

Bakterielivet i Jordbunden og dets Betydning for Jordbruget.

Af Fr. Weis.

I.

Hvad der betinger Jordbundens Frugtbarhed.

Af de mange og store Fremskridt, det moderne Jordbrug har at opvise, er vel intet mere iøjnefaldende end dette, at man nu er i Stand til at forvandle en af Naturen gold og fattig Grund til frugtbar Kulturjord, hvor Klimaet blot er nogenlunde, og man ikke ganske mangler Vand. Moser og sure Engstrøg, Ødemarker og Heder, ja selv nøgne Flyvesandsklitter eller det golde Ørkensand lægges under Kultur og forvandles ved Menneskets Indgriben til frodige Agre eller skyggefulde Skove. Ved Tørlægning af Søer eller Inddæmninger fra selve Havet vindes der ofte ny og frugtbar Jord. Mennesket bliver mere og mere Herre over Naturen, og Jordbrugets høje Udvikling bliver et synligt Udtryk for Blomsten af Nutidens hele aandelige Kultur.

Men paa den anden Side kan ogsaa en af Naturen frugtbar Jordbund ved Tidernes Ugunst eller ved Forsømmelighed fra Menneskets Side gaa ganske ud af Kultur, og frodige Skovstrækninger kan forvandle sig til øde Heder, i hvilken Aldannelse gør det umuligt for Planterødderne at trænge i Dybden, og hvor de nødvendige mineralske Plantenæringsstoffer ved Humussyrernes Tilstedeværelse ganske udvaskes og forsvinder i Undergrunden. Dette sidste kender vi kun altfor godt fra vort eget Land, men med vort nuværende Kendskab

til de Krav, en frodig Vækst af vore Kulturplanter stiller, ved vi ogsaa, at der gives Midler til at forhindre en saadan Forringelse af Jordbunden og til — om end møjsommeligt og langsomt — at genvinde det tabte.

Et stort Skridt i den Retning er i mange Tilfælde gjort ved Anvendelsen af de af den praktiske Jordbruger indvundne Erfaringer, men endnu videre er det dog lykkedes at naa, efter at man gennem videnskabelige Undersøgelser har faaet et mere indgaaende Kendskab til de Faktorer, der betinger Jordbundens Frugtbarhed, saa man nu i de enkelte Tilfælde kan gaa mere rationelt til Værks end tidligere.

Nutidens praktiske Jordbruger sidder i Virkeligheden inde med et forbausende Fond af Viden om Forhold, som videnskabelige Undersøgelser alene har kunnet bringe frem for Dagens Lys, saa det praktiske Jordbrug i langt højere Grad, end de fleste gør sig klart, er anvendt Videnskab. Men baade for Praktikerens og for Videnskabsmandens er der endnu en Mængde vigtige Spørgsmaal at løse, før vi helt behersker de frugtbargørende Faktorer, og netop den sidste Menneskealders Erfaringer og Forskning har aabenbaret os et helt nyt Indblik i de Forhold, der betinger Jordens Frugtbarhed, og har skabt nye Udsigter for Fremtidens Jordbrug.

Man har længe vidst, at Jordbundens Frugtbarhed bl. a. afhænger af:

1) Dens Fugtighedsforhold og dens Indhold af de nødvendige mineralske Plantenæringsstoffer.

2) Fraværelsen af giftige eller skadelige Stoffer, som større Mængder af frie Humussyrer, Alkalier o. a.

3) Dens Evne til ved Absorption at fastholde en Række vigtige, opløselige Plantenæringsstoffer og derigennem hindre disses altfor hurtige Udvadskning. I saa Henseende er Jordens mineralogiske Bestanddele (dens Indhold af Lerjord, Kalk, Jærnbindinger, Kiselsyre og andre kolloide Substanser o. l.) af største Betydning.

4) Dens Porøsitet (Kapillaritet) og Varmeforhold, der igen er betinget af meteorologiske og Niveau-Forhold, af geografisk Beliggenhed, Farve, mineralsk Sammensætning og Indhold af organisk Stof, af Bearbejdning, Bevoksning o. s. v.

Øg man har ogsaa vidst, at man kunde influere paa disse Jordbundens forskellige Egenskaber ved:

5) Den mekaniske Jordbehandling, ved Gødskning med Stald- eller Kunstgødning, ved Dræning, Nivelering, Kanalisering og Overrisling, ved Vekseldrift med forskellige Kulturplanter, ved blandet Bevoksning o. s. v.

Men først i de senere Aar har man faaet Øjet op for, i hvor høj Grad

6) selve Jordbundens biologiske Egenskaber griber ind i og regulerer alle de andre Faktorer, idet man har lært, at der ved Siden af den naturlige eller kunstige Bevoksning med højere Planter rører sig et helt andet Liv i Jordbunden, der baade kan være gavnligt og skadeligt for Kulturplanternes Trivsel. Vor Opfattelse af Jordbunden er derved i højeste Grad bleven ændret, og Jordbundslæren er fra at være en mineralogisk-geologisk, fysisk-kemisk Disciplin gaaet over til at blive et i langt højere Grad biologisk Fag, med helt nye Undersøgelsesmetoder. Man har nemlig opdaget, at den Stofomsætning og Stofvandring, der stadig foregaar i den bevoksede Jord, og som er en Betingelse for al Plantedyrkning, for største Delen skyldes forskellige meget komplicerede biologiske Processer og beror paa Nærværelsen af Organismer, om hvis Eksistens og Betydning i saa Henseende man tidligere slet ingen Anelse havde.

Først lærte man ved omfattende plantefysiologiske Vand- og Sandkulturforsøg (*Knop, Boussingault, Sachs*), hvilke Næringsstoffer Planterødderne optager fra Jordbunden, og i hvilke Forbindelser de kan benytte de nødvendige Grundstoffer. Der fastsloges derigennem bl. a. den fundamentale Kendsgerning, at det organiske Kulstof ingen nævneværdig Betydning har for de fleste Landbrugsplanters Ernæring, og at Næringsstofferne for disse i det hele taget først maa forefindes i uorganisk Form for at kunne udnyttes. Og dernæst lærte man, at den Overførelse af organisk Stof (i Gødning, i døde Dyr og Planterester) til uorganiske Forbindelser, der stadig foregaar i Naturen, besørges af en Mængde forskellige Organismer, saavel fra Dyr- som fra Planteriget, og allermest af de smaa Væsener, Mikroberne, hvis Plads synes at være midt imellem disse to Riger, der, hvor de mødes gennem deres mindste Repræsentanter, de for det blotte Øje usynlige Væsener. I dette Arbejde deltager saavel Regnorme Insektlarver, Infusorier og

andre Dyr som Svampe og Bakterier, og navnlig disse sidste spiller her en overordentlig vigtig Rolle. I Virkeligheden beror det paa Jordbundens Indhold af Bakterier, om Stofomsætningen forløber normalt, og om netop de Forbindelser, der er de egentlige Plantenæringsstoffer, dannes af det Raa-materiale, der tilføres Jorden. Og dertil kommer endelig, at nogle af disse smaa Væsener desuden er i Stand til direkte at berige Jorden med Plantenæringsstoffer, som de indvinder fra Luften, idet de binder en Del af dennes frie Kvælstof og stiller det til Disposition for de højere Planter, for hvilke dette Stof er et af de allerværdifuldeste.

Ganske vist findes der ogsaa andre Bakterier, der har modsatte, uheldige, Egenskaber, idet de f. Eks. er i Stand til af salpetersure Salte at frigøre elementært Kvælstof, saa det unddrages Plantevæksten. Men alene ved disse to Eksempler vil det være klart, hvor vigtigt det maa være for det praktiske Jordbrug at vide, under hvilke Betingelser saadanne Bakterier virker og om muligt at finde Midler til at fremme den ene Slags og hindre den andens Virksomhed.

I hvilket Omfang vi hidtil er i Stand til at udnytte vort Kendskab til Bakterielivet i Jordbunden, skulde i det følgende skitseres, efter at nogle af de vigtigste Data om selve disse smaa Væsener er anførte.

II.

Om Jordbundens Bakterier i Almindelighed.

Som for de højere Planter er Jorden ogsaa det naturlige Voksested for de allerfleste lavere Planter og blandt disse ogsaa for Bakteriernes store Skare. Det er kun forholdsvis faa Arter af disse, der er særligt tilpassede til Livet i Vandet, og endnu færre, som udelukkende er henviste til en snyltende Tilværelse i andre Organismer. Flere sygdomsvækkende Bakterier er i Virkeligheden normalt ægte Jordbeboere, og Snyltilivet for dem kun en tilfældig Levevis. *)

*) Naar det saa ofte — og med Rette — anføres, at Bakterierne er næsten allestedsnærværende, at de foruden i Jord og Vand ogsaa

Der er da heller intet Sted, hvor vi til Stadighed træffer saa mange Bakterier som i den frodige, frugtbare Jord, men deres Antal og Fordeling her er dog meget vekslende og afhængig af mange forskellige Faktorer, af geografiske og meteorologiske Forhold, Højden over Havet, Aarstiden og, paa den enkelte Lokalitet, af Dybden, af Jordbundens fysiske og kemiske Beskaffenhed, særlig af dens Indhold af organisk Stof, af Varme og Belysningsforhold, i ganske særlig Grad af Fugtighedsforholdene o. s. v. — kort sagt af alle de tidligere omtalte Faktorer, der betinger Jordbundens Frugtbarhed i Almindelighed. De bliver saa selv den nye Faktor, der er i Stand til i saa væsentlig Grad at forøge denne.

Da Bakterielivets Trivsel i Regelen er betinget af Tilstedeværelsen af organiske Stoffer, vil det ofte træffes i ganske særlig Frodighed paa Lokaliteter, der ikke just maa betegnes som frugtbare eller egnede til Kultur, som i umiddelbar Nærhed af Møddinger og Affaldsdynger, paa Lossepladser, Kirkegaarde, hvor Kloakledninger har deres Udløb, paa Overrislingsmarker, ved Septic-Tank-Afløb o. l.

Paa alle disse Forhold er der her ikke nogen særlig Anledning til at komme nærmere ind, og der skal derfor kun anføres nogle Data om Bakteriernes Antal og Fordeling i den virkelig dyrkede Jord eller i Jord, som har været, eller som der kan være Tale om at inddrage, under Kultur.

Her maa dog forudskikkes den Bemærkning, at det ikke er saa lige til at bestemme, hverken hvormange eller hvilke bestemte Bakterier der forekommer i Jorden. Den Slags Undersøgelser er i det hele taget ret vanskelige og vor Viden om disse Forhold hidtil meget ufuldkommen. Men tilbereder man en af de sædvanlig anvendte Næringsopløsninger for Bakterier — en saadan som f. Eks. til Stadighed anvendes ved Vandundersøgelser*) — og udsaar heri en Draabe fra en i

forekommer i Luften og klæber ved alle andre Væsener og livløse Genstande, maa det bemærkes, at Bakterierne ikke er i Stand til at trives og formere sig i Luften, men kun forekommer her i en Dvaltetilstand — indtørrede eller som Sporer — der fremfor alt kræver Fugtighed og Varme for at kunne udvikle sig.

*) F. Eks. en Næringsgelatine, tilberedt af 1 Liter Ledningsvand, 100 Gram hvid Gelatine (Husblas), 5 Gr. Liebig's Kødextrakt, 10 Gr. Pepton og 3 Gr. Kogsalt, der efter Opløsning, Filtrering og Klaring

sterilt Vand opslemmet ubetydelig Mængde Ager- eller Havejord, vil der fra denne Draabe kunne vokse Tusinder af Bakteriekolonier frem. Om disse da just repræsenterer alle de i denne Jord forekommende Former, bliver et andet Spørgsmaal, som man dog straks kan besvare med Nej. Derfor anvender man ved Tælling af Jordbakterier ogsaa hellere en Næringsgelatine, til hvilken der er benyttet et Afkog af Havejord, for at komme saa nær op ad Jordbundens naturlige Egenskaber som muligt. Men heller ikke paa denne Næringsbund vil alle Bakterier vokse frem. For det første vokser alle de anaerobe Bakterier, der ikke trives, hvor Luftens frie Ilt har Adgang, kun under ganske særlige Kulturbetingelser, der udelukker Væksten af andre Former, og nogle af de allervigtigste Jordbundsbakterier vokser overhovedet slet ikke paa en saadan Næring. Fraset, at der sandsynligvis i Jorden findes endnu mange Bakterier, som vi slet ikke kender, kan man altsaa trøstigt sige, at man ved at tælle de Bakterier, der vokser frem paa et hvilket som helst Næringssubstrat, altid vil faa for lave Tal, da vi ikke kender noget Universal-Næringssubstrat for alle Jordbakterier. Og da saa godt som alle hidtil udførte Bakterietællinger i Jord er foretagne paa en af de her antydede Maader, har de fundne Tal ogsaa kun en relativ Værdi.

Ikke desto mindre er det dog ofte ret anselige Tal, der angives, idet man i 1 Gram Jord har fundet fra nogle Tusinde op til ca. 100 Millioner Bakterier. De lave Tal har man fra udyrket eller jomfruelig Jord, som endnu ikke ret er kommen i Drift, men den frugtbare, dyrkede Jord vil i Regelen indeholde i Hundredetusinder- eller Millionervis af Bakterier pr. Gram, varierende med Aarstiden, Dybden, Fugtigheden, Gødskningen, Bevoksningen o. s. v.

Saa vidt mig bekendt, foreligger der ingen saadanne Tællinger offentliggjort fra dansk Jord*), men Svenskeren *Algot*

er gjort ganske svagt alkalisk (se *Andr. Beyer*: Vejl. til Unders. og Bedømmelse af Vand. Københ. 1900, p. 92—93).

- *) Til Demonstration — under et Foredrag i det kgl. danske Landhus-holdningsselskab d. 8. Marts d. A. — af Forskellighederne i Bakterie-indholdet i forskellig Slags Jord, havde jeg anlagt Pladekulturer paa almindelig „Vandgelatine“ (se Anm. S. 134) og efter 3 Dages Henstand ved almindelig Stuetemperatur foretaget Tællinger, der gav følgende Resultater:

Lagervall fandt i Jorden omkring Ultuna Landbrugsskole ved Upsala i 3 Centimeters Dybde pr. Gram Jord i Maj 930000 og i Februar 15100000 Bakterier.

