, hvorved disses fortsatte Virksomhed muliggøres. Som det siden skal omtales, benægtes Humussyrer Eksistens som frie Syrer af ansete Forskere. Langt rimeligere synes det at antage, at den kulsure Kalks vigtigste Rolle er den: at neutralisere de frie, uorganiske Syrer, dannede af de uorganiske Næringssalte, idet Jordbundskolloiderne har absorberet Baserne. Denne den kulsure Kalks Funktion er af stor Betydning for Jordbundens saa vigtige Bakterieliv; thi Jordbundsbakterierne er følsomme for selv smaa Mængder Syre. Ogsaa for Nitrifikationen har den kulsure Kalk Betydning, ligesom den synes at fremme den baade for højere og lavere Planter gavnlige »gryede Struktur« af de øverste Jordlag.

Den paa de foregaaende Sider givne Fremstilling af Absorptionsfænomenerne i kolloidkemisk Lys maa ikke betragtes som ganske udtømmende. I Virkeligheden er Forholdene meget komplicerede, og alt er endnu ikke helt opklaret¹⁾.

Hvilke Kolloider findes i Jordbunden?

Danmarks Overflade dannes af løse Jordlag, der viser en ret broget Sammensætning. Fra Vestjyllands magre, sandede Jorder til Lollands og Falsters fede Ler er der utallige Overgange. Ogsaa mellem Muldjorden, der endnu kan indeholde betydelige Mængder af Mineralpartikler, og Tørven, der overvejende bestaar af organisk Stof, er der talrige Mellemløser, hvad den kemiske Sammensætning angaar. I fysisk Henseende er de nævnte Typer paa danske Jorder ikke mindre forskellige. Sandet tørres let ud i Modsætning til Leret; Muldjorden er vel rig paa organisk Stof, men ikke »sur« som Mosen i Naturtilstand. Disse de forskellige Jordtypers fysiske Egenskaber betinges for en stor Del af deres Indhold af Kolloider. Her som overalt hører Kolloiderne hjemme i Jordskorpens Forvitningsregion.

¹⁾ Den udenlandske Agrikulturkemiker, der har gjort sig mest fortjent af Studiet af Absorptionsfænomenerne (og Jordbundskolloiderne i det hele), er *J. M. van Bemmelen*. Hans Forskningsresultater, der i en lang Aarrække er offentliggjorte i kemiske og Landbrugs-Tidsskrifter, findes nedlagte i *J. M. van B.*: Die Absorption. Dresden 1910. (Udg. af *Wo. Ostwald*.)

Leret bestaar af: 1) Brudstykker af krystallinske Bjærgarter (Granit etc.) og af de disse sammensættende Mineraler: Kvarts, Feldspat, Augit, Hornblende, Glimmer o. s. v. Talrige er de Mineraler, der i smaa Mængder kan findes i Leret. Kalksten i dennes forskellige Former findes ligeledes ofte i større eller mindre Mængde og er af den største Betydning for Jordens »Sundhed«. 2) Kolloider. Disse er hovedsagelig Aluminium- og Jærnsilikater, Kiselsyre, vandholdigt Jærntveilt og i Lerets øverste Lag, som er bearbejdet for Dyrkningens Skyld, organiske Stoffer (Humus, Muldstoffer). Om de under 1) eller de under 2) nævnte Ler-Bestanddele¹⁾ er de vigtigste, er det vanskeligt at afgøre. Sandheden er vel nærmest den, at begge Grupper, naar de er til Stede i passende indbyrdes Mængdeforhold, skaber en Jordart, der yder Plantevæksten (specielt de dyrkede, højere, grønne Planter) de gunstigst mulige Livskaar. Og det er jo denne Maalsstok, der maa anlægges af Jordbrugeren.

