

Om Forekomsten af Fosforsyre i danske Sedimenter og om Muligheden for disses Anvendelse til Jordforbedring. — I.

Af
AXEL GARBOE.

Fosforit i Bornholms Mesozoicum.

Da JUSTUS v. LIEBIG i den første Halvdel af det 19. Aarh. havde bragt Læren om Planternes Ernæring ind i et helt nyt Spor, idet de mineralske Plantenæringsstoffers Betydning erkendtes¹⁾, søgte Geologer rundt om i Verden bl. a. fosforsyreholdige Mineraler og Bjærgarter for at gøre disse anvendelige i Landbrugets Tjeneste. Det Fosforsyremineral, der findes i saa stor Mængde, at det spiller en dominerende Rolle som Raaproduct for Fosforsyregødningsfabrikationen er fosforsur Kalk (Apatit, Fosforit). 1840 foretoges i England de første Forsøg med Fosforsyregødning. Antagelig er disse ikke faldne heldigt ud, idet man sikkert har anvendt det i Vand uopløselige normale Calciumfosfat paa alm. Agerjord. Allerede 1843 fabrikeredes saa det første Superfosfat, i hvilket det uopløselige²⁾ normale Calciumfosfat er omdannet til i Vand

¹⁾ J. v. LIEBIG, 1840: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur u. Physiologie. Braunschweig.

²⁾ Apatitens Opløselighedsforhold er studeret af adskillige Forskere. De paagældende Afh. har ikke været til min Raadighed. En Litteraturliste findes i CLARKE, 1908: The data of geochemistry. U. S. geol. survey. Bull. 330. p. 442.

letopløseligt primært Calciumfosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ og Gips. — Superfosfatet viste god Virkning, og for mange saavel Teoretikere som Praktikere stod denne Form for Fosforsyregødning som den eneste anvendelige.

Frankrig og andre Lande fulgte snart i Englands Fodspor. Allerede i Midten af det 19. Aarhundrede anvendtes betydelige Mængder Fosforit til Jordforbedring i Frankrig. I dette Land mente man at have Erfaring for, at Fosforiten ikke behøvede at svovlsyrebehandles, men i mange Tilfælde kunde bruges alene fint formalet.

Saavel i England som i Frankrig bearbejdedes bl. a. Fosforitlejer fra Grønsandet. Som en Følge heraf havde ogsaa danske Geologer deres Opmærksomhed rettet paa det bornholmske Grønsand for om muligt at finde Fosforit. Allerede saa tidligt som 1852 omtaler J. G. FORCHHAMMER »phosphorsuur Kalk af Grønsandet, fra Bornholm«¹⁾. Det samme er Tilfældet paa Landmandsforsamlingerne 1861²⁾ og 1863³⁾. Men alt tyder paa, at det, FORCHHAMMER kendte, kun var løse Fosforitknolde, opsamlet paa Strandbredden, paa Steder, hvor Grønsandet træder i Dagen: 1866 omtaler daværende Adjunkt i Rønne M. JESPERSEN i en Fortegnelse over Bornholms teknisk vigtige Mineraler Fosforit som »tidligere — — — ubekendt og er først fundet ved Forfatterens Undersøgelser«⁴⁾. Han sigter hermed til et af ham paavist Fosforitlag ved Vellengsaaens (»Stampeaaens«) Udløb ca. $\frac{1}{2}$ Mil SØ for Rønne. Til denne Forekomst af *faststaaende* Fosforit knyttede han store Forventninger. 1867 offentliggøres Fundet for en videre Kreds⁵⁾. M. JESPERSENS Udtalelse om Fosforiten, der var »først

1) Beretning om den 4. danske Landmandsforsaml. i Kbh. 1852. Bilag p. 262.

2) Den 8. danske Landmandsfors. i Horsens 1861. Anhang II, p. LXXIV.

3) Den 9. danske Landmandsfors. i Odense 1863. Tillæg p. CCXXVI.