Fra Tyskland foreligger en Mængde Angivelser. *Th. Remy* fandt f. Eks. Bakteriemængden i en Parcel af den yderst magre Sandjord, paa hvilken Berlin ligger, og som i 1899 havde været bevokset med Kløver, i 1900 med Rug og Seradella, i 1901 med Kartofler efter Gødskning med Staldgødning, i 15—20 Centimeters Dybde:

D. 10. Novbr. 1900,	1220000	Bakterier	pr. Gram	Jord
- 17. April 1901,	8460000	—	—	—
- 17. Maj 1901,	3610000	—	—	—
- 22. Juni 1901,	3010000	—	—	—
- 18. Juli 1901,	330000	—	—	—
- 28. Aug. 1901,	570000	—	—	—
- 16. Novbr. 1901,	670000	—	—	—

Det store Tal i April Maaned maa her sikkert tilskrives den da nylig tilførte Staldgødning, og den stærke Aftagen i Sommermaanederne kan forklares ved en i dette Aar herskende meget streng Tørke.

L. Hiltner og *K. Störmer* fandt i en (ogsaa ved Berlin beliggende) med Svovlkulstof behandlet Jord Bakteriemængden pr. Gram varierende mellem 9·5 og 50 Millioner, og de samme Forfattere angiver, at Brak har en stærkt formindskende Indflydelse paa Jordens samlede Bakteriemængde, omend ikke just paa de Former, der spiller den største Rolle i Jordbruget. Og her staar vi naturligvis ved det vigtigste Spørgsmaal i denne

	Pr. Gram	Jord
Fra et frugtbart Blomsterbed (Landbohøjskolens Have)	1992000	Bakterie-kolonier
Fra daarlig Køkkenhavejord (sammesteds)	520000	—
Fra frossen, frugtbar Brakjord (Østjylland)	480000	—
	0	—
Fra sur Skovmor (Frederiksborg Dyrehave)	78000	Svampe-kolonier

Skønt disse Tal paa ingen Maade er Udtryk for de paagældende Jordprøvers virkelige Indhold af Mikrober, giver de dog umiddelbart et Indtryk baade af Rigdommen og Forskellighederne af det Liv, der rører sig i Jorden.

Sag: at det ikke saa meget kommer an paa, hvor mange, som hvilke Bakterier der findes i en Jordbund.

Som allerede nævnt kan man vente at træffe alle mulige Slags Bakterier i Jorden, men der er kun visse Grupper — som i det følgende hver for sig vil finde en speciel Behandling — der, saa vidt vides i Øjeblikket, har særlig Betydning for Jordbruget, og en Tælling af disse vilde derfor have en ulige større Interesse. *F. Löhnis* (Leipzig) har da ogsaa foretaget en saadan fra 10 Centimeters Dybde af en Jord, der stod i høj Kultur, og der fundet (i Januar Maaned) c. 5 Mill. Forraadningsbakterier, ca. 50000 urinstofforgærende, ca. 50—70000 salpetersønderdelende, ca. 7000 salpeterdannende og ca. 20 kvælstofassimilerende Bakterier pr. Gram Jord. Interessant vilde det ogsaa have været i denne Sammenhæng at have faaet Tal for Bælgplanternes Knoldbakterier, der ogsaa til Tider forekommer fritlevende i Jordbunden, men *Löhnis* har tydeligvis ved kvælstofassimilerende Bakterier ikke tænkt paa dem.

Foruden de her nævnte Former findes normalt i Jorden saadanne Bakterier, som fremkalder de forskellige kendte, typiske Gæringsprocesser, Mælkesyre-, Smørsyre-, Eddikesyre-, Brint- og Methangæring o. s. v. og altid saadanne, som sønderdeler Pektinstoffer og Pentosaner, der udgør saa væsentlig en Del af mange Planters kvælstoffrie Bygningsstoffer.

Dertil kommer en Mængde indifferente Arter, som Høbakterierne o. a., der ikke fremkalder iøjnefaldende Gæringsprocesser, men lever paa al Slags organisk Stof. Og endelig kan Jordbunden være Sædet for sygdomsvækkende Bakterier, af hvilke en saadan som Stivkrampens synes at være meget almindelig, medens Miltbrandsbakterien kun paa enkelte Lokalteter til Stadighed lever frit i Naturen. Flere af de sygdomsvækkende Former er normalt Gæringsorganismer, som f. Eks. netop Stivkrampébakterien, der kan fremkalde Smørsyregæring, og de vidt udbredte Colibakterier.

Hvad Bakteriernes Fordeling efter Dybden angaar, saa afhænger den saa meget af Jordens Beskaffenhed, at der ikke kan siges noget alment derom. Kun synes det, som de allerøverste Jordlag er fattigere paa Bakterier end de, der ligger nogle faa Centimeter under Overfladen — hvilket vistnok hovedsagelig skyldes Lysets og Udtørringens skadelige Indflydelse paa Bakterielivet — og at Jorden i en vis Dybde, fra

2—5 Meter, sædvanligvis er bakteriefri, idet de øverste Jordlag virker som Filter, og der i Dybden i det hele mangler Betingelser for Bakteriernes Trivsel.

Blandt de vigtigste bakteriologiske Processer, der foregaar i Jordbunden, maa da nævnes:

1. Formuldning og Forraadnelse.
2. Salpeterdannelse.
3. Salpetersønderdeling under Frigørelse af Kvælstof; og
4. Indvinding af Luftens frie Kvælstof.

III.

Formuldning og Forraadnelse.

De to Grundstoffer, der afgjort er de vigtigste i de levende Væseners Husholdning, Kulstoffet og Kvælstoffet, findes kun i forholdsviis ringe Mængder paa Jorden. Af Atmosfæren, Havet og den faste Jordskorpe i 2½ Miles Dybde tilsammen regner man, at Kulstoffet kun udgør 0·2 Procent, Kvælstoffet — trods Atmosfærens store Beholdning heraf — kun 0·02 Procent, medens til Sammenligning hermed Ilten udgør ca. 50, Silicium ca. 25 og Jærnet ca. 5 Procent. Det gælder da for Naturen at holde Økonomi med Kulstof og Kvælstof for at opretholde det organiske Liv, og det siger sig selv, at dette snart, af Mangel paa Næring, vilde standse i sin Udvikling, om disse to Stoffer ikke kunde afleveres fra den ene Organisme til den anden og navnlig efter en Organismes Død igen kunde indrages i andre levende Væseners Stofskifte.

I Virkeligheden udviser Naturen ogsaa en gennemført Sparsommelighed med disse Stoffer, der bestandig er paa Vandring og snart optræder i en, snart i en anden Forbindelse, efter som de skal tjene som Næringsstoffer for det ene eller det andet Væsen, for grønne Planter, der foretrækker at benytte uorganiske Forbindelser, eller for Dyrene og de fleste ikke grønne Planter, der kun kan benytte organiske Kulstof- og Kvælstofforbindelser som Næringsstoffer, eller de er aflejrede

som Bestanddele af de forskellige Organismers Væv og Celleindhold.

Hvad der af Kvælstof findes i Jordskorpen, er for Størstedelen til Stede i organiske Forbindelser, der med større eller mindre Hastighed nedbrydes og omsættes til Plantenæringsstof. Set under denne Synsvinkel eller med Henblik paa, hvad der heraf er nødvendig til en almindelig Afgrøde af Kulturplanter, er det dog ikke saa ganske ringe Kvælstofmængder, det drejer sig om. Til Produktion af en god Afgrøde af Hvede vil der f. Eks. kræves et Kvæstofforbrug af ca. 70 Pund pr. Td. Ld. God frugtbar Agerjord kan indeholde fra ca. 0·1—0·2 Procent Kvælstof i de øverste Lag, og gør vi da en Beregning af Kvælstofindholdet i 12 Tommers Dybde, vil dette for en Tønde Land blive fra 4500 til 9000 Pund, medens der i Undergrunden paa saadanne Jorder tillige vil findes ca. 1500—3000 Pund, ialt altsaa 6—12000 Pund Kvælstof. I Skovmor, Tørv- og Hedejorder kan Kvælstofprocenten gaa endnu langt højere op, til 1—2 Procent, og det samlede Kvælstofindhold vil da i tilsvarende Grad forøges. Men naar det paa disse sidste Jorder gaar saa højt op, saa er det netop, fordi der her slet ingen Omsætninger er foregaaede i det organiske Stof for lange Tider, medens der i den frugtbare Agerjord til Stadighed frigøres i uorganiske Forbindelser, hvad der netop bruges af Kulturplanterne, og dertil noget mere, som med Regnvandet føres ned i Undergrunden og løber bort med Grundvandet.

Man kunde finde det unødvendigt at gøde med Kvælstofgødning paa saadanne Jorder, og muligvis virker en saadan Gødning i de fleste Tilfælde ogsaa langt mere indirekte eller ad helt andre Veje, end man tidligere har tænkt sig. Men hvad enten det gælder om at faa selve den Kvælstofkilde, Jorden indeholder, til at flyde, eller det gælder om at faa Kvælstoffet i den Naturgødning, der i Form af Rodrester, visne Blade og Stængler, døde Dyr eller Staldgødning tilføres Jorden, mineraliseret, saa er det uomgængelig nødvendigt, at der findes de Bakterier, der besørger denne Omsætning, og at selve Jordbundens Tilstand er en saadan, at disse smaa Væsener faar deres vigtigste Livskrav opfyldte. Det organiske Kvælstof skal — ved Forraadningsbakterier — nedbrydes til Ammoniak og denne ved andre Bakteriens Livsvirksomhed iltes videre til

Salpetersyre, for at det kan komme de almindelige grønne Kulturplanter til gode.

Paa samme Maade skal det organiske Kulstof ved en Række forskellige Gæringsprocesser omdannes til Kulsyre, før det faar nogen nævneværdig Betydning som Næringsstof for Kulturplanterne, og denne Omdannelse foregaar ved en Mængde komplicerede Spaltningsprocesser, af hvilke den ene følger efter eller griber ind i den anden, ved et indviklet Sammenspil af levende Væsener, blandt hvilke Bakterierne — for Jordbundens Vedkommende i hvert Fald — spiller Hovedrollen.

Saa vel i Møddingen som i den frugtbare Jordbund foregaar disse Omdannelser, Formuldingen og Forraadnelsen, med stor Intensitet og netop i Kraft af de mange der tilstedeværende Bakterier. Thi ligesom disse Processer er afhængige af Bakteriernes Nærværelse, saaledes er denne igen betinget af Rigdommen paa organisk Stof i deres Omgivelser. En Tilførsel heraf til Jorden, f. Eks. med Staldgødning, vil derfor ogsaa bevirke, baade direkte og indirekte, en Forøgelse af Bakteriernes Antal.

Skønt Formuldingen og Forraadnelsen, eller henholdsvis de kvælstoffrie og de kvælstofholdige organiske Stoffers Omdannelse i Naturen ofte forløber jævnsides og paa saa mange Maader griber ind i hinanden, kan de dog til en vis Grad ogsaa adskilles, saa vi kan studere nogle af de enkelte Faser i disse Omdannelsesprocesser hver for sig, for saa vidt som de fremkaldes hver af sin Bakterie eller Bakteriegruppe. Det skal dog straks bemærkes, at vort Kendskab til disse Processer i deres Helhed endnu er meget ufuldkomment, og paa dette Sted bliver der desuden ikke Plads til at komme nærmere ind paa de Sider, der foreligger bedre belyste (de enkelte Gæringsprocesser), saa der kun kan gives en rent skitsemaæssig Oversigt over Spørgsmaalet.

De kvælstoffrie organiske Stoffer af vegetabilisk Oprindelse, der tilføres Jordbunden, udgøres hovedsageligt af Lignin (Træstof), Cellulose, Pentosaner, Pektinstoffer, Stivelse og Fedtstoffer; dertil kommer mindre Mængder af Sukkerarter, Syrer og Alkoholer m. m., der dog for en Del netop dannes ved Omdannelse af de første, ved Gæringsprocesser. Det, vi kalder Muld, er jo netop en Jord, der er blandet med saa-

danne organiske Stoffer i Sønderdeling, før de endnu er fuldstændig mineraliserede. Med et fælles Navn betegner man ogsaa alle Jordbundens forskellige mørktfarvede organiske Forbindelser, hvis egentlige kemiske Natur endnu kun er utilstrækkeligt bekendt, for Humusstoffer, og de Omdannelsesprocesser, ved hvilke disse Stoffer dannes, for Humificeringen eller Formuldingen i videre Forstand. I den gode, frugtbare Jord foregaar Humificeringen hurtigt ved en Samvirken af mange forskellige Bakterier, medens den i andre

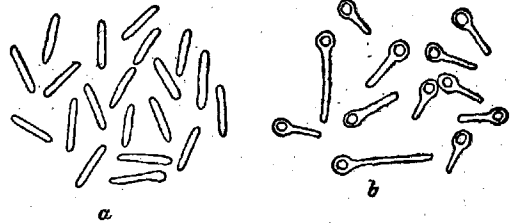


Fig. 1. Celluloseforgærende Bakterier, (b) med Sporer. $\frac{1000}{1}$.

Jorder standser paa et vist Stadium med Dannelsen af Tørv eller Mor, i hvilke de organiske Stoffer ligesom blot er forkullede og derefter er blevne næsten uimodtagelige for yderligere sønderdelende Paavirkning. Det viser sig da ogsaa, at netop saadanne Jorder efterhaanden er blevne næsten bakteriefri, medens der — i Moren i hvert Fald — kan trives et frodigt Svampeliv, der vel ogsaa med Tiden, men dog kun yderst langsomt, sønderdeler Humusstofferne. Hovedmassen af disse er vistnok op-

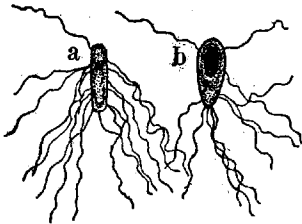


Fig. 2. Smørsyrebakterie. a med Svingtraade, b desuden med Sporer. $\frac{1200}{1}$.

staaede af de forveddede Bestanddele af Planteresterne (Træstoffet), som i alle Tilfælde synes at være dem, der længst modstaar Mikroorganismernes Indvirkning. Den rene Cellulose forgæres derimod hurtigt og fuldstændigt af et Par i Jord og Gødning almindeligt forekommende anaerobe Bakterier (Fig. 1), der hver fremkalder sin Gæring (Brint- og Methangæringen) idet Cellulosen omdannes til Brint eller Methan samt Kulsyre, Eddikesyre og Smørsyre (*Omeliansky*). Den kan endvidere omdannes af en denitrificerende Bakterie, af visse aërobe Bakterier og af en Række forskellige Skimmelsvampe, som Hollænderen *van Iterson* har vist, og hvorved Papirstumpers, Kludes o. l. Sagers hurtige Forsvinden i Jorden bliver forstaaelig.