Er de krystallinske Bestanddele de alt overvejende, nærmer Leret sig til det rene Sand, hvis fysiske Beskaffenhed er af den Art, at Jordarten er ufrugtbar, selv om Plantenæringsstoffer ingenlunde behøver at mangle i Sandet. Er paa den anden Side de uorganiske Kolloider dominerende, vil Leret ved Indtørring blive stenhaardt, medens det i vaad Tilstand er klæbrigt og vanskeligt at bearbejde. Planterødderne gennemtrænger det kun med Vanskelighed. Nedbøren synker vanskeligt ned i det. En passende Blanding af Mineralbrudstykker (»Sand«) og Lersubstans (Kolloider) vil saavel i Agerbruget som i Teglværksindustrien give det bedste Resultat.

Muldjorden, hvis store Frugtbarhed i sin Tid gav Anledning til en Teori om, at »Muld« var det vigtigste Plante-næringsstof, indeholder hovedsagelig organiske Kolloider. Det samme gælder Tørvejorden samt Mordannelserne, der med *P. E. Müller* kan betegnes som »en Tørvedannelse paa det Tørre«. At disse to Jordtyper er saa vidt forskellige, er et kompliceret Sammenspil mellem kemiske, fysiske og biologiske Faktorer²⁾. At omtale dette nærmere falder uden for denne

¹⁾ Fra gammel Tid tales om »Lersubstans«. Dette Ord er i det væsentlige ensbetydende med, hvad Nutiden har erkendt som Lerkolloider, hvilke atter i Hovedsagen svarer til »Agerjordens Zeolither« eller »Argilliter«.

²⁾ Se bl. a.: *P. E. Müller*: Studier over Skovjord, I—II, Tidsskrift for Skovbrug, Bd. 3, 1879, og Bd. 7, 1884.

Afhandlings Rammer. Her skal kun Kolloiderne i de nævnte Jordtyper omtales ud fra fysisk-kemiske Synspunkter.

De Jordbundskolloider, det drejer sig om at studere, er, som allerede nævnt, de uorganiske Forbindelser: Kiselsyre og kiselsure Salte af Aluminium og Jærn, vandholdigt Jærntveilte m. m. samt de organiske Humusstoffer, blandt hvilke »Humussyrerne« tiltrækker sig stor Opmærksomhed.

For at studere Jordbundskolloiderne kunde man nu gaa den Vej, at man isolerede disse ved mekanisk at fjærne alle Mineralpartiklerne og ved Dialyse at fjærne eventuelt tilstedeværende, opløste Krystalloider og Elektrolyter. Dette har imidlertid sine store Vanskeligheder, idet Kolloiderne let forandres kemisk under Forsøget paa at isolere dem, ligesom de forskellige Kolloider, der forekommer sammen, vanskeligt kan skilles fra hinanden. *B. Sjollema* har udarbejdet en Metode til ad mekanisk Vej at skille Kolloiderne i Ler fra Mineralfragmenter¹⁾. *Sjollema* baserer sin Metode paa den Kendsgærning, at Kolloiderne er af mindre Vægtfylde end Mineralfragmenterne. Naar man da centrifugerer Ler, udrørt i en Vædske, hvis Vægtfylde er større end Kolloidernes Vægtfylde, men mindre end Mineralfragmenternes, vil kun de sidste slynges til Bunds i den roterende Beholder, medens Kolloiderne svømmer ovenpaa. Oprindeligt²⁾ brugte *S. Thoulets* Vædske (Kvægsølvjodid og Jodkalium i Vand) af Vægtfylde 2.51. Mineralfragmenterne har meget ofte Vf. 2.7—3.0. For at undgaa kemiske Forandringer af Lerets Bestanddele, anbefaler han nu en Blanding af Bromoform og Kloroform af Vf. 2.5—2.7. Trods gentagne Centrifugeringer lykkedes det ikke at befri Kolloiderne fuldstændigt for ganske smaa Kvartskorn, der kunde iagttages mikroskopisk. Det ved Centrifugeringen vundne, hovedsagelig af Kolloider bestaaende Produkt havde Vægtfylde 2.32. — *Sjollemas* Centrifugeringsmetode har ikke faaet almindelig Udbredelse.