4) Indbydelsesskr. til de offentlige Examinere i Rønne højere Realskole 1866 p. 30 (Særtryk).

5) Tidsskr. f. Physik og Chemi. 6. Aarg. 1867. p. 257.

fundet ved Forf.s Undersøgelser« gav Anledning til en Polemik med Docent TH. HOFF, som i Tidsskr. f. Physik og Chemi¹⁾ retter et Angreb paa ham, idet han fremhæver FORCHHAMMER som den, der først har omtalt Fosforit fra Bornholm. 1868 svarer M. JESPERSEN²⁾, at han kun kræver Æren for at have paavist *faststaaende* (og teknisk vigtige) Fosforitlag paa Bornholm. Samtidig imødegaar han TH. HOFF's Udtalelser om, at Laget paa Grund af Lejringsforholdene var uden praktisk Betydning. Dermed ophører denne i ret bitre, men for JESPERSENS Vedkommende tillige i bidende-vittige Udtryk førte Polemik. Historiens Dom maa utvivlsomt blive, at M. JESPERSEN først af alle har gjort opmærksom paa faststaaende Fosforitlag paa Bornholm og dermed i egentligste Forstand har paavist bornholmsk Fosforit til Forskel fra de af FORCHHAMMER kendte løse Konkretioner, hvis Hjemsted ikke behøvede at være Bornholm.

Fosforiten i Bornholms Senon findes paa 2 Hori-sonter: 1) paa Grænsen mellem Rhät-Lias og Grøn-sand. Lokalteter: nær Stampeaaens (Vellengsaaens) Udløb i Østersøen (ca. $\frac{1}{2}$ Mil SØ for Rønne). Laget træder i Dagen i den høje sydlige Aaskrænt. JESPERSEN³⁾ op-giver dets Tykkelse til ca. 2 Fod; dets Strygning N 55° V og dets Fald 80° Syd. — Ogsaa fra den lidt nordligere beliggende Onsbæk opgiver JESPERSEN³⁾ Fosforit paa Grænsen mellem Rhät-Lias og Grønsand. Profiler med-deles. — Øst for Fiskerlejet Arnager. Fosforiten findes her som løstliggende Konkretioner, blandede med fosforiti-seret Træ. Fosforitmængden er langt mindre end ved Stampen. — Ved Boringer er, efter velvillig Meddelelse

¹⁾ TH. HOFF, 1868: Angaaende Opdagelsen af Phosphorit paa Bornholm. Tidsskr. f. Physik og Chemi. 7. Aarg. p. 10.

²⁾ JESPERSEN, 1868: Phosphoriten paa Verdensudstill. 1867 og Phos-phoriten paa Bornholm. Indbydelsesskr. til de off. Ex. i Rønne højere Realsk.

³⁾ Bidr. til Bornholms Geotektonik II. — Naturh. Tidsskr. 3. R. 6. B. 1869 (Tavle I).

af Dr. K. A. GRÖNWALL Fosforit paa Grænsen mellem Rhät-Lias og Senon truffet flere Steder. 2) umiddelbart under Arnager Kalken. Lokalitet: Tæt V. for Arnager.

Hér skal iøvrigt ikke gøres Rede for de tektoniske Forhold. En Behandling heraf fremkommer i nær Fremtid i K. A. GRÖNWALL'S geologiske Beskrivelse til Kortbladet Bornholm.

Endelig findes Fosforitkonkretioner sparsomt spredte i Grønsandet. I Mineralogisk Museum opbevares saaledes Grønsand med Fosforit fra forskellige Lokaliteter mellem Stampeaaens Udløb i Østersøen og Arnager Fiskerleje.