Imidlertid findes der andre Bakterier, som lader Cellulosen ganske urørt, medens de forgærer de i Planternes Cellevægge (navnlig i Midtlameller og Parenkymvæv) saa almindeligt udbredte Pektinstoffer. Disse Bakterier findes ogsaa udbredte i Jorden, og man har af dem bl. a. rendyrket et Par, der er virksomme ved Hørens og Hampens saakaldte „Rødning“, den Gæringsproces, ved hvilken Basttaverne (som bestaar af Cellulose), frigøres fra de omgivende Cellevæv, som tildels gærer bort (*Fribes, Størmer, Beijerinck*).



Fig. 3. Mælkesyrebakterie.
800/₁.

Pentosanerne, der er meget udbredte og f. Eks. i Hvedehalm (efter *Düring*) udgør ca. $\frac{1}{4}$ af det samlede Tørstof, synes at være en god Kulstofnæringskilde bl. a. for Denitrifikationsbakterierne (se senere), og da disse ogsaa forekommer almindelig udbredte i Gødning og i Jordbunden, vil de under ellers gunstige Livskaar hurtigt omsætte dem, maaske dog først efter at de ved andre Bakteriers Indvirkning er bleven omdannede til Pentoser.

Den i Planteriget — navnlig i Frø og Knolde — saa overordentlig udbredte Stivelse sønderdeles af de fleste Bakterier, idet den først omdannes til Sukker, der af alle Kulstofforbindelser gennemgaaende er det bedste Næringsstof for Bakterier. Som Følge heraf spaltes Sukkeret ogsaa paa forskellig Maade af forskellige Mikrober, gennem en Række typiske Gæringsprocesser. Medens Gærsvampe og enkelte Skimmelsvampe i Sukkeropløsninger fremkalder alkoholisk Gæring (Spaltning i Alkohol og Kulsyre), kan Bakterier i de samme Opløsninger fremkalde henholdsvis Mælkesyre-, Smørsyre- og Eddikesyregæring m. fl. Og alle disse Mikrober forekommer i store Mængder i Jordbunden, hvor den ene tager fat, naar den anden slipper. Det skal saaledes nævnes, at foruden af Sukker kan nogle Bakterier af Mælkesyre danne Smørsyre, og Mælkesyregæring indtræder meget let i Grøngødskning eller i Hobe af Hø og andre grønne Urter (Ensilage).

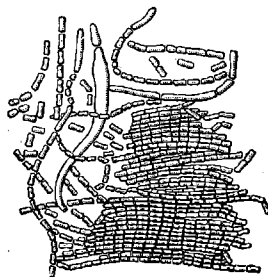


Fig. 4. Eddikesyrebakterie.
1600/₁.

Endelig spaltes Fedtstofferne, bl. a. af flere Forraadningsbakterier, i Glycerin og frie Fedtsyrer, og disse forgæres ogsaa videre af mange andre Bakterier til Kulsyre og Brint eller Vand, der er Endemaalet for alle de kvælfrie organiske Stoffers Omdannelse.

Foruden de typiske Gæringsorganismer vil en Mængde mere indifferente Former som Høbakterien (*Bacillus subtilis*), Kartoffelbakterierne (*Bacillus vulgaris*), Rodbakterien (*Bac. mycoides*), den tykke *Bacillus Megatherium* o. m. fl. deltagere i disse Omdannelser. —



De kvælstofholdige organiske Stoffers Sønderdeling giver sig let til Kende ved Udviklingen af ildelugtende Luftarter, idet Svovlet af Æggehidestofferne frigøres i Form af Svovlbrinte, og der foruden Ammoniak dannes en Række stinkende Forraadningsprodukter som Indol, Skatol o. fl. Skønt Æggehidestoffernes Spaltning ligesom Sukkerarternes kan gaa i flere forskellige Retninger efter de Bakterier, der fremkalder den, og tiltrods for, at det i Naturen altid er en Mængde forskellige Gæringer, der forløber samtidigt og efter hinanden, har man fra gammel Tid benyttet Navnet „Forraad- nelse“ som en Fællesbetegnelse for alle dem, hvis Særkende

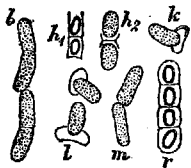


Fig. 6. *Bacillus Megatherium*, med Sporer. 600/1.

var den ilde Lugt. Men denne er dog ikke altid lige fremtrædende. Det er særlig de Forraadningsbakterier, som lever og virker hvor den frie Ilt ikke har Adgang, de anaerobe, der fremkalder Stanken, medens en Forraadning, der iværksættes af aerobe, iltbrugende Bakterier, kan forløbe næsten lugtløs; men da begge Former i Naturen som oftest arbejder paa samme Tid, de første i det Indre af Æggehidestofferne, de sidste paa Overfladen, vil der næsten altid være nogen Stank fra denne Proces, og navnlig hvor store Mængder af Æggehidestof er ophobede, som i Møddinger og i den paa Marken frisk udbragte Gødning.

„Forraadningsbakterierne“ er da (i lige saa høj Grad som „Forraadning“) et Fællesnavn for vidt forskellige Organismer, nemlig for hele den store Mængde, der deltager i Æggehidestoffets Sønderdeling, hvortil ogsaa hører nogle af de tidligere nævnte Former, som f. Eks. Høbakterier og flere Smør-

syrebakterier. Af typiske Forraadnelsesbakterier skal der kun

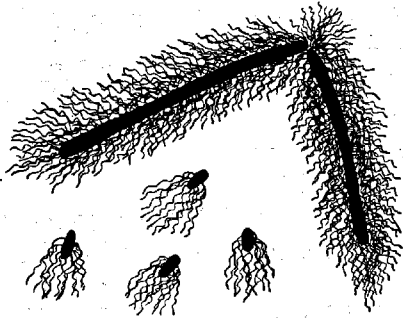


Fig. 7. *Bacillus vulgaris*. Med Svingtraade. $\frac{1000}{1}$.

nævnes nogle enkelte, som *Bacillus putrificus* eller de her afbildede Former, *Bacillus vulgaris*, *Bac. Chauveaui**) og *Bac. fluorescens liquefaciens* (Figg. 7, 8 og 9). Hertil slutter sig saa den Gruppe af Bakterier, der forgærer Urinstof og Hippursyre (samt Urinsyre) til kulsur Ammoniak, og som derfor spiller en Hovedrolle ved Urinens (Aj lens) Gæring. Dette er forøvrigt ogsaa højest forskellige Bakterier, af baade Kugle- og Stavform, bevægelige og ubevægelige, med og uden Sporer. En af de kraftigste Urinforgærere er den paa næste Side afbildede sporebærende *Bacillus Pasteurii* (Fig. 10), der endogsaa kan leve i en 10 Procents Urinstofopløsning og i ganske kort Tid omdanne denne fuldstændig til kulsur Ammoniak.

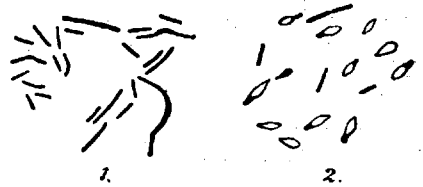


Fig. 8. *Bacillus Chauveaui*. $\frac{600}{1}$.

Disse Bakterier forekommer overalt i Støv og i Jorden og har en overordentlig stor Betydning saavel i Naturens almindelige Økonomi som ved de for Jordbruget betydningsfulde Stofomsætninger. Det skal dog her bemærkes, at Urinstofbakterierne først virker ved en i Naturen forholdsvis høj Temperatur, nemlig over 10° , og at de ogsaa standser deres Virksomhed ved Tilstedeværelse af en ganske ringe Mængde af fri Syre.

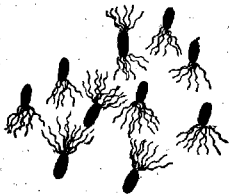


Fig. 9. *Bac. fluorescens liquefaciens*. Med Svingtraade. $\frac{1000}{1}$.

Fælles for den egentlige Forraadnelse og Urinstofgæringen er, at Endeprodukterne ved begge er Kulsyre og Ammoniak. Og da begge disse Stoffer er flygtige, baade hver for sig, og naar de er forenede som kulsur Am-

*) *Bac. Chauveaui* er tillige sygdomsvækkende.

moniak, vilde store Mængder deraf jo kunne forsvinde i Luften, i hvert Fald midlertidig, til de igen førtes tilbage til Jorden med Regnvandet. Dette vilde betyde et meget stort Tab af den værdifulde Kvælstofgødning, hvis ikke andre Processer i Naturen greb regulerende ind her, men forøvrigt gaar der virkelig ogsaa ofte store Værdier til Spilde ad denne Vej, navnlig ved en ufornuftig Opbevaring af Staldgødningen og Ajlen, eller naar den første i længere Tid henligger paa Marken, inden den pløjes ned, eller den sidste uden Tilsætning af ammoniakbindende Stoffer spredes i alt for tørt Vejr. I en velindrettet Mødding vil ellers Ammoniaktab i større Maale-

stok forhindres ved Tilstedeværelsen af større Mængder fri Kulsyre, som dannes ved andre Gæringsprocesser, og i den vel behandlede Jord vil Ammoniakken, efterhaanden som den dannes, ved andre særlige Bakteriers Tilstedeværelse iltes til Salpetersyring og Salpetersyre, der, idet de danner Salte med Kalk, Natron, Kali o. s. v., ikke er flygtige,

men derimod direkte anvendelige for Kulturplanterne, af hvilke de da ogsaa hurtigt vil blive optagne.

Skønt det vigtigste ved Formuldnings- og Førraadelsesprocesserne maa siges at være Mineraliseringen af Kulstoffet og Kvælstoffet, spiller de dog ogsaa en meget betydningsfuld Rolle derved, at andre vigtige Plantenæringsstoffer som Kali, Fosforsyre, Kalk og Svovlsyre derved bliver frigjorte af de organiske Forbindelser og igen inddrages i deres Kredsløb gennem Organismerne. Endvidere vil flere af Jordbundens mineralske, uopløselige eller tungt opløselige Bestanddele, som f. Eks. fosforsur Kalk eller Dobbelt-silikater som Feldspath, delvis sønderdeles ved de omtalte Gæringsprocesser, saa Planterne ogsaa ud af dem kan drage værdifulde Næringsstoffer.

I det hele taget paavirker Bakterierne ikke alene Jordbundens organiske Bestanddele, men de spiller ogsaa en betyd-

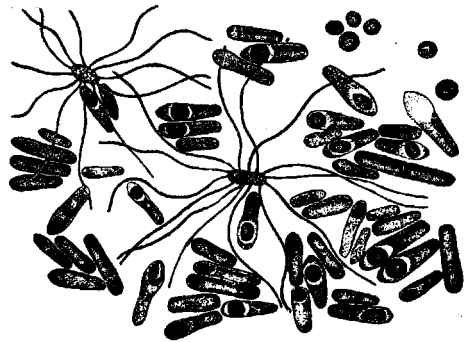


Fig. 10. *Bac. Pasteurii*.
Urinstofbakterie med Spore. ²⁵⁸⁰/₁₁.

ningsfuld Rolle ved geologiske Formationer, ved at fremskynde eller tildels fremkalde Forvitringen af forskellige Bjærgarter, og derved paa flere Steder forberede Jordbunden for de højere Planter. Det angives saaledes, at selv de høje, stolte Alpe-toppe undertiden ligger under for Bakteriers Virksomhed. Det i Berner-Oberland saa bekendte Bjærg „Faulhorn“ (2684 Meter) har faaet sit Navn („det raadne Horn“) deraf, at det synes ligesom at raadne hen; og nu har man paavist, at dets Spids virkelig er fuld af Bakterier, som utvivlsomt har den største Andel i dens Hensmuldren.

IV.

Salpeterdannelse (Nitrifikation).

Det er i forrige Afsnit ganske kort berørt, at den ved Forraadnelsen og Urinstofgæringen dannede Ammoniak i Jordbunden omdannes til Salpetersyre, men da denne Proces i sig selv er overmaade interessant og dertil ogsaa af den største praktiske Betydning, fortjener den en nærmere Omtale.

Selve Salpeterdannelsen har været kendt fra de ældste Tider, og i de saakaldte „Salpeterplantager“ har man fra gammel Tid fremstillet Salpeter ved at danne Hobe af kvælstofholdige organiske Stoffer, Mergel, Kalkaffald og Aske og jævnlig vande disse med Urin, der, efter at være spaltet til kulsur Ammoniak, her stadig iltes til Salpetersyre. Men at ogsaa denne Proces skyldes Bakterier, er først for ca. 15 Aar siden bleven fuldt opklaret af Russeren *Winogradsky*, efter at dog *Pasteur* allerede i 1862 havde udtalt en Formodning derom, og andre Franskmænd (*Schloesing & Müntz*) i 1878 havde gjort det overvejende sandsynligt, at det maatte være levende Væsener, som fremkaldte den.

At Salpeterdannelsen er saa betydningsfuld for Jordbruget, beror bl. a. derpaa, at flere, og vel de fleste, af vore Kulturplanter ikke kan benytte Ammoniak og sandsynligvis overhovedet kun salpetersure Salte som Kvælstofkilde. Skønt i sit Væsen helt forskellig fra Forraadnelsen bliver Salpetersyredannelsen da en til denne paa det nøjeste knyttet og sup-

plerende Gæringsproces. Og naar det nu er fastslaaet, at den skyldes Bakterier, har alle de Oplysninger, vi kan skaffe os om disses Livsforhold, Betydning for de praktiske Forholdsregler, der maa tages i Jordbruget for at faa Salpeterdannelsen til at forløbe paa den bedst mulige Maade.