Den anden Vej, man kunde gaa ved Studiet af Jordbundens Kolloider, var at fremstille kunstigt de i Leret tilstedeværende Kolloider og studere de herved vundne, rene Produkter nærmere. Denne Vej er fulgt af adskillige Kemikere³⁾. Jordbun-

¹⁾ I sin endelige Form findes denne Metode beskrevet i Journal f. Landwirtschaft, Berlin 1905, S. 70.

²⁾ Chemiker Zeitung, XIX, 1895, S. 2080.

³⁾ *H. Stremme* i Centraltidsskrift f. Geologie etc. 1908, *van Bemmelen* i talrige Afhandlinger i de kemiske og Landbrugs-Tidsskrifter, o. fl. a. Forf.

dens uorganiske Kolloider er ikke særlig vanskelige at fremstille i Laboratoriet. Et Eksempel (Fremstilling af kolloid Kiselsyre) er allerede nævnt Side 410. Men stiller nu Sagen sig allerede ved de uorganiske Kolloider saaledes, at de paa Kunstprodukter fundne Resultater med behørig Kritik bør overføres paa Naturen, saa er dette i endnu højere Grad Tilfældet med de organiske Jordbundskolloider, Humusstofferne. Det fremhæves da ogsaa Gang paa Gang i Litteraturen, at man næppe kan anse de i Handelen gaaende Præparater, der bærer Humusstoffernes Navne og fremstilles ved Indvirkning af Syrer eller Baser paa Sukker o. lign., for virkelig identiske med de i Naturen forekommende Humusstoffer. Saa vigtige disse end er i praktisk Henseende, vides dog kun meget lidt om deres S sammensætning. I 1906 skrev den danske Kemiker S. M. Jørgensen¹⁾: »Muldstoffernes empiriske Formler er usikre, deres Konstitution er ganske ubekendt«. I de siden da forløbne Aar er det ikke lykkedes at opklare disse Stoffers kemiske Bygning; men det synes som Kolloidkemien har bragt Humusstudierne ind paa nye Baner, der saavel for Teori som Praksis sikkert vil vise sig af Betydning²⁾.

I de kemiske Haandbøger finder man Muldstofferne, der opstaar ved Planters Omdannelser efter Døden, delte i: 1) de neutrale Muldstoffer (Humin, Ulmin) og 2) Humussyrer. Af disse to Grupper er »Humussyrerne« de ivrigst studerede, idet de i landøkonomisk Henseende spiller saa stor en Rolle. De ældre Kemikere³⁾ antog, at Humussyre var organiske Syrer, der, som andre Syrer, med Baser dannede Salte, saakaldte Humater. Var en Jordbund »sur« af »Humussyre«, kunde denne neutraliseres ved at give Jorden f. Eks. kulsur Kalk (Mergel etc.). Imidlertid har det længe været kendt, at de humussure Salte ikke har konstant S sammensætning, saaledes som f. Eks. de svovlsure Salte har det — at »Neutralisationen« af »Humussyre« med Baser ikke følger støchiometriske Love, og at Baserne er meget svagt bundne til »Humussyren«. Alt

¹⁾ Lærebog i organisk Kemi. II Udg., Side 580.

²⁾ Ogsaa Humusstoffernes Betydning for Jordens Bakteriefloa studeres. Spørgsmaalet er behandlet af *Harald R. Christensen* i Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 17. Bind, Side 80, og i sammes Referater s. S. af udenlandsk Litteratur.

³⁾ Se *A. Baumann*: Geschichte der Humussäuren. Mitth. der k. bayer. Moorkulturanstalt, Heft 3, 1909.

dette var gaadefuldt, indtil *van Bemmelen* o. a. rent ud erklærede, at »Humussyre« som en organisk Syre, sideordnet med Æblesyre, Vinsyre o. s. v., ikke eksisterer. »Humussyrerne« er Kolloider; »de humussure Salte« er Absorptionsforbindelser, har følgelig ingen konstant Sammensætning og spaltes let igen. Disse Anskuelse om Humussyrernes Kolloid-Natur, for hvilke unægtelig meget taler, hyldes bl. a. af den bayerske Mosekulturanstalt. Dog skal det ikke forties, at andre Forskere endnu ikke føler sig overbeviste¹⁾.