Analysér af Stampe-Fosforiten er udførte af M. JESPERSEN¹⁾. Sammensætningen var:

Phosphorsur Kalk	ca. 40 %
Kulsur —	7 %
Lerjord, Jærn, Magnesia	8 %
Sand og Kiselsyre	39 %
Vand og organ. Stof	6 %

Fra de øvrige forannævnte Forekomster foreligger Analyser ikke i Litteraturen. Arnagerforekomsten paa Grænsen mellem Grønsand og Rhät-Lias (nær Madsegrav) synes mig saa forholdsvis betydelig, at en kemisk Analyse har Interesse indenfor denne Afhandlings Rammer. Jeg fandt, at en typisk Fosforitprøve fra den ovennævnte Lokalitet indeholdt 10,5 % P_2O_5 (Gennemsnit af flere Analyser).

Nogle Bemærkninger om Fosforitens Dannelse.

Et Indhold af Calciumfosfat i Sedimentbjærgarter kan hidrøre fra to Kilder: enten kan Fosforsyren stamme fra Apatit, der frigjordes ved den Nedbrydning af krystallinske Bjærgarter, som leverede Materiale til Sedimentet. Eller Fosforsyren kan hidrøre fra Organismer, der efter Døden indesluttedes i vedkommende Sediment eller nærmest overliggende Lag. En tredje Mulighed, der imidlertid

¹⁾ JESPERSEN, M., 1868: Phosphoriten paa Verdensudstill. 1867. — Tidsskr. f. Phys. og Chemi. 7. Aarg. p. 33.

kun er et mere kompliceret Tilfælde af de 2 nævnte, gives, idet nemlig det fosforsyreholdige Sediment kan være dannet ved Nedbrydning af ældre fosforsyreholdige Sedimenter. I dette sidste Tilfælde er Fosforiten altsaa tilstede »paa secundært Leje«, om man vil. At Dyr og Planter kan give Anledning til Opkomsten af Fosforitlag, finder sin Forklaring deri, at Fosfor er en Bestanddel af alt Protoplasma. Men særlig indeholder mange haarde Dele i Dyrenes Legemer Fosforsyre i betydelige Mængder. Dette gælder saaledes Hvirveldyrenes Knogler, der hovedsagelig bestaar af normalt Calciumfosfat, som efter Dyrets Død ved det gennemsivende Vands Virksomhed kan opløses og atter udskilles i Konkretioner (Fosfatknolde, Fosforiter). Ogsaa dyriske Excrementer kan give Anledning til Fosforitdannelse (Koprolither). Exempelvis har Fosforitforekomsterne i »bone bed« (Rhät) og i det franske og engelske Grønsand sin Oprindelse fra Hvirveldyrrester.

Ogsaa visse lavere Dyrs »ydre Skelet« indeholder Fosforsyre i betydelige Mængder. Dette gælder blandt nulevende Former mange Muslinger og Krebsdyr. Blandt de uddøde Arthropoder er *Trilobiternes* Skaller særlig fosforsyrerige. Dette er gentagne Gange omtalt i Litteraturen¹⁾. Opgivelsernes Rigtighed har jeg kunnet bekræfte ved Undersøgelse af Skaller af *Megalaspis limbata* SARS & BECK og *Nileus armadillo* DALM. fra den bornholmske Ortocerkalk. Hvorvidt Fosforiten er oprindelig tilstede i disse Dyreskaller eller først senere er tilført, hvilket der er Diskussion om, ser jeg mig ikke i Stand til at afgøre med Sikkerhed. *Brachiopodernes* Skaller er ligeledes fosforsyreholdige¹⁾. Baade hos recente og

¹⁾ ANDERSSON, J. G., 1895: Ueber cambrische u. silur., phosphorit-führende Gesteine aus Schweden. Bull. of the geol. Inst. of the Univ. of Upsala. Vol. II.

HEDSTRÖM, H., 1896: Till frågan om fosforitlagrens uppträdande och förekomst i de geol. formationerna. — Geol. Fören. Förh. Stockholm. Bd. 18.