At det varede saa længe, inden Salpeterbakterierne — trods den ivrigste Efterforskning — blev opdagede, kommer dels deraf, at det er meget smaa Former, som vokser yderst langsomt, og derfor ikke er lette direkte at iagttage under Mikroskopet, dels af, at de ikke lader sig dyrke paa de i Bakteriologien almindeligt anvendte Næringssubstrater, men stiller ganske særlige Krav i saa Henseende. Da Salpeterdannelsen imidlertid foregaar i al frugtbar Jord foruden i Kloakvand og undertiden ogsaa i Staldgødning, maa Bakterierne antages at have en vid Udbredelse. I Virkeligheden er det ogsaa lykkedes at paavise dem i Jord fra de forskelligste Steder af Kloden, saavel rundt omkring fra Europa som fra Nord- og Sydamerika, Afrika, Australien, Indien, Java og Japan. I 1889 lykkedes det første Gang (for *Winogradsky*) at rendyrke en Nitrifikationsbakterie i Jord fra Omegnen af Zürich og i det følgende Aar at paavise lignende Former i Jordprøver fra mange andre Steder, men først 1891 kunde han fastslaa, at Salpeterdannelsen foregaar i to Sæt, først en Iltning af Ammoniak til Salpetersyrling (Nitrit) og derefter en videre Iltning af denne til Salpetersyre (Nitrat), og at hver af disse Processer besørages af forskellige Bakteriegrupper, af hvilke den ene er ganske uvirksom overfor Ammoniaksalte, den anden overfor salpetersyrlige Salte, at der med andre Ord gives baade Nitrit- og Nitratbakterier. Forskellige Forskere, men navnlig *Winogradsky* og hans Elev *Omeliansky*, har derefter gjort de salpeterdannende Bakterier til Genstand for et meget indgaaende Studium, der har frembragt i højeste Grad interessante Resultater. Af disse skal vi dog her nøjes med at fremdrage følgende.

Af selve Bakterierne er Nitritbakterierne noget indbyrdes forskellige, men gennemgaaende smaa Kugler eller korte, tykke Stave, der ofte er selvbevægelige og forsynede med en kortere eller længere Svingtraad, medens Nitratbakterierne er udprægede Stavbakterier, men meget smaa, og vistnok i Regelen ubevægelige.

Men hvad der især er mærkværdigt ved disse Bakterier, er deres ejendommelige Levevis. Medens saa godt som alle andre Bakterier kun kan trives, hvor organiske Stoffer staaer til deres Raadighed, kan disse dyrkes i en Næringsblanding, der ikke indholder mindste Spor af organisk Stof, kun nogle rent uorganiske Næringssalte som svovlsur Ammoniak (for

Nitritbakterier), salpetersyrligt Natron (for Nitratbakterier) og dertil svovlsur og kulsur Magnesia, fosforsurt Kali, Klornatrium, kulsurt Natron og svovlsurt

Fig. 11.
Nitritbakterie fra
Evropa.
1000/1.

Jærnforsalte. Ja, organiske Stoffer er endog direkte skadelige for disse Bakterier, især for Nitritbakterien, medens mærkeligt nok Ammoniak og Ammoniaksalte virker som den stærkeste Gift paa Nitratbakterierne.

Imidlertid maa disse som alle andre levende Væsener bruge Kulstof til at bygge deres Celler op af, og Forsøg har vist, at der i Renkulturer af Salpeterbakterier ogsaa efterhaanden dannes ikke ubetydelige Mængder af organiske Kulstofforbindelser. Men disse dannes paa Bekostning af luftformig Kulsyre, der assimileres af disse Bakterier som af de højere grønne Planter, dog rigtignok paa en helt anden Maade, nemlig uden Lysets Hjælp, alene ved den Energi, der udvikles ved Ammoniakens og Nitriternes Iltning til henholdsvis Salpetersyrling og Nitrater. Ved denne Evne indtager de salpeterdannende Bakterier en Særstilling blandt de levende Væsener, af hvilke de kunde tænkes at være de første, som i sin Tid opstod paa Jorden, ligesom de i Kraft deraf vil kunne leve paa saadanne Steder, hvor der ellers ikke rører sig noget organisk Liv.

Den Livsvirksomhed, der bestaar i Iltning, kræver naturligvis uhindret Adgang af fri Ilt, men den foregaar dog næppe før ved Temperaturer over 5 Grader Celsius, er ret kendelig ved 12 °, men har først sit Optimum omkring ved 30 °—37 °. Ved 45 ° er den meget svækket og ved 55 ° ganske ophørt, og Bakterierne, der ikke fører Sporer, dræbes ved denne sidste Temperatur. Derimod kan de taale lang Tids Udtørring, hvorfor de har holdt sig levedygtige i Jordprøver, som er sendte til Evropa fra Jordens fjerneste Egne. Paa sur Næringsbund trives de ikke, derfor heller ikke i sure Jorder, som i Hede- og Tørvejord eller Skovmor, men en Tilsætning af



Fig. 12.
Nitritbakterie fra
Java. 1000/1.

Kalk til saadanne vil kunne fremkalde en meget kraftig Nitrifikation. *) Hvor vidt de nu forefinder de her nævnte Betingelser opfyldte i den dyrkede Jord, vil vi senere komme tilbage til.

V.

Salpetersønderdeling (Denitrifikation) og Æggehvitestoffdannelse.

Den for Plantelivet saa værdifulde Salpetersyre, der dannes ved Nitrifikationsbakteriernes Livsvirksomhed, kan ad forskellige Veje forsvinde i Jorden, før den bliver udnyttet af Planterne. Medens Kvælstoffet i Ammoniakforbindelser kan bindes ved Absorption til nogle af Jordens mineralske Bestanddele, bliver det nemlig, naar det findes i Form af salpetersure Salte (Nitrater), der alle er yderst let opløselige og ikke absorberes, hurtigt udvasket med Regnvandet og ført ned i Undergrunden. Men ogsaa Bakterier kan foraarsage dets Forsvinden, idet en Gruppe af disse Væsener, som man har kaldet de salpetersønderdelende eller de denitrificerende Bakterier, ved en meget hurtigt forløbende Gæringsproces reducerer Nitraterne og heraf endog ofte ligefrem frigør Kvælstoffet som saadant. Og endelig kan andre Bakterier unddrage de højere Planter Nyttens af Nitraterne ved selv at optage dem som Næringsstoffer og deraf danne Æggehviteoffer, der kun yderst langsomt igen nedbrydes til uorganiske Forbindelser.

Evnen til at reducere Nitrater er meget almindelig blandt Bakterierne. Men nogle er kun i Stand til at reducere til Nitriter, medens andre tillige kan reducere disse videre til Kvælstoftveilte og Kvælstofforilte, og atter andre kan frigøre det elementære Kvælstof af Nitrater og Nitriter.

Blandt de mange Bakterier, der kan reducere Nitrater til Nitriter, findes en hel Del almindelige Arter, der er udbredte

*) For Statens forstlige Forsøgsvæsen har jeg netop udført en Række Forsøg over Salpeterdannelsen i den sure Skovmor og Kalkningens Indflydelse derpaa. Herom vil der om nogen Tid blive offentliggjort et Arbejde i „Meddelelser fra Statens forstlige Forsøgsvæsen“.

overalt i Jord, Luft og Vand uden ellers at udmærke sig som særlige Gæringsorganismer, og denne Egenskab tilkommer f. Eks. ogsaa en Del sygdomsvækkende Bakterier som Miltbrand-, Tyfus- og Colibakterier foruden Gær- og Skimmel-svampe. I Jordbruget vil disse Former næppe gøre nogen Skade, da de salpetersyrlige Salte ikke er flygtige og let igen kan iltes til Nitrater. Men saa snart Reduktionen gaar saa vidt som til de to Luftarter, Kvælstoftveilt og Kvælstofforilt, der af nogle Bakterier synes at dannes som Overgangsforbindelser til det frie Kvælstof, er der næppe mere nogen Mulighed for Oparbejdelse til salpetersure Salte, og en saadan er i hvert Fald udelukket, naar det sidste Stadium, det frie Kvælstof, er naaet. Imidlertid forekommer netop de Bakterier, der fører Reduktionen saa vidt, almindeligt udbredte i Jordbunden, og da de altsaa frembyder en stor Fare for Kvælstofgødningens fulde Udnyttelse, vil det have sin Interesse at høre lidt nærmere om dem og om de Betingelser, under hvilke de kan udføre deres ødelæggende Virksomhed.

Der er ingen Grund til at anføre alle de latinske Navne, under hvilke disse Bakterier, de ægte denitrificerende Arter, er beskrevne, men man maa gaa ud fra, at de findes i al dyrket Jord foruden i Luften, i Vandet, i Møddingen og Ajlebeholderen o. s. v., hvor de ikke just altid forefinder Salpeter, men da ogsaa kan klare sig foruden. De lever der i Almindelighed som de fleste andre Bakterier som almindelige Raadplanter, og kun, naar Salpeter staar til deres Raadighed, optræder de som særlige Gæringsorganismer. I Almindelighed fordrer de fri Ilt for at kunne trives, men hvis de har Adgang til Nitrater eller Nitriter, kan de undvære den frie Ilt og nøjes med den bundne, som de da tager fra disse Forbindelser. Imidlertid kommer Salpetersønderdelingen dog ikke til Udførelse, med mindre endnu en Betingelse er opfyldt, nemlig Tilstedeværelsen af visse organiske Kulstofforbindelser, der kan tjene Bakterierne som Næring og levere dem den Energi, der er nødvendig til Spaltning af Salpeteret. Af saadanne Forbindelser kan nævnes flere organiske Syrer som Citronsyre, Mælkesyre og Smørsyre, endvidere Glycerin og forskellige Kulhydrater som Sukkerarter, Dextriner, Stivelse, i visse Tilfælde Cellulose og Pentosaner, de sidste dog maaske først, naar de

af andre Bakterier er omdannede til Xylose og lignende Forbindelser. Fra Praksis har man, overensstemmende hermed, gjort den Erfaring, at gives der samtidig med Salpetergødning Staldgødning eller blot Halm eller Grøngødning til Jorden, bliver Virkningen af Salpeteret i høj Grad nedsat, fordi det i saa Tilfælde reduceres, før det kan udnyttes af Kulturplanterne. Hvor vidt der i Almindelighed er en Fare for, at de ved Nitrifikationsbakteriernes Virksomhed i Jorden dannede salpetersure Salte paa denne Maade straks igen gaar tabt, vil senere igen blive behandlet, og der skal her endnu kun tilføjes, at ligesom de to Stadier i Nitrifikationsprocessen besørages af to helt forskellige Slags Bakterier, saaledes gives der ogsaa denitrificerende Bakterier, der kun kan angribe Nitritter og ikke Nitrater.

Forøvrigt er de kemiske Processer ved Denitrifikation endnu kun meget ufuldkomment kendte. Ved Siden af de allerede nævnte Stoffer dannes der som oftest ogsaa Kulsyre; i visse Tilfælde tillige Ammoniak, Brint og Svovlbrinte. Bringes en Denitrifikationsbakterie i Renkultur i Bouillon, hvortil der er sat en brugelig Kulstofforbindelse samt f. Eks. 0.2 % Salpeter, kan dette ved en gunstig Temperatur (ca. 30 °) gære bort i Løbet af 1—2 Døgn; idet der ved den stærke Luftudvikling dannes et højt Lag Skum paa Bouillonon. Efter Undersøgelser, der er foretagne af Schweizeren *J. Hohl*, har Sollyset en overordentlig stærkt svækkende Indflydelse paa Denitrifikationen, hvilket ikke vil være uden praktisk Betydning. Bl. a. har ogsaa vor Landsmand *Hjalmar Jensen* leveret et smukt Arbejde over denitrificerende Bakterier.

For de salpetersønderdelende Bakterier spiller Salpeteret vel i første Række den Rolle at forsyne dem med Ilt og alt-saa tjene som en Slags Aandingsmateriale, men *Hj. Jensen* har gjort opmærksom paa, at det ogsaa tjener disse Bakterier som Kvælstofnæring, idet de deraf danner Æggehvide-stoffer. Ganske vist er det dog kun en forsvindende Del af Kvælstoffet, der bindes paa denne Maade, saa det næppe har nogen praktisk Betydning, men efter Undersøgelser af *Gerlach & Vogel* findes der en anden Gruppe af Bakterier, der er i Stand til at oparbejde betydelige Mængder af Nitrater til Æggehvide-stoffer, og saaledes for længere Tid lægge Kvælstoffet fast og unddrage Kulturplanterne det. Denne Egenskab tilkommer utvivlsomt ogsaa mange af de Skimmelsvampe og andre

Svampe, der forekommer almindeligt i Jordbunden og navnlig spiller en stor Rolle i Hede- og Skovjord, f. Eks. i Bøgemor, hvor der jo kan ophobes store Mængder af Kvælstof i saadanne Forbindelser, at det synes for lange Tider at være unddraget Kvælstoffets almindelige Kredsløb. Man har i de senere Aar skænket denne Æggehvidestofdannelse megen Opmærksomhed, og muligvis har den ofte været Aarsagen til den Mindrevirkning af Salpetergødning, som man tidligere har skrevet paa Denitrifikationsbakteriernes Regning. Men er det saa, kan det dog kun dreje sig om en midlertidig Forstyrrelse, ikke om et absolut Tab af Kvælstof, idet Æggehvidestofferne, i hvert Fald i den frugtbare Jord, hvor Forraadnings- og Nitrifikationsbakterier kan trives, før eller senere igen vil blive omdannede til Salpetersyre.

VI.

Indvinding af Luftens frie Kvælstof.

1. Ved Bælgplanters og andre Planters Knoldbakterier.

Ved Siden af Opdagelsen af Aarsagsforholdet mellem nogle af de farligste smitsomme Sygdomme og visse Bakterier, er der næppe noget Resultat af den moderne bakteriologiske Forskning, der har vakt saa stor og berettiget Opsigt som Paavisningen af, at Bælgplanterne ved Bakteriers Hjælp er i Stand til at indvinde Luftens frie Kvælstof og saaledes undvære al anden Kvælstofnæring. Dette Forholds Betydning for det praktiske Landbrug er nu saa almindelig kendt og udnyttet, og der er heraf, baade i Skrift og i Tale, givet saa mange almenfattelige Fremstillinger, at jeg paa dette Sted kan indskrænke mig til ganske kort at rekapitulere Hovedpunkterne heraf og tilføje et og andet af praktisk Interesse fra de aller- sidste Aars Forskning paa dette Omraade.

Det var her som saa ofte Praktikernes Iagttagelser og Erfaringer, der gav Anledningen til de videnskabelige Undersøgelser, og denne betydningsfulde Opdagelse afgiver et af de smukkeste Eksempler paa, til hvilke vigtige Resultater et gen-

nemført og forstaaende Samarbejde mellem Videnskab og Praksis kan føre.