Indtil 1909 har Diskussionen drejet sig om det teoretiske Spørgsmaal: »Er »Humussyre« Syre eller Kolloid?« Med 1910 træder Humusstudierne ud i det praktiske Liv og kræver Højmosekulturen ændret i Overensstemmelse med de nye Forskningsresultater.

Det er et saavel blandt Praktikere som Videnskabsmænd almindelig brugt Udtryk, at Mosejord er sur. Ligesom uorganiske Syrer i vandig Oplysning farver det blaa Lakmuspapir rødt, saaledes er det samme Tilfældet med et vandigt Udtræk af Tørv, hvori man da antog, at (en eller flere forskellige) »Humussyrer« fandtes. Imidlertid har det ved talrige Kemikerens Undersøgelser vist sig²⁾, at Humussyre næppe kan anses for en organisk Syre, der i fri Tilstand er til Stede i den sure Mosejord og lignende Steder. Hvad er da Aarsagen til Mosernes sure Reaktion og øvrige Forhold, som har henledet Tanken paa en fri, organisk Syres Tilstedeværelse? — Gaadens Løsning mener *Baumann* og *Gully*³⁾ at have fundet ved et nærmere Studium af Tørvemosset⁴⁾, den Plante, der udgør den alt overvejende Del af Højmosetørven. Forfatterne kommer til det Resultat, at Højmosetørvens syrelignende Egenskaber skyldes Tilstedeværelsen af Kolloider i Væggen af visse klare Tørvemosceller. Disse Kolloider har som andre Kolloider Tilbøjelighed til at absorbere Baser: derfor farver de blaat Lakmuspapir rødt. Af samme Grund meddeler de neutrale Saltopløsninger

¹⁾ Se bl. a. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, nærværende Bind, Side 158.

²⁾ Se *Baumann*, l. c. 1909.

³⁾ Untersuchungen über die Humussäuren. II. Die freien Humussäuren d. Hochmoores. Mitth. der k. bayer. Moorkulturanstalt, Heft 4, 1910.

⁴⁾ Af Tørvemos gives der flere, hinanden nærstaaende Arter. For Simpeldheds Skyld tales her om »Tørvemos« som et Samlingsbegreb.

sur Reaktion (Side 416). Ligeledes forklares herved Raafosfatets Opløselighed i Højmoserne (Side 416). Det viser sig ved disse Undersøgelser, der er meget omfattende og synes at have taget alle Forhold i Betragtning, at det, man hidtil ansaa for fri Humussyre i Tørven, er en Kolloidvirkning, knyttet til Tørvemossets Celler. Selv efter Plantens Død vedbliver Kolloiderne at være »funktionsdygtige«. Denne Kolloidvirkning er nødvendig for det rodløse Tørvemos' Ernæring.

For den praktiske Højmosekultur har disse Studier, efter *B.* og *G.*, den Betydning, at man ikke bør tilføre Stassfurtersalte med lavt Kaliprocentindhold, thi af disse frigøres ved Kolloidvirkningerne megen fri, uorganisk, stærk Syre¹⁾. Af kulsur Kali frigøres derimod den uskadelige Kulsyre. *B.* og *G.* mener at have praktisk Erfaring for, at kulsur Kali giver bedre Resultater end Stassfurtersaltene. At »kalke Mosen«, saaledes som det hidtil har været almindeligt anvendt ved Højmosekulturer, forkastes som afgjort skadeligt, idet Kolloiderne ved at »mættes« med Kalk hindres i at optage andre Baser og svækkes i deres raafosfatopløsende Evne etc. Mergel er bedre end Kalk, thi ved Mergelens Indhold af Lerkolloider øges Mosejordens Absorptionsevne, som forringedes ved Mætningen med Kalk. Der fremføres altsaa her, teoretisk begrundet, et Forhold, der af Praktikere er almindelig anerkendt: at Mergel er bedre end Kalk paa Højmoser. — Alt i alt stiller de to Forfattere sig i Modsætning til de Principper i Højmosekulturen, der f. Eks. anvendes her i Landet²⁾.