CLARKE, F. W., 1908: The data of geochemistry. U. S. geol. Survey. Bull. 330. p. 448.

fossile Former er dette konstateret. Særlig Skallerne af de Brachiopoder, der hører til Fam. *Lingulidæ*, *Obolidæ* og *Discinidæ* er fosfatrige. Disse Familier omfatter Brachiopoder, af hvilke mange har »hornagtig« Skal. Blandt de lavere Dyr uden ydre Skelet anses *Spongierne* for at kunne give Anledning til Fosforitkonkretionsdannelse, naar de optræder i større Mængder¹⁾.

Ogsaa Planterne kan give Anledning til Ophobning af fosforsure Forbindelser, idet fosforsure Salte frigøres ved Forraadnelsen. Dette vil blive omtalt nærmere nedenfor under Vivianiten.

Hvad angaar Dannelsen af Fosforiten i det bornholmske Grønsand, har den sikkert sin Oprindelse fra Hvirveldyrrester, omend saadanne i genkendelig Form er sparsomme. W. DEECKE²⁾ angiver fra Konkretionerne ved Arnager Tænder. Selv har jeg ikke haft Lejlighed til at se saadanne hverken paa Stedet eller i mineralogisk Museums Samlinger.

Trods genkendelige Hvirveldyrresters store Sparsomhed anser jeg alligevel saadanne for Kilden til den bornholmske Fosforit i Grønsandet. Fosforiten hidrører i saa Fald fra Dyr, der levede paa Stedet, da Grønsandet dannedes, og efter deres Død indlejredes i dette. W. DEECKE³⁾ fremsætter dog den Formodning, at de nævnte Fosforiter stammer fra den overliggende Arnagerkalks talrige Svampe. Fosforsyren fra disse skulde da være optaget af det gennem den porøse Arnagerkalk sivende Vand og først atter udskilt, hvor et relativt vandstandsende Lag (Rhät-Lias-Leret) findes. —

¹⁾ SOLLAS, W. J., 1872: Some observations on the upper Greensandformation of Cambridge. Quart. Journ. of the geol. soc. London.

O. FISCHER, 1873: On phosphatic nodules of the cretaceous rocks of Cambridgeshire. Ibid.

²⁾ DEECKE, W., 1897: Die phosphoritführenden Schichten Bornholms. — Mitth. des naturwiss. Vereins für Neu-Vorpommern u. Rügen. p. 14 (Særtryk).

³⁾ l. c. p. 13 (Særtryk).

Om den bornholmske Grønsand-Fosforits praktiske Anvendelighed.

Det synes mig at have Interesse at udrede den historiske Gang i Diskussionen af dette Spørgsmaal. Thi derved kastes der til en vis Grad Lys over et Stykke af dansk Landbrugstheoris Historie. —

Til Fosforitlagene ved Stampeaaen og ved Arnager knyttedes der store Forventninger, dengang de blev opdagede. M. JESPERSEN skriver¹⁾, efter at have meddelt den ovenanførte Analyse af Fosforiten fra Stampen, »at sammes Bearbejdning utvivlsomt maatte kunne betale sig«. Ingen har dog taget fat endnu; men »Tiden vil forandre dette.« Den nævnte Forf. udfoldede i Slutningen af 1860'erne en utrættelig Virksomhed for at gøre ledende Landmænd opmærksomme paa den bornholmske Fosforit. Han offentliggjorde Afhandlinger²⁾. Han anstillede Dyrkningsforsøg³⁾ for at vise, at raa Fosforit i fintpulveriseret Tilstand havde kendelig Indvirkning paa Planters Trivsel etc. JESPERSEN var nemlig ved Studier i Frankrig bleven overbevist om, at den fordyrende Svovlsyrebehandling af Fosforiten ikke var uundgaaelig nødvendig, naar Fosforiten var beregnet til Brug paa side Jorder. Denne ad rent praktisk-empirisk Vej fundne Kendsgerning er senere tilfulde bekræftet af Videnskaben. Saaledes fandt R. MÜLLER (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt Bd. 27. Min. Mitth. p. 25. 1877), at kulsyreholdigt Vand forøger Apatitens Opløselighed. H. MINNSEN og B. TACKE fandt, at Apatit opløses lettere i Vand, der indeholder »Humussyrer« (Journ. Chem. Soc., vol. 78. 1900. p. 618).