Allerede hos Landbrugsforfattere fra Oldtiden finder man angivet, at man ikke behøver at gøde Jorden efter en Afgrøde af Lucerne og Vikker, og den bekendte tyske Landøkonom *Albr. Thaer* (1752—1828) siger (1812), at Kløver beriger Jordbunden ved at „befordre en særlig Tiltrækning af de nærende Bestanddele af Atmosfæren“. *Lawes & Gilbert* fra Rothamsted i England præciserer dette nærmere ved at kalde Kløverarterne for kvælstofberigende, og der blev snart gjort Anvendelse af disse praktiske Erfaringer ved Indførelse af Vekseldrift med saakaldte Kvælstofsamlere (Bælgplanter) og Kvælstofforbrugere (Græsser, navnlig Kornsorterne, Roer, Kartofler o. s. v.). Men trods disse samstemmende Opfattelser kom *Boussingault* (1851—54) ved omfattende videnskabelige Forsøg dog til det Resultat, at Bælgplanter ikke er i Stand til at assimilere frit Kvælstof, og talrige andre Forsøg i de følgende Aartier med Vand- og Sandkulturer gav samme negative Resultat, som vi dog nu let kan forklare uden at rokke ved Nøjagtigheden af de med saa stor Omhu udførte Forsøg. Først i Aaret 1886 blev Gaaden løst af *Hellriegel & Wilfarth*, efter at et lille Skrift af den tyske Godsejer *Schultz-Lupitz* (1883) om de Erfaringer, han havde gjort med Bælgplanter som Kvælstofsamlere i magert Hedesand, havde givet Stødet til en fornyet videnskabelig Undersøgelse af Sagen.

Hvad *Hellriegel & Wilfarth* konstaterede, var i Korthed følgende: 1) At Bælgplanterne foruden Jordbundens Kvælstofforbindelser tillige kan udnytte Luftens frie Kvælstof; 2) at de dog ikke for sig alene er i Stand hertil, men kun ved Hjælp af visse i Jorden forekommende Mikroorganismer; 3) at den blotte Tilstedeværelse af disse i Jorden dog heller ikke er tilstrækkelig, for at Kvælstofassimilationen kan komme i Gang; men 4) at der først maa indledes et symbiotisk Forhold (Samliv) mellem Bælgplanterne og disse Mikrober; og endelig 5) at Knoldene paa Bælgplanternes Rødder staar i Forbindelse med og er nødvendige for denne Samvirken.

Hidtil havde man nærmest betragtet disse paa Bælgplanternes Rødder saa almindeligt forekommende Knolde som sygelige Dannelser, men man kom nu snart paa det rene med, at de kvælstofassimilerende Mikrober netop lever inde i Knoldene og der forskaffer deres Værtplanter den værdifulde Kvælstofnæring. I 1888 lykkedes det *Beijerinck* og i 1890 *Prazmowski* at rendyrke Mikroberne, der viste sig at være Bakterier, fra selve Knoldene, og den sidste paaviste endvidere, at man kunde fremkalde Knolddannelse hos Bælgplanter, der var dyrkede i sterile Næringsopløsninger eller i sterilt Sand, ved at inficere dem med Renkulturer af Bakterierne. Og tillige viste *Prazmowski*, hvorledes Bakterierne arbejdede sig fra Celle til Celle gennem Rodhaarene ind i Røddernes Indre og derinde fremkaldte Dannelsen af et særligt med Bakterier overfyldt Cellevæv, der udadtil fremtraadte som Knolde.

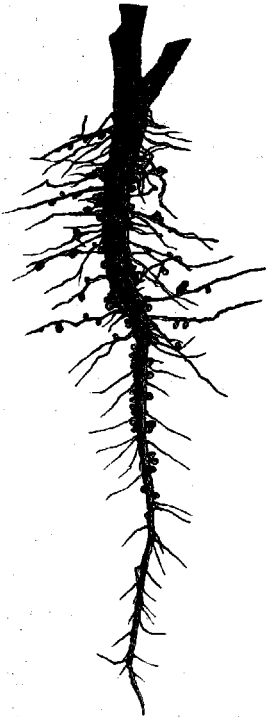


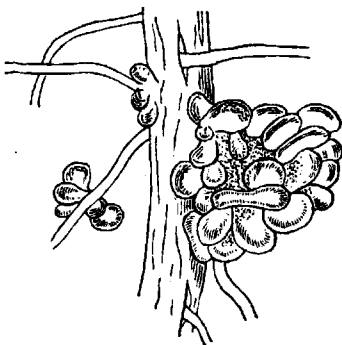
Fig. 13. Rod med Knolde af Bønne-Vikke.

Endelig viste Franskmanden *Mazé* (i 1896), at Bakterierne ogsaa i Renkulturer er i Stand til at assimilere frit Kvælstof fra Luften, idet der af en Kultur i Løbet af 15 Dage kunde bindes ikke mindre end 47·5 Milligram Kvælstof. Ude i Naturen synes disse Bakterier dog ikke at binde Kvælstof undtagen i Samliv med højere Planter, idet de fordrer saadanne Betingelser (bl. a. med Hensyn til andre Næringsstoffer) opfyldte, som de ikke forefinder i Jorden.

Der foreligger nu en Række Studier over disse Bakterier, som dog endnu er meget ufuldstændige, men bl. a. har vist, at Bakterierne inde i Knoldene efterhaanden antager abnorme, grenede Former (Bakteroider) og undertiden falder hen, saa det maaske er muligt for Bælgplanten at opsuge deres Celleindhold og paa den Maade berige sig med Kvælstof. Imidlertid er der ogsaa meget, der taler for, at Bakterierne efter at have beriget sig

selv med frit Kvælstof udskiller dette i saadanne Forbindelser, at det kan bruges af Værtplanten, uden at Bakterierne selv gaar til Grunde derved.

I det hele taget synes Forholdet mellem Bælplanter og Bakterier ikke just at være af helt venskabelig Art. I hvert Tilfælde optræder Bakterierne i Begyndelsen af Samlivet som rene Snyltere, der kan gøre Værtplanten Fortræd og en Tid hemme den i Væksten, og denne værges sig paa den anden Side, saa godt den kan, mod Bakterieangrebet. Ofte er nemlig Bælplanten i Stand til at afværge dette ved enten helt at hindre Bakterierne i at trænge ind i Rodhaarene eller, naar de er trængte ind, før eller senere at svække dem saaledes, at de enten helt forhindres i at fremkalde Knolddannelsen, eller, naar dette er lykkedes dem, dog i at assimilere frit Kvælstof. Resultatet af denne Kamp beror da paa, hvor godt rustede de respektive Parter er, og det har navnlig ved de seneste Aars Forskninger vist sig, at naar „Pod-Fig. 14. Et Stykke Rod af Bønne-
Vikke, forstørret.



vil lykkes, beror det i Regelen paa en for svag „Virulens“ (Giftighed overfor Værtplanten) hos Bakterierne. Men man har tillige lært, at denne Virulens kan forhøjes enten ved Tilpasning til forskellige Værtplanter eller ved Dyrkning i bestemte Næringssubstrater, og at de indbyrdes Race- eller Artsforskelligheder, man har tillagt Knoldbakterierne fra forskellige Værtplanter, i Regelen kun maa henføres til forskellige Grader af Virulens. Dog synes der at eksistere to vel adskilte Arter af Knoldbakterier, nemlig paa den ene Side den, der forekommer hos Ært, Vikke, Fladbælg, Bønne, Kløver, Sneglebælg, Fugleklo, Esparsette, Robinia o. fl. og paa den anden Side Lupinens, Seradellas og Sojabønnens Baktterie, af hvilke den sidste hidtil kun meget vanskeligt har kunnet lade sig dyrke paa kunstig Næringsbund og ikke lader sig overføre paa den førstes Værtplanter eller omvendt.

Efter at disse Forhold er blevne oplyste, navnlig ved *Hiltners* og *Störmers* Arbejder, har man søgt at overføre dem i Praksis ved Fremstilling af en ny Slags „*Nitragin*“. Som bekendt udspillede de af *Nobbe* og *Hiltner* i 1896 fremstillede Renkulturer af Knoldbakterier, som de kaldte „*Nitragin*“, snart deres Rolle i Praksis. Hvor de anvendtes, gav de sædvanligvis ingen som helst positive Resultater, kun af og til paa Tørvejord eller i meget humusrige Jorder. Den Fabrik, der havde overtaget Fremstillingen deraf, opgav denne i Aaret 1900,

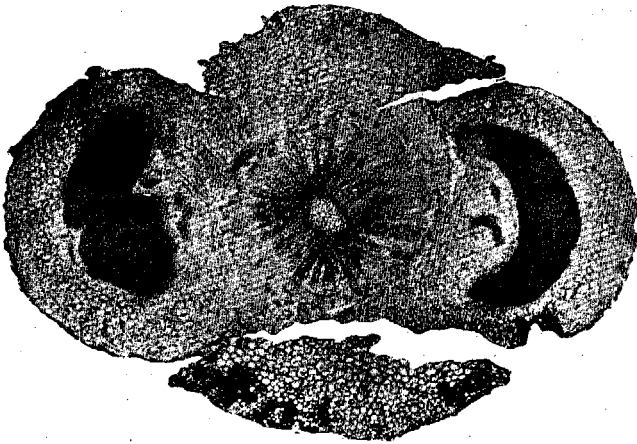


Fig. 15. Unge frembrydende Knolde af Lupin.
De mørke, halvmaanformede Partier er Bakterievævet.

og i Stedet for gik man saa over til at anvende Podejord fra Marker, der havde baaret knoldførende Bælgplanter, eller den udpressede Saft fra Knolde, til at inficere Planter i en jomfruelig Jord eller i saadanne Jorder, hvor der i lange Tider ikke havde været dyrket Bælgplanter. Men nu angiver imidlertid *Hiltner*, at det er lykkedes ham at fremstille et virkelig virksomt *Nitragin*, der ikke blot kan fremkalde Knolddannelse og dermed Kvælstofassimilation i Jorder, som mangler Knoldbakterier, men at det endogsaa, hvor disse i Forvejen findes, er i Stand til at forøge Afgrøden i meget betydelig Grad ved Fremkaldelsen af en endnu yppigere Knolddannelse. Han søger hertil sit Udgangsmateriale i Bakterier fra særligt virksomme Knolde, dyrker derefter Bakterierne paa saadanne Næringssubstrater, der er særligt egnede til at forøge deres

Virulens, og han anvender da de færdige Kulturer paa en anden Maade end tidligere. Medens det gamle Nitragin blev udrørt i Vand, og dette enten blandet med Jord eller benyttet til at inficere Frøene af de paagældende Bælgplanter med, anbefaler *Hiltner* nu at røre Nitraginet ud i Mælk eller i en Peptonopløsning og behandle helst Frøene hermed, efter at disse allerede nogen Tid har været udblødte eller endog lige er ved at spire. Derved hindres bakteriedræbende Stoffer, der findes i Frøenes Skaller, i at virke, og Podningen slaar i de allerfleste Tilfælde an. Af 300 Markforsøg, der i 1903 blev anstillede med Nitragin, udleveret fra *Hiltners* Laboratorium i München, omkring i de forskellige Dele af Tyskland, gav 70 Procent — af de i Bayern alene anstillede 98 Forsøg endog 83 Procent — gunstige Resultater, og i enkelte Tilfælde var Merudbyttet ved Podningen op til 80 Gange Udbyttet fra ikke podede Parceller.

Saaledes er Sagen nu antagelig bragt ind i det rette Spor, men foreløbig er Nitraginet dog endnu ikke bragt i Handelen i det store. Indtil videre udleveres det for alle i Landbruget og Forstvæsenet vigtige Bælgplanter i smaa Reagensglas kun fra det agrikulturbotaniske Institut i München, tilberedt i *Hiltners* Laboratorium.

Paa den amerikanske Landbrugsforsøgsstation i Wisconsin fremstiller man ogsaa (efter *Moore's* Metode) Renkulturer, der forsendes, indtørrede paa Vat, sammen med Næringssalte, i hvilke de før Anvendelsen opriskes. Denne Metode, der ogsaa angives at have givet gunstige Resultater, har den store Fordel fremfor *Hiltners*, at Kulturerne kan taale meget længere Tids Opbevaring og saaledes Forsendelse paa længere Afstande.

Foruden Bælgplanter danner forskellige andre Planter Knolde, der skyldes Bakterier eller lignende Organismer. Dette gælder f. Eks. vore Elletrær (*Alnus glutinosa*), Tidse (*Hippophaë rhamnoides*), Sølvblad (*Elæagnus angustifolia*) og Mosepors (*Myrica gale*), og sandsynligvis drager disse Planter samme Nytte af Knoldene som

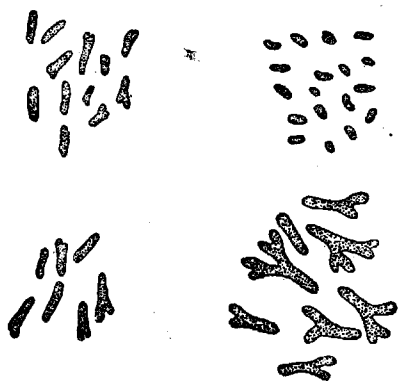


Fig. 16. Bakterier fra Knold af Vikke. $\times 700$.

Bælgplanterne. For Ellens Vedkommende er det sikkert paavist af *Hiltner*, at den kan trives i kvælstoffri Næringsopløsning, naar den bærer Knolde — som kan fremkaldes ved Infektion med Saft fra andre Knolde — medens Træer uden Knolde i saa Tilfælde ingen Vegne kommer. Sandsynligvis spiller denne Maade at skaffe sig Kvælstof paa en stor Rolle for en Klitplante som Tidsen, men nærmere Undersøgelser herover foreligger, saa vidt mig bekendt, endnu ikke. *)

2. Ved fritlevende kvælstofassimilerende Bakterier.

At Luftens frie Kvælstof kan bindes og ophobes i Jorden ved visse lavere Organismers Livsvirksomhed, er først bevist af den store franske Kemiker *Berthelot* gennem en Række Arbejder, der strækker sig fra 1885 til 1894. Han paaviste en meget betydelig Kvælstofbinding i den raa Jord, medens en til 100° opvarmet Jord ganske mistede denne Evne. I Karforsøg med 100 Pund Jord fandt han i Løbet af 7 Maaneder i Regelen en Binding af 5—10 Gram, i et enkelt Tilfælde endogsaa 23.15 Gram Kvælstof ud over, hvad der i Form af Salpetersyre og Ammoniak tilførtes Jorden med Regnvandet. Han regner da, at en Tønde Land gennemsnitlig i de øverste 3—4 Tommers Jordlag aarligt binder fra 15 til 30 Pund frit Kvælstof, men han har i et enkelt Forsøg konstateret en Binding af 150 Pund Kvælstof pr. Td. Land i de øverste 7—8 Tommers Jordlag, i et Tidsrum af knap 3 Maaneder.