Hvor stor Betydning, der nu bør tillægges de her refererede, moderne Anskuelser, tør jeg ikke udtale mig om. De i Danmark hidtil fulgte Principper i Højmosekultiveringen har givet saa gode Resultater, at man ikke uden tvingende Grunde kan ønske disse ændrede. Muligt stiller Sagen sig saaledes, at lokale Forhold spiller en Rolle, saaledes at Erfaringer fra Bayern ikke uden videre kan overføres til Danmark. Men i hvert Tilfælde bør ethvert »Humussyre«-Arbejde, der — som i dette Tilfælde — ikke fremsætter løse Paastande, men gaar

¹⁾ eller korrektere udtrykt: Brintionkoncentrationen i Opløsningen bliver stor. Af Mængden af tilstedeværende Brintioner afhænger en Syres Styrke.

²⁾ En nærmere Omtale af *Baumann* og *Gullys* Undersøgelser findes i nærværende Bind, Side 159—62. Red.

alvorligt og grundigt til Værks, modtages med Opmærksomhed og dets Resultater om muligt anvendes til Gavn for vort Land.

Kvantitativ Bestemmelse af Jordbundens Indhold af Kolloider.

Paa de foregaaende Sider er omtalt nogle af de Forhold, i hvilke Jordbundens Kolloider har Betydning for Kulturplanterne. Kolloiderne har fremdeles Betydning for de løse Jordlags Fugtighed, idet de i høj Grad har Evne til at holde paa denne. Dog er det ikke alt det i Jordlagene tilstedeværende Vand, der kan komme Planterne til Gode¹⁾. Jord kan, selv med ret stort Vandindhold, være »fysiologisk tør«. Men hele dette Vandspørgsmaal er saa omfattende, at der ikke kan gaas ind derpaa her²⁾.

I Erkendelsen af Kolloidernes Betydning er der udarbejdet forskellige Metoder til at bestemme en Jordprøves procentiske Indhold af disse. Metoderne er dels kemiske, dels fysiske, baserede paa Kolloidernes Absorptionsevne. Til sidste Kategori hører de Farvningsmetoder, som i den nyeste Tid er udarbejdede til forholdsvis stor Fuldkommenhed.

Fra Farvningsteknikken har det længe været kendt, at man ofte maa anvende en »Bejdse« for at faa Tøjets Fibre til varigt at modtage Farvestoffet. Disse Bejdser er Kolloider (f. Eks. Lerjordhydrat, dannet paa selve Tøjets Fibre ved kemiske Omsætninger mellem Alun og Blyacetat), der intensivt absorberer de organiske Farvestoffer. (Tillige sker der visse Omdannelser af Farvestoffet, saaledes at Farvningsprocessen i Virkeligheden er ret kompliceret.) Dette vel kendte Forhold har *B. Sjollemo* bragt til Anvendelse paa Jordbundskolloiderne. I 1905³⁾ offentliggjorde han sine Forsøg, af hvilke det fremgaar, at Sand i Overensstemmelse med sit ringe eller manglende Kolloidindhold kun svagt, respektive slet ikke binder organiske Farvestoffer som Fuchsin, Methylviolet o. lign.; Ler, derimod, absorberede betydelige Farvestofmængder. Nogen Metode til kvantitativ Bestemmelse af Kolloidmængden angaves

¹⁾ Her tænkes naturligvis kun paa det »mekanisk bundne« Vand.

²⁾ *van Bemmelen* har indgaaende beskæftiget sig med dette som med saa mange kolloidkemiske Spørgsmaal.