¹⁾ JESPERSEN, M., 1868: Phosphoriten paa Verdensudstill. 1867 og Phosphoriten paa Bornh. — Indbyd.skr. til de off. Ex. i Rønne højere Realskole. p. 13.

²⁾ M. JESPERSEN i »Ugeskr. for Landbostanden« 1868. — »Ugeskr. f. Landmænd« 1869. — »Fosforitens Anvendelsesmaade med Hensyn paa Frankrig«, Rønne højere Realsk. Progr. 1869. — »Bidrag til Bornholms Geoteknik« I—II. Naturh. Tidsskr. 1867 og 1869 (Tavle).

³⁾ Refereret og kritiseret i »Landmandsblade« 6—11—1868.

C. L. REESE (Amer. Jour. Sci. 3. ser. vol. 43. 1892 p. 402) konstaterede, at Mosevand, rigt paa organiske Stoffer, havde en ret stor opløsende Indvirkning paa Apatit. — Desværre har jeg ikke haft Lejlighed til at læse Originalafhandlingerne, men har maattet nøjes med det korte Referat deraf i CLARKE: The Data of geochemistry. U. S. geol. survey. Bull. 330. 1908. p. 443.

Man maa beundre denne Iver for Sagens Fremme; thi lige fra første Færd stod M. JESPERSEN ene med næsten alle imod sig i Tvivl om hans Opfattelses Rigtighed. Som allerede nævnt angreb TH. HOFF ham og søgte at vise, at Brydningsvanskelighederne var uoverstigelige. Men samtidig droges JESPERSENS Paastand om, at Fosforiten kan anvendes uden Svovlsyrebehandling, i Tvivl af Praktikere som Proprietær NYHOLM¹⁾, og snart er der en hel Polemik i Gang. Stridsspørgsmaalet er, hvorvidt Fosforit kan bruges til Jordforbedring uden at være svovlsyrebehandlet, saaledes som JESPERSEN paastod. Det havde nemlig vist sig, at den bornholmske Fosforit ikke kunde bære Omkostningerne ved en Superfosfatfabrikation. Paa Foranledning af M. JESPERSEN og Ejeren af Stampe-Fosforitlaget, A. P. KALBERG, var der sendt Prøver af dette til OWEN & SØNNER i København og til E. FRANSEN & MEYER sammesteds, hvilke Firmaer forsøgsvis havde fabrikeret Superfosfat af bornholmsk Fosforit. Det sidste Firma oplyste²⁾, »at ved Fabrikationen til fosforsur Kalk³⁾ havde Melet⁴⁾ krævet saa megen Svovlsyre, at de intet kunde give derfor«. Rimeligvis skyldes dette Konkretionernes ret store Indhold af kulsur Kalk (se S. 534). Endnu en Ulempe er der ved Stampefosforiten, hvilken imidlertid ikke omtales af de ældre Forfattere. Da Indholdet af Jærn og Lerjord er betyde-

¹⁾ NYHOLM, 1869: Fosforiten paa Bornholm. Ugeskr. f. Landmænd 30. Sept. 1869.

²⁾ Ugeskr. for Landmænd 1869 p. 486.

³⁾ Skal være Superfosfat. A. G.

⁴⁾ Fosforiten finmaledes i Stampemøllen. A. G.

ligt, vil et af den bornholmske Fosforit dannet Superfosfat have Tilbøjelighed til at »gaa tilbage«, idet der ved senere kemiske Omdannelser opstaar uopløselige Jærnteilte- og Lerjordfosfater¹⁾.

Efter disse Forsøg gaar den bornholmske Fosforit ud af det praktiske Liv som Raaprodukt for Superfosfatfabrikation. Men for at faa Klarhed over Spørgsmaalet: Anvendelighed—Ikkeanvendelighed af raa Fosfat anstilles hos bornholmske Landmænd