En anden Franskmand, Prof. ved Forstakademiet i Nancy, *E. Henry*, har først i 1897 og senere i 1904 paavist en overmaade interessant og for det praktiske Forstvæsen yderst vigtig Binding af Kvælstof i de nedfaldne, visne Blade i Skovbunden, og det hos Blade af saa forskellige Træer som Bøg, Avnbøg, Eg, Bævreasp, Hvidgran og Østerrigsk Fyr.

*) De saakaldte Mycorrhizers, Svamperødders, Betydning for Kvælstofassimilationen f. Eks. hos Bjergfyrren, ligger det uden for denne Afhandlings Rammer at behandle. Se herom *P. E. Müller*: „Om Bjergfyrrens Forhold til Rødgranen i de jyske Hedekulturer“. Supplement-Hæfte til Tidsskr. f. Skovbr. 1903 og „Nogle nye Undersøgelser over Skovtræernes Svamprødder“. Tidsskr. for Skovvæsen, XVI, B. 1904.

Han har f. Eks. fundet, at Kvælstofprocenten hos Blade, der i Løbet af et Aar henlaa i Zinkkasser, paa Kalk- eller Sandstensplader,

for Egeblade	steg fra 1·108 %	til 1·923 %,
- Bøgeblade	— 0·947 -	- 2·246 -
- Bævreasblade	— 0·876 -	- 1·751 -

Da Bladene ved Henliggen taber i Tørstof, vilde Kvælstofprocenten ogsaa af den Grund stige, men ved Bestemmelse af Tørvægten før og efter Forsøgene kunde denne Stigning beregnes, og det viste sig da, at de fundne Tal oversteg de beregnede

for Egeblade	med 0·400 %	Kvælstof,
- Bøgeblade	— 0·780 -	—
- Bævreasblade	— 0·493 -	—

Regner man, at Jorden paa en Tønde Land Skov aarlig modtager 3300 Pund tørre Blade, vilde det, hvis disse alle var Egeblade, betyde en Kvælstofberigelse af 13 Pund, og hvis det var Bøgeblade af 22 Pund. Vi ser da, at det her drejer sig om Indvindingen af ikke ubetydelige Mængder Kvælstof, og man forstaar nu, hvorledes en Skov, selv paa de magreste Jorder, gennem Aarhundreder kan dække sit Kvælstofbehov og opsamle store Mængder af dette Stof i sit Ved og sine Blade, uden at der bliver tilført den Kvælstof i Form af Gødning.

Det er nu selvfølgelig ikke selve de døde Blade, der er i Stand til at assimilere frit Kvælstof, men skønt det endnu ikke er direkte bevist, er der dog næppe nogen Tvivl om, at Kvælstofberigelsen skyldes Mikrober, der lever paa Bladene saavel som i Jorden.

Det har da sin store Interesse at lære saadanne Organismer at kende og undersøge, under hvilke Forhold de er i Stand til at binde frit Kvælstof. *Berthelot* og andre mente oprindeligt, at det var encellede, grønne og blaa-grønne Alger, der var i Besiddelse af denne Egenskab, hvilket de nærmest sluttede deraf, at saadanne altid optræder i stor Yppighed paa Jord med stor Kvælstofbinding. Denne Antagelse har imidlertid vist sig ikke at være rigtig, men derimod er det lykkedes af Jorden at isolere og rendyrke foreløbig 2 Bak-

teriearter, der hver paa sin Vis er i Stand til at ernære sig ved Luftens frie Kvælstof. Antagelig findes der af den Slags endnu flere — muligvis ogsaa andre Organismer end Bakterier —, saa man har Lov til at stille Forventninger til den bakteriologiske Forskning paa dette Omraade.

Det er den berømte russiske Bakteriolog *Winogradsky*, vi ogsaa skylder Opdagelsen af og vort Kendskab til den ene af disse Bakterier, som han har kaldet *Clostridium Pasteurianum* (1895), medens den anden under Navnet *Azotobacter* først er beskrevet af Hollænderen *Beijerinck* (1901), der ogsaa har gjort sig fortjent af en Række banebrydende bakteriologiske Arbejder.

Clostridium Pasteurianum hører nærmest til den store Gruppe af Bakterier, der er i Stand til at fremkalde Smør-

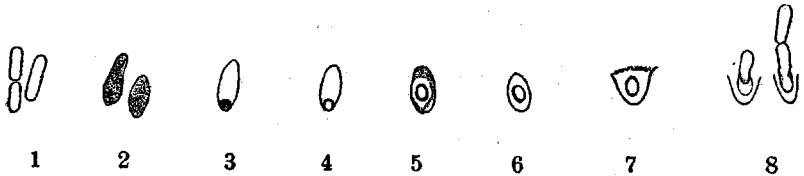


Fig. 17. *Clostridium Pasteurianum* i forskellige Udviklingsstadier.

syregæring, og som alle desuden er karakteriserede derved, at de ikke trives ved Nærværelse af Luftens frie Ilt, de saakaldte anaerobe Bakterier. Fælles for dem er det ogsaa, at de danner Sporer, og under Sporedannelsen svulmer Cellerne i Regelen op paa Midten (som en Ten, *Clostridium*, se Fig. 17) eller i Enden (som en Trommestik, se Fig. 1). *Clostridium Pasteurianum* viser dertil ganske ejendommelige Forhold under Sporedannelsen og Sporespisingen, som hidtil kun er kendte for denne ene Smørsyrebakteries Vedkommende, og hvorpaa den altsaa kan kendes fra andre. Ovenstaaende Række Figurer viser Bakteriens forskellige Udviklingsstadier fra den sporeløse Stav til den spirede Spore, uden at vi skal gaa nærmere ind paa Enkelthederne herved.

Hvad der forøvrigt er mærkeligt ved denne Bakterie, er, at den kan leve i en fuldkommen kvælstoffri Næringsopløsning, naar denne foruden et Kulhydrat (bedst Druesukker) indeholder lidt fosforsurt Kali, lidt svovlsur Magnesia, Spor af andre Salte og dertil Kridt (Kalk). Medens den heri fremkalder en Smørsyregæring, hvorunder der foruden Smørsyre navnlig dannes Ed-

dikesyre og frigøres store Mængder af Brint og Kulsyre, binder den Luftens frie Kvælstof, og det netop i Mængder, der svarer til den Mængde Sukker, der forgæres, gennemsnitlig c. 2 Milligram Kvælstof for hvert Gram Sukker. Dette er ganske vist ikke store Mængder, men dog nok til bestemt at fastslaa Kvælstofassimilationen, og muligvis vil Bakterien i Naturen, hvor den jo lever under andre Forhold end i en Renkultur, kunne binde endnu større Mængder af Kvælstof.

Som allerede nævnt, trives den i Renkulturer kun, naar den frie Ilt holdes borte fra den, i en Brint- eller Kvælstof-

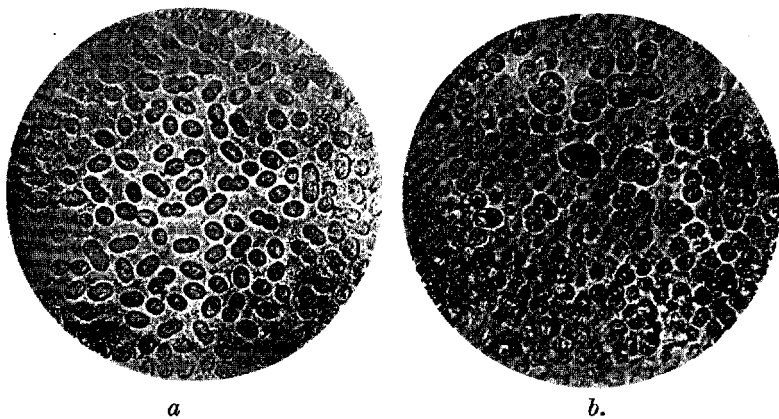


Fig. 18. *Azotobacter chroococcum*. *a*. Fra en ung Kultur, *b*. fra en ældre Kultur. Efter Mikrofotografi. $\frac{1000}{1}$.

atmosfære eller i ganske lufttomt Rum. Og disse Betingelser finder den vanskeligt opfyldte ude i Naturen. Men det har da ogsaa vist sig, at den vel kan leve i en iltholdig Atmosfære, naar den findes der sammen med andre iltforbrugende Bakterier, der beskytter den mod denne farlige Luftart. Med disse Bakterier opretter den et Slags Samliv til gensidig Støtte, idet den til Gengæld stiller Kvælstofnæring til Disposition for Kompagnonen.

Hidtil er den af *Winogradsky* rencydret fra Havejord fra St. Petersborg og Paris, hvorimod han ikke har kunnet finde netop den, men andre nærstaaende Bakterier, i Jord fra Sydrusland, Volhynien og Podolien. Paa Grund af Vanskeligheden ved at rencydke den, er dens geografiske Udbredelse endnu kun meget lidt kendt.

Anderledes med den anden kvælstofassimilerende Bakterie, *Azotobacter*. Denne er saa stor og let kendelig og derfor til saa let at dyrke, at den er funden rundt omkring i Evropa; jeg selv har blandt andet paavist den i Jord fra Landbohøjskolens Have og andre Haver i København, samt i Skov- og Agerjord fra Jylland. Beijerinck har beskrevet 2 Arter af den, *Azotobacter chroococcum* og *Az. agilis*, begge store, plumpe, korte Stave eller Kugler, der ofte optræder to og to sammen eller som hele Pakker og nærmest adskilles derved, at den sidste er mere bevægelig end den

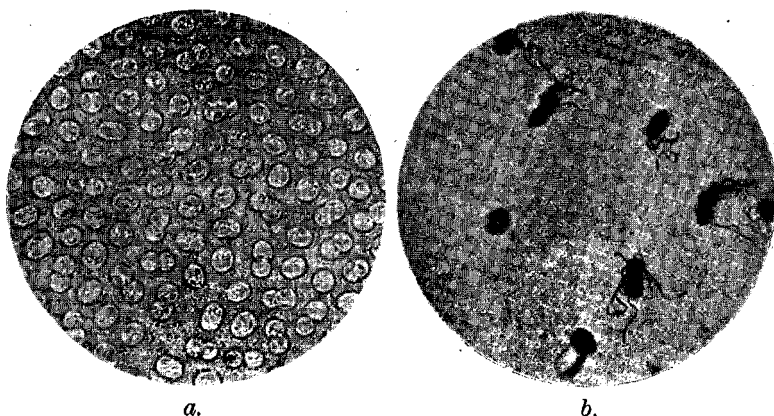


Fig. 19. *Azotobacter agilis*. a. Fra en ung Kultur, b. Celler med Svingtraade. Efter Mikrofotografi. $100\frac{0}{1}$.

første. De hører til de allerstørste Bakterier, saa det for saa vidt er mærkeligt, at de ikke har været kendte før, tilmed da de er saa almindeligt udbredte. Der kan endnu hertil føjes, at de synes ogsaa at forekomme i store Mængder i Havet, saaledes at man ligefrem kan skrabe dem af visse Havalger og iagttage dem direkte under Mikroskopet.

En Raakultur af *Azotobacter* (i Forening med en Mængde andre Bakterier) faar man let ved at udsaa en Smule Jord eller Jordinfus i en Opløsning af f. Eks. Mannit, Glykose eller mælkesur Kalk i almindeligt Ledningsvand og dertil sætte en Smule fosforsurt Kali. Man behøver ikke at sætte mindste Smule af Kvælstofforbindelser til, og dog vil man, hvis man holder Kulturen ved ca. 28° , i Løbet af nogle Dage

faa en overordentlig yppig Bakterieudvikling og Ophobning af betydelige Mængder af Kvælstof. Saar man fra en saadan Raakultur om i en steriliseret Næringsopløsning af samme Sammensætning og gentager dette et Par Gange, vil man kunne faa *Azotobacter* omtrent i Renkultur. Da den er en udpræget aërob (o: iltforbrugende) Bakterie, danner den en Overfladehinde, der er karakteristisk derved, at den efter nogen Tids Forløb antager en mørkebrun Farve.

Det har vist sig, at *Azotobacter* baade i Blandings- og Renkulturer er i Stand til at assimilere meget betydelige Mængder af Kvælstof. I Raakulturer fandtes saaledes af

<i>Beijerinck</i>	139 Milligram	Kvælstof pr. Liter	Næringsopløsning				
							med Mannit,
							med Mannit,
<i>Fr. Weis</i> fra	152 59·2	—	—	—	—	—	med Calciumlactat.
¹² / ₁₂ 04— ¹⁸ / ₁ 05							

I Renkulturer fandt

<i>v. Freudenreich</i>	160 Milligram	Kvælstof pr. Liter	Næringsopløsning,
<i>A. Koch</i>	180	—	—

eller ca. 7—9 Milligram Kvælstof for hvert Gram af den tilsatte kulstofholdige Næringskilde. Dette er altsaa en betydelig større Kvælstoffassimilationsevne end den, der er funden hos *Clostridium Pasteurianum*. Da disse to Bakterier jo forholder sig ganske modsat overfor fri Ilt, var det muligt, at de i Samliv med hinanden kunde indvinde endnu mere Kvælstof end hver for sig. Forsøg herover er, saa vidt mig bekendt, endnu ikke anstillede, men de vilde unægtelig have deres store Interesse.

Skønt *Azotobacter* aabenbart forekommer saa almindelig udbredt i Jordbunden, skal det dog bemærkes, at man hidtil forgæves har eftersøgt den f. Eks. i Hedejord. Da den er meget følsom overfor Syrer, vil den antagelig heller ikke findes i Tørvejord eller i den sure Skovmor. —

For nogle Aar siden blev der gjort stor Reklame for Renkulturer af en anden Bakterie, der solgtes under Navnet „Alinit“ og skulde udmærke sig ved at kunne assimilere frit Kvælstof og derfor egne sig til Udsæd i Agerjorden. Omhyg-

gelige Undersøgelser har dog vist, at den paagældende Bakterie slet ikke var i Stand til at binde Kvælstof, og de Forsøg, der blev gjorte med den i Praksis, gav lige saa negative Resultater. Forhandlingen af „Alinit“ er derfor vistnok ogsaa ganske ophørt.