³⁾ Journal f. Landwirtschaft, Berlin 1905.

ikke. Saadanne Metoder er udarbejdede af *Ashley* og *Endell*, der har arbejdet ganske uafhængigt af hinanden. Begge Metoder beskæftiger sig hovedsagelig med de uorganiske Kolloider i Ler og er baserede paa den Antagelse, at de af Jordprøven absorberede Farvestofmængder er ligefrem proportionale med Mængden af Kolloider, en Antagelse, der, som f. Eks. *Endell* selv er klar over, ikke altid svarer til Virkeligheden, idet ogsaa Ikke-Kolloider undertiden kan absorbere kendelige Mængder af de anvendte organiske Farvestoffer. Flere andre mulige Fejlkilder kunde nævnes.

Ashleys Metode findes udførligt beskrevet i United states geol. survey Bull. 388, 1909. Han anvendte som Farvningsmiddel det kompliceret byggede organiske Farvestof Malachitgrønt i oxalsur Opløsning. Grunden til, at han netop valgte dette Farvestof, er den, at Malachitgrønt ikke danner »Kolloid-Opløsning«, men er virkelig opløst i kemisk Forstand. Dette bør kræves af de til disse Undersøgelser anvendte Farvestoffer, da kolloide Farvestoffer udfældes af selv smaa Mængder af de i Leret tilstedeværende Elektrolyter (Side 413), og man finder altsaa i saa Fald et for stort procentisk Indhold af Kolloider, idet man ikke kan afgøre, om Farvestoffet er absorberet af Kolloider eller udfældet af Elektrolyter; i begge Tilfælde er det jo fjærnet af Opløsningen. — Fremgangsmaaden er i øvrigt den, at en vejlet Lerprøve rystes med en afvejet Mængde Malachitgrønt, opløst i Vand. Efter 24 Timers Forløb, naar Vædsken har klaret sig, bestemmes ved Sammenligning med Malachitgrøntopløsninger af kendt Styrke (Kolorimetri), hvor meget af Farvestoffet der er tilbage i Opløsningen. Differensen giver da den absorberede Mængde. *Ashley* valgte nu en stærkt plastisk og kolloidrig Lersort (Tennessee hall clay) og satte dens Absorption af Malachitgrønt = 100. Om denne Lersort som Udgangspunkt kunde da alle de undersøgte Lersorter grupperes. Som man ser, giver Metoden ikke Oplysning om Lersorternes absolutte Indhold af Kolloider, men kun om det relative.

K. *Endells* Metode¹⁾. Ogsaa her benyttes Kolloidernes Evne til at uddrage organiske Farvestoffer af disses Opløsninger.

¹⁾ Neues Jahrb. f. Mineralogie etc., Beilage Bd. XXXI, 1911, S. 43. — Forf. af denne Oversigt har ved velvillig Imødekommenhed af Dr. *Endell* haft Lejlighed til at se dennes farvede Kolloidpræparater i Berlin, April 1911, hvorfor jeg ogsaa her bringer min bedste Tak.

Blandt Petrografer har dette i øvrigt været anvendt længe¹⁾. *Endell* bruger til sine Undersøgelser Tyndslib af Lersorterne. Disse Slib, der fremstilles ved at koge det tørrede Ler med Canadabalsam og efter Afkøling slibe Blokkene som var det Bjærgarter, behandles med Fuchsin (Rosanilinklorhydrat). En Del af Farvestoffet absorberes af Kolloiderne. Overskuddet vadskes ud i rindende Vand. Det færdige Præparat viser røde, uregelmæssige Pletter (Kolloiderne med det absorberede Fuchsin) paa ikke-rød Grund (de ikke-kolloidale Lerstoffer, der forbliver ufarvede). For at faa et talmæssigt Udtryk for Lerets Indhold af Kolloider, fotograferer *Endell* sine mikroskopiske Præparater efter Farvningen. De rødfarvede Partier (Kolloiderne) vil da i det positive Billede fremtræde sorte, idet det røde Lys som bekendt har en yderst ringe fotokemisk Virkning. De sorte Partier skæres nu ud af Mikrofotografierne og vejes. Forholdet mellem disse Papirstykkers Vægt og hele Mikrofotografiets Vægt vil da være et Udtryk for Lerets Indhold af Kolloider.