VII.

Bakteriologiens Betydning for det praktiske Jordbrug.

Af den Oversigt over de vigtigste af de hidtil kendte Jordbakterier, som er given paa de foregaaende Sider, vil det ses, at det er ikke uvigtige Processer, der skyldes disse smaa Væsener. Men da der i Jorden findes for Jordbruget baade gavnlige og skadelige Former, vil det være Stedet at se tilbage paa, hvorledes de forskellige Arter virker sammen eller modvirker hinanden, samt i hvilken Grad de tjener eller skader det praktiske Jordbrug.

Efter det, vi hidtil ved, kan det dog straks betones, at den Jordbund, i hvilken der ikke rører sig et rigt Bakterieliv, heller ikke vil byde gunstige Kaar for Kulturplanternes Trivsel, men at der tværtimod er en nøje Forbindelse mellem dens Frugtbarhed og dens Indhold af Bakterier. *)

Spørgsmaalet er nu kun, om det vil være muligt for de praktiske Jordbrugere at regulere Bakterielivet i Jordbunden saaledes, at de skadelige Former trænges tilbage, medens de gavnlige fremelskes, eller om man muligvis af den sidste Slags kan tilføre en Jord saadanne, som den ikke i Forvejen huser.

Grundtrækkene i de ved Bakterierne fremkaldte og stadigt tilbagevendende Stofomdannelser er følgende: Under Formuldingen og Forraadnelsen af de organiske Stoffer mineral-

*) Man kunde vel tænke sig en frugtbar Jord, der ingen Bakterier indeholdt, men alle de for de grønne Planter nødvendige Næringsstoffer. I Praksis vilde en saadan Jord dog altid blive rigt befolket med Bakterier, som ikke vilde kunne holdes borte, og i Længden vilde disse ogsaa være ganske nødvendige til Opretholdelse af Frugtbarheden.

iseres disse ved en Række Gæringsprocesser, hvis Enderesultater er: 1) at det organiske Kulstof frigøres som Kulsyre (i nogle Tilfælde delvis som Kulbrinte), 2) at de organiske Kvælstofforbindelser nedbrydes til Ammoniak, og 3) at det Svovl og Fosfor, der findes i Æggehvidthestofferne, omdannes til Svovlsyre og Fosforsyre, der forener sig, dels med Ammoniakken, dels med Kali, Natron, Kalk, Magnesia og andre mineralske Stoffer, som altid ledsager de organiske Stoffer i Naturen. Alle disse for de højere Planter saa nødvendige Næringsstoffer bliver saaledes atter tilgængelige og direkte optagelige. Kun synes Kvælstoffet — for nogle Planter i hvert Fald — at skulle omdannes endnu et Skridt videre, nemlig fra Ammoniak til Salpetersyre der med Kali, Natron, Kalk m. fl. danner neutrale salpetersure Salte, Nitrater — men ogsaa denne Proces besørger jo af Bakterier.

Efter hvad der (S. 147—148) blev oplyst om Salpeterbakteriernes i mange Henseender saa mærkelige Livskrav, kunde det synes noget vanskeligt at forstaa, hvorledes Forraadnelsen og Salpeterdannelsen kan gaa Haand i Haand eller forløbe jævnsides med hinanden i Jorden. Det vil bl. a. erindres, at for den ene Gruppe af Salpeterbakterierne, Nitritbakterierne, var organiske Stoffer, for den anden Gruppe, Nitratbakterierne, Ammoniak overordentlig skadelige Stoffer, medens de paa den anden Side er en nødvendig Livsbetingelse for henholdsvis Forraadelses- og Nitritbakterierne. Man kunde deraf slutte, at af disse 3 Grupper af Bakterier vilde i et givet Øjeblik kun én kunne fungere, medens de naturlige Forhold tyder paa, at alle 3 virker samtidig i Jorden, endog saaledes, at f. Eks. Ammoniakken her synes umiddelbart at iltes til Salpetersyre (Nitrat), og man overhovedet kun sjældent kan paavise Salpetersyring (Nitrit).

Hvorledes dette Sammenspil i alle Enkeltheder finder Sted, forstaaer vi ikke endnu, men visse Træk synes dog at være opklarede. Det maa saaledes betragtes som fastslaaet, at Forraadelsesbakteriernes Tilstedeværelse i en Jordbund er en nødvendig Forbetingelse for Salpeterbakteriernes Virksomhed, da disse ikke selv er i Stand til at danne Ammoniak af organiske Kvælstofforbindelser; og naar der i visse Jorder (som Tørv, Skov- og Hedemor) ikke foregaar nogen Nitrifikation, saa skyldes dette først og fremmest Fraværelsen af For-

raadnelsesbakterier. Det angives (af *Dumont*) — og jeg selv har gjort den samme, lagttagelse — at sættes der til saadanne Jorder Ammoniaksalte, indtræder der efterhaanden ogsaa Salpeterdannelse. Og *Omeliansky* har vist, at Kvælstoffet i en Bouillon efterhaanden kan overføres til Salpetersyre, naar der i den saas en i Jorden almindeligt forekommende Forraadnelsesbakterie, *Bacillus ramosus*, sammen med Nitrit- og Nitratbakterier, medens Omdannelsen kun naar til Ammoniak, hvis disse sidste mangler, og Bouillonnen holder sig ganske uforandret, hvis de alene saas i den.

Endvidere er det lykkedes (*Boullanger* og *Massol*) at paa-vise, at naar en Nitrifikation først er kommen rigtig i Gang d. v. s., at Nitratbakterierne har formeret sig tilstrækkeligt, vil en Tilsætning Ammoniak ikke standse deres videre Virksomhed — selv om den maaske forbigaaende vil hemme deres Vækst og Formering — saa at Nitrit- og Nitratdannelse vil foregaa samtidig selv ved Tilstedeværelsen af betydelige Mængder af Ammoniak. Og da der i gammel Kulturjord altid maa antages at være en ret frodig Vegetation af Nitratbakterier, vil dette have til Følge, at Ammoniaksaltene synes direkte at iltes til Nitrater, selv om Nitriterne i Virkeligheden altid optræder som Mellemlid.

Endelig er der den Mulighed, at der i Jordbunden lever andre salpeterdannende Bakterier, med andre Livskrav, end dem, vi nu kender, saa at vor Opfattelse af Nitrifikationsprocessen i Tidens Løb vil kunne komme til at undergaa væsentlige Modifikationer.

At de salpeterdannende Bakterier først ret udfolder deres Virksomhed, hvor de organiske Stoffer er sønderdelte, har sin store Betydning i Naturens Økonomi. Det vil erindres, at de salpetersønderdelende Bakterier foruden Tilstedeværelsen af salpetersure Salte ogsaa kræver visse højere Kulstofforbindelser for at virke denitrificerende, saa Faren for, at hvad der vindes ved den ene Slags Bakterier, skulde sættes overstyr af den anden, derfor under almindelige Forhold i Virkeligheden er meget ringe. Og dertil kommer yderligere, at Denitrifikationen kun foregaa, hvor Ilten er udelukket, medens denne er en nødvendig Faktor ved Nitrifikationen. Om Tab af Salpeterkvælstof ved Bakteriernes Indvirkning vil der da kun blive Tale, naar der, efterat Salpeterdannelse har fundet Sted, tilføres

Jorden organisk Stof, og Iltadgangen samtidig bliver vanskeliggjort, eller hvor der samtidig tilføres Jorden Salpeter, f. Eks. som Chilisalpeter, og organiske Stoffer, f. Eks. som Halm eller frisk Staldgødning. En Kombination som den sidstnævnte vil, som talrige Forsøg og praktiske Erfaringer har vist, i overordentlig betydelig Grad nedsætte eller ophæve de gunstige Virkninger, som Salpetergødning alene eller i Forbindelse med Kali- og Fosforsyregødning ellers vilde kunne have. Og i det hele taget er de store Farer for Denitrifikation i Jorden, som bl. a. *Mürcker* og *Wagner* har fremhævet, sikkert i høj Grad overdrevne.

Det kan her indskydes, at der i Regelen heller ikke i en vel anlagt Mødding vil være Fare for nogen nævneværdig Salpetersønderdeling, for det første, fordi der — af Mangel paa Luftadgang — kun kan være Tale om Salpeterdannelse paa Overfladen, og dernæst fordi Betingelserne for en Denitrifikation her vil være meget ugunstige. Derimod vil begge Processer nok kunne indtræde i en Mødding, der ved Iblanding af alt for megen Halm o. l. er bleven porøs, eller i hvilken Luften paa anden Maade lejlighedsvis faar Adgang til de indre Lag.

Man vil da se, at de forskellige bakteriologiske Processer, der har Betydning for Jordbruget, for en stor Del er gensidig afhængige og staar i den nøjeste Forbindelse med hinanden: uden Formuldning og Forraadnelse ingen Salpeterdannelse, ligesom denne paa den ene Side betinger, paa den anden Side under sædvanlige Forhold udelukker Salpetersønderdelingen. Og skal man ved den praktiske Jordbehandling tage Sigte paa disse Processer saavel som paa den betydningsfulde Indvinding af Luftens frie Kvælstof ved Bakteriens Hjælp, der synes at være en Sag for sig, maa man kende noget til de Betingelser, under hvilke disse forskellige Smaaævener virker, samt undersøge, hvorledes de almindeligt anvendte Jordbehandlingsmetoder influerer paa deres Livsvirksomhed. Det gælder altsaa at skaffe saadanne Betingelser til Veje i Jorden, at

1) Omsætningen af de organiske Stoffer o: den almindelige Formuldnings- og Forraadningsproces bliver saa livlig, at den til enhver Tid netop kan dække Kulturplanternes Behov af mineralske Næringsstoffer. Og her er det navnlig Cirkulationen af

Jordbundens Kvælstofbeholdning, det gælder om at holde i Gang eller at sætte i Gang, hvor den paa et eller andet Tidspunkt er standset, som f. Eks. i Tørvejord, Hede- og Skovmor, der kan indeholde saa store Mængder som fra 1—2 Procent Kvælstof, tiltrods for at mange Kulturplanter og vildtvoksende Planter gaar til Grunde paa dem af Kvælstofhunger;

2) den ved Forraadnelsen dannede Ammoniak i passende Grad omsætttes til Salpetersyre ved Nitrifikationen;

3) Denitrifikation undgaas; og

4) Jorden beriges i saa høj Grad som muligt med det Kvælstof, der ved Bakteriens Hjælp kan indvindes fra Atmosfærens store Beholdning af dette Stof.

Hvor vigtig denne sidste Proces er, vil bl. a. fremgaa af følgende Betragtning. Det Kvælstof, der med Naturgødning (Staldgødning og Affaldsstoffer) tilføres Jorden, er oprindeligt taget fra denne selv, og man kunde maaske nok tilvejebringe en vis Ligevægt i Jordbundens Kvælstofbeholdning, hvis der ikke gik noget tabt under denne Omsætning. Men det er jo en bekendt Sag, at saadanne Tab næsten ikke er til at undgaa. De salpetersure Salte, der dannes ved Nitrifikationen, er meget let opløselige og tilbageholdes ikke ved Absorption af Jordbunden. Hvad Planterne da ikke formaar at optage, føres, som før nævnt, let med Regnvandet ned i Undergrunden og herfra for en stor Del videre med Vandløbene til Havet. En Del Salpeterkvælstof kan under særlige Forhold afgives til Luften, hvor der kan indtræde Denitrifikation, og kulsur Ammoniak forflygtiges ligeledes, hvor Ajle i Utide bringes paa Marken, eller Staldgødningen ikke tilstrækkelig hurtigt pløjes ned (se Side 145). Og selv om denne sidste Kvælstofforbindelse vel igen kommer tilbage til Jorden med Regnvandet, og der ved elektriske Udladninger (Lynnedslag) iltes en ringe Del af Luftens frie Kvælstof til Salpetersyrling, som ogsaa før eller senere tilføres Jorden, saa vil de her nævnte Kvælstoftab dog være saa store, at Jordbunden efterhaanden vilde blive udtømt for sine Kvælstofforbindelser, hvis den alene skulde søge Erstatning derfor i tilført Gødning og organiske Affaldsstoffer. Ej heller vilde

de i Jorden paa visse Steder (Peru, Chile) aflejrede Salpeterbeholdninger i Længden paa langt nær være tilstrækkelige til Dækning af dette Tab, og man kan da vel nok med Sikkerhed paastaa, at uden en delvis Inddragning af Atmosfærens Kvælstofbeholdning i det almindelige Kredsløb, vilde det være umuligt at opretholde Jordbundens Kvælstoffigevægt.

Muligvis vil man en Gang naa til ad kunstig Vej at inddrage vilkaarlige Mængder af Luftens Kvælstof i Kredsløbet, idet man har lært, at man, hvor man raader over tilstrækkelig elektrisk Energi (ved Vandfald og hurtigt rindende Floder, ved Vindkraft o. l.), kan faa det frie Kvælstof til at indgaa kemiske Forbindelser, der kan omsættes til Plante-næringsstof;*) men hidtil har Kvælstoffigevægten alene været opretholdt af Naturen selv bl. a. ved de før omtalte kvælstof-assimilerende Bakterier og maaske ogsaa ad andre Veje, som vi endnu ikke kender. Og kan man ved simpel Behandling af Jorden eller ved Anvendelse af Kulturer af de kvælstof-assimilerende Bakterier berige sin Jord med Kvælstof, vil dette dog foreløbig være en billigere og mere nærliggende Vej at slaa ind paa. —

Rent erfaringsmæssig har man i Tidens Løb lært at anvende saadanne Jordbehandlings- og Kulturmetoder, der var gunstige for de forskellige her omtalte Sider af Bakterielivet, uden at forstaa, hvorledes de egentlig virkede. Kendetegnet paa deres Brugbarhed var, at de forøgede og vedligeholdt Jordbundens Frugtbarhed, men Bakteriologien har nu kastet nyt Lys over, hvorledes dette kunde ske. Det bliver saa den nærmeste Fremtids Opgave at undersøge og uddybe mere dette For-

*) Smelter man det til Acetylenfabrikationen nu saa almindelig anvendte Calciumcarbid eller blot Kalk og Kulstof sammen ved meget høje Temperaturer (3000—4000 Grader, i elektriske Ovne), optages direkte Luftens frie Kvælstof, idet der dannes Calciumcyanamid eller det saakaldte „Kalkkvælstof“. Denne Forbindelse er ikke, som man paa Forhaand kunde formode, giftig for Planterne, men den omsættes tværtimod ved Vandets Indvirkning i Jorden saaledes, at der fraspaltes Ammoniak, som ved Bakteriens Indvirkning kan iltes til Salpetersyre. Viser de Resultater, man navnlig paa tyske Forsøgsstationer er kommen til, om dette Stofs Gødningsværdi sig rigtige, og lykkes det at gøre Fabrikationen af det tilstrækkelig billig, vil denne Opdagelse sikkert faa en uhyre stor Betydning for det praktiske Jordbrug.

hold mellem Bakterielivet og Frugtbarheden og samtidig med Henblik herpaa muligvis forbedre de almindelig anvendte Jordbehandlingsmetoder i en eller anden Retning eller muligvis finde helt nye.

Det vil da have sin Interesse til Slut at se lidt paa de almindelige kulturtekniske Metoder fra et bakteriologisk Synspunkt.

1. Reguleringen af Jordbundens Vandforsyning ved Dræning, Nivellering, Kanalisering, Overrisling, Bepantning (med Skove) o. s. v. Her gælder det som en almindelig Regel, at baade for meget og for lidt Vand er af det Onde. Naar Jorden i første Tilfælde bliver „sur“, „kold“ o. l., saa er det netop, fordi Bakterielivet bliver abnormt og efterhaanden kan dø helt ud. Er Jordens Porer stoppede med Vand, vil Tilførselen af Ilt ikke alene være utilstrækkelig for de højere Planter, der dog muligvis kunde klare sig ved Ilttilførsel gennem deres overjordiske Dele (jfr. Dyrkning af Planter i Vandkulturer), men navnlig for Bakterierne. Det bliver snart kun de anaerobe Former, der kan vokse i en saadan Jord, og paa Grund af de som Regel sure Gæringer, disse fremkalder, bliver Jorden efterhaanden et uudholdeligt Opholdssted selv for disse Former, og Omsætningen af de organiske Stoffer overlades tilsidst til saadanne Væsener som Svampe, der vel kan taale Surheden, men paa den anden Side ikke er i Stand til at fremkalde de nødvendige og gennemgribende Gæringsprocesser, der er Bakterierne egne. I saadan Jord er det da muligvis ogsaa mere de dannede Syrer og andre giftige Stofskifteprodukter, der skader Planterødderne, end Manglen paa Ilt, foruden at der snart vil indtræde Mangel paa de for Planterne anvendelige Forbindelser af de nødvendige Næringsstoffer.

Ligesaa vil en Jordbund, der er for tør, først og fremmest blive dette for Bakterierne, der lever i de øverste Jordlag, medens de højere Planter ofte kan skaffe sig den nødvendige Vandforsyning fra ikke for dybt liggende Grundvand. Kun ved en vis Fugtighedsgrad trives og virker Bakterierne, og da det tillige er i de øverste Jordlag, at bl. a. Kvælstoffet fortrinnsvis er magasineret, er det først og fremmest Kvælstofomsætningen (Forraadnelse, Salpeterdannelse), der hemmes ved Indtørringen; men Omsætningen af andre vigtige Plantenæringsstoffer vil dog ogsaa samtidig kunne hemmes derved.

Paa disse Ulemper har man fra de ældste Tider søgt at bøde ved forskellige Metoder paa forskellige Steder og Tider, saavel direkte ved Kanalisering, Overrisling, Nivellering og, fra Midten af det 19. Aarhundrede, ved Dræning, som indirekte ved Beplantninger, efterat man havde gjort den lagttagelse, at Skovene har en vigtig Indflydelse paa Nedbørens Mængde. Men forøvrigt har Jordbundens hele mekaniske Bearbejdning Indflydelse paa dens Fugtighedsforhold, og da der er et nøje Sammenspil mellem denne og de andre ydre Faktorer, som man søger at regulere ved den mekaniske Bearbejdning, bliver det af Interesse at sammenholde disse og under ét at undersøge

2. Brakkens Betydning. Ved Siden af at gøre Jorden lettere gennemtrængelig for Planterødderne ved den mekaniske Findeling og foruden den Betydning det har, at Forvitringen fremmes, at Jordens dybereliggende Lag blandes med de øvre, at Ukrudtsplanterne udryddes eller trænges tilbage i deres Udvikling o. s. v., spiller Brakken en overordentlig vigtig Rolle ved Regulering af Jordbundens Vand- og Luftindhold og dens Absorption af Sollysets Varmestraaler. De mange fine Porekanaler fremkalder en Opsugning af Vand (ved Haarrørskraften) fra ikke for dybe Jordlag, samtidig med at de forøger Jordens Evne til at holde paa dette Vand og paa Regnvandet, der saaledes bliver jævnt fordelt gennem hele Jordmassen i Stedet for fortrinsvis at søge ned gennem større Sprækker og Revner eller fordampe fra Overfladen. Under selve Bearbejdelsen, ved delvis Udtørring (i tørre Perioder) o. l. faar Luften Adgang til de dybere Jordlag, og den mørke Brakjord bliver langt stærkere opvarmet af Solstraalerne end den bevoksede Jord.

Alle disse Forhold har en gennemgribende og afgjort gunstig Indflydelse paa de vigtigste Sider af Bakterielivet. Saavel Formuldingen og Forraadnelsen som Salpeterdannelsen foregaar hurtigere, medens Salpetersønderdelingen undertrykkes; og Kvælstofassimilationen ved den udpræget aërobe Azotobakter vil da ogsaa finde gunstige Betingelser, uden at den anaërobe *Clostridium Pasteurianum* behøver at skades derved, da den jo erfaringsmæssig kan leve under aërobe Betingelser, naar den danner en Symbiose (et Samliv) med iltforbrugende Bakterier.

For saa vidt synes Brakken altsaa at være en fortræffelig Jordbehandlingsmetode, men den har dog ogsaa sin mindre heldige Side. Sagen er, at Bakterielivet i Jordbunden og den dermed følgende Stofomsætning ogsaa kan blive for livlige. Paa den Tid, Jorden ligger i Brak, er der jo nemlig ingen Kulturplanter til at optage alle de fortræffelige Næringsstoffer, der dannes, og da, som nævnt, Jordbunden ikke er i Stand til at fastholde de let opløselige salpetersure Salte, vil en stor Del af disse kunne udvadskes med Regnvandet og gaa bort med Grundvandet (i Drænrørene). Spørgsmaalet bliver da, om der ikke kan gaa for stort Svind i Jordbundens Kvælstofbeholdning paa denne Maade, og om der indvindes mere eller mindre fra Luftens Beholdning, end det, der tabes. Nogle Forskere (som *Th. Pfeiffer*) betegner Brakken med Henblik paa Kvælstoffet som en Rovdrift og foreslaar den indskrænket til det mindst mulige, medens andre mener, at Brak som Helhed betyder en Kvælstofberigelse.

Men Sandheden er vel dog nok den, at Svaret paa dette Spørgsmaal maa falde forskelligt ud efter mange specielle og lokale Forhold, og at Spørgsmaalet i Virkeligheden opløser sig i en Mængde Detailspørgsmaal, der hver fordrer sin Besvarelse, som f. Eks.: 1) Naar skal man pløje (og harve)? 2) Hvor dybt skal man pløje? 3) Hvilken Findeling af Jorden bør tilstræbes? 4) Skal man anvende Helbrak, Halvbrak eller Sommerbrak? 5) Bør man helst undgaa, at Jorden om Sommeren henligger i Brak og i Stedet gennemføre en kontinuerlig Vekseldrift? o. s. v., o. s. v. Om alle disse Spørgsmaal er man for Øjeblikket i højeste Grad uenig, men ved Afgørelsen af dem maa man i hvert Fald tage det største Hensyn til Jordbundens bakteriologiske Forhold og lade bakteriologiske Undersøgelser gaa Haand i Haand med kemiske og fysiske Bestemmelser og med praktiske Forsøg.

3. Virkningen af Gødning. Hvorledes Bakterierne virker i Staldgødning og Ajle og disse af Hensyn hertil bedst behandles og opbevares, er et stort og vigtigt Spørgsmaal for sig, som det ligger uden for dette Arbejdes Ramme at komme ind paa, men det kan naturligvis ikke undgaaes, at saadan Gødning i væsentlig Grad har Indflydelse paa Bakterielivet i Jordbunden. For det første tilføres der med den Jorden et stort Antal af Bakterier, og dernæst vil de, der i Forvejen findes, faa en

ny Forsyning af Næringsstoffer, saa der vil komme Fart i deres Vækst og Formering, hvis Fugtigheds- og Varmeforholdene ellers er gunstige herfor. Men herpaa er der i det foregaaende saa ofte henpeget, eller det er Ting, der er saa selvfølgelig, at det vil have større Interesse paa dette Sted at undersøge den saakaldte Kunstgødningens Indvirkning paa Bakterielivet og omvendt.

Er Kunstgødningen af organisk Oprindelse, som Benmel o. l., siger det sig selv, at Mikroorganismer er nødvendige til Friggørelsen af det specifikke Gødningsstof (Fosforsyre, Kalk m. m.), men selve de mineralske Gødningsstoffer kan ogsaa baade direkte og indirekte i højeste Grad paavirke Bakterielivet. Om Ammoniaksaltes og Nitraters Værdi som Næringsstoffer er der talt under Behandlingen af Nitrifikations- og Denitrifikationsbakterierne (S. 146—152), og her skal da kun tillige gøres opmærksom paa, i hvor høj en Grad Tilførsel af Kali og Fosforsyregødning maa antages at støtte Bakteriernes Virksomhed, da disse Stoffer er lige saa uundværlige Næringsstoffer for Bakterier som for højere Planter. Analyserer man Bakterieaske, vil man deri endog finde ganske særlig store Mængder af Kali og Fosforsyre, og hvor disse Stoffer mangler eller findes i for ringe Mængde i Jorden, vil det da kunne virke hemmende paa den almindelige bakterielle Stofomsætning, medens en Tilførsel af dem ret vil sætte Liv i baade Ammoniak- og Salpeterdannelsen og understøtte Kvælstofassimilationen. Disse Gødningsstoffer virker da maaske ofte lige saa meget indirekte ved at understøtte Bakterielivet, som direkte ved at tjene som Næring for Kulturplanterne, og det vil under visse Forhold, som f. Eks. paa Mosejorder o. l., hvor det gælder om at faa det rige Kvælstofindhold i Cirkulation, være af Betydning at tænke herpaa.

Et Gødningsstof, der fortjener en særlig Opmærksomhed i dets Forhold til Jordbundens Bakterieliv, er Kalken. Der er ingen Tvivl om, at Tilførsel af den til meget kalkfattige Jorder virker direkte som Næringsstof saavel for Kulturplanterne som for Bakterierne, men dens største Betydning ligger dog maaske i dens indirekte Virkning paa Bakterielivet og dermed paa Jordbundens Frugtbarhed. En Kalkning (eller Mergling) forbedrer nemlig ikke alene Jordens fysiske Tilstand, saa den bliver sprød og porøs, men den virker ogsaa kemisk (og biologisk)

ved at ophæve Jordens sure Egenskaber, hvor der er ophobet betydelige Mængder af Humussyrer o. l. De allerfleste Bakterier er nemlig — i Modsætning til de fleste Svampe — overordentlig følsomme overfor frie Syrer, og da de trives bedst paa en Næringsbund, der er neutral eller svagt alkalisk, vil man heraf let forstaa Kalkens Betydning. Det er saaledes konstateret, at en Gødning hermed fremmer Salpeterdannelsen baade i kalkfattige, ikke sure, og i kalkholdige, men sure Jorder, og at Virkningen i saa Henseende er stigende med Kalkmængden indtil en vis Grænse. (Det bliver saa tilbage at undersøge, hvilken Kalkmængde der i de enkelte Tilfælde vil være den gunstigste). Endvidere er det fastslaaet, at Kalktilførsel fremmer Kvælstofbindingen ved *Clostridium Pasteurianum* og i særlig Grad ved *Azotobacter*. Og alt dette er saa meget betydningsfuldere, som Kalk jo er et overordentlig billigt Gødningsmiddel, navnlig hvor det forekommer som Mergel, og det foruden de hertil omtalte Virkninger jo har en specifik Indflydelse paa flere Kulturplanter.

4. Podning af Jorden med Bakterier. Som et vigtigt Led i den moderne Jordbehandling er jo allerede Podning med Bælgplanternes Knoldbakterier ved at finde Indgang. At en saadan utvivlsomt har Betydning, i hvert Fald paa saadanne Jorder, hvor der i længere Tid ikke har været dyrket Bælgplanter, og at man derved muligvis ogsaa kan forøge disse Planters Kvælstofassimilation, hvor Knoldbakterierne allerede findes i Jorden, er tidligere paapeget (S. 156—158). Et andet Spørgsmaal er det, om man kan vente sig lignende Resultater af Podning med de fritlevende kvælstofassimilerende Bakterier eller med Nitrifikationsbakterier o. l. Men herpaa kan der foreløbig ikke gives noget afgørende Svar. Efter de Forsøg af den Art, der hidtil er udførte, synes der ikke at være opnaaet positive Resultater, og sandsynligvis vil det være af største Betydning at skaffe de gunstigst mulige Livskaar tilveje i Jorden for disse ret allestedsnærværende Organismer, der saa af sig selv (med Luftstøvet, Vandet o. l.) vil indfinde sig og begynde deres Virksomhed. Men maaske har netop paa dette Omraade Videnskaben endnu store Opgaver at løse.

Det vil af det foregaaende let ses og vistnok ogsaa beredvilligt indrømmes, at Jordbunds bakteriologien rummer en Række Spørgsmaal af den største økonomiske Betydning for det praktiske Jordbrug. Men Undersøgelserne paa dette Omraade er ret vanskelige og kan kun udføres med Udsigt til gode Resultater ved et forstaaende Samarbejde mellem Videnskab og Praxis. Praktiske Forsøg alene kan ikke give Svar og Laboratorieforsøg ligesaa lidt, og hvis dette erkendes fra begge Sider, vil Samarbejdet vel ogsaa let komme i Stand og da sikkert give lønnende Resultater.