Ingen af Metoderne er fuldkommen, hvilket Forfatterne selv er klare over. De Faktorer, der kan indvirke forstyrrende, er dels Elektrolyter i Leret, dels farvestofabsorberende Ikke-Kolloider. Men maaske nok den vægtigste Indvending, der kan rejses mod disse to Metoder til kvantitativ Bestemmelse af Lerets Indhold af Kolloider, er, at Metoderne er for omstændelige²⁾. Til Fremtidens Opgaver vil høre at finde en Metode, der (uden at tabe i Paalidelighed) er saa simpel, at den egner sig til Masseundersøgelser. Ogsaa de valgte Farvestoffer kunde mulig erstattes med bedre. Til de Fremtidsopgaver, som *Ashley* opregner i sin Afhandling, hører ogsaa en Metode, der kan bruges »i Marken« og give Oplysning om, hvorvidt Leret bør undersøges nærmere eller ikke. *A.* har her nærmest tekniske Formaal for Øje. Som *Sjollema* har fremhævet, er det muligt ved Farvningens Hjælp ikke blot at faa Oplysning om, hvorvidt en Jordprøve indeholder Kolloider og hvor mange pCt., men ogsaa hvilke Kolloider, der findes. Det har nemlig vist sig, at de forskellige organiske

¹⁾ Se f. Eks. *H. Behrens*: Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg & Leipzig 1895. S. 163. — *E. Weinschenk*: Die gesteinsbild. Mineralien. Freiburg im Breisgau 1907. S. 36.

²⁾ Uheldigt er det ogsaa, at de ved *Endells* Metode benyttede Slib er vanskelige at fremstille.

Farvestoffer ikke absorberes i lige høj Grad af samtlige Kolloider. Dette Forhold, af hvilket der gøres Brug i den botanisk-zoologiske, mikroskopiske Teknik, som arbejder med Organismernes Kolloider (cyano- og erythrofile Celler), har ingen med Undtagelse af *Sjollema* søgt anvendt i Jordbundslæren.¹⁾

Hvorvidt nu de histologiske Farvningsmetoder til kvalitativ og kvantitativ Bestemmelse af Jordbundens Kolloider (særlig det sidste) vil faa den Betydning for Fremtidens Agrikulturkemi, som mange er tilbøjelige til at mene, er omstridt. Den nylig afdøde Mineralog *F. Cornu*²⁾ knytter store Forventninger til Farvningsmetoderne, medens andre stiller sig mere skeptisk-afventende. Saaledes skriver *D. J. Hissink*³⁾ efter at have omtalt en ret god Overensstemmelse mellem det ved Farvning (Endells Metode) og *van Bemmels* kemiske Metode fundne procentiske Indhold af Kolloider i en bestemt Prøve: »Naar Talmaterialet er saa ringe, synes det mig anbefalelsesværdigt ikke at drage nogen videregaaende Slutning, men kun at betone, hvor ønskeligt det er at sammenligne *van Bemmels* Metode og Farvningsmetoden med hinanden«.

¹⁾ Foruden de nævnte har endnu flere beskæftiget sig med Farvning af Jordbundskolloider. Bl. a. har det amerikanske Bureau of soils, Washington, gentagne Gange publiceret Undersøgelser desangaaende. *Cameron* og *Bell* (Bull. 30, 1908; refereret i Zeitschr. f. Chemie und Industrie d. Kolloide, III, 1908, S. 238) mente saaledes at kunne paavise en Sammenhæng mellem Jordens Frugtbarhed og dens Evne til at absorbere Methylenblaat.

²⁾ Talrige Afhandlinger i Zeitschr. f. Chemie und Industrie der Kolloide samt i kemiske og geologiske Tidsskrifter.

³⁾ »Die kolloidalen Stoffe im Boden und ihre Bestimmung«. Verhandl. der II internat. Agrogeologenconf. Stockholm 1910, S. 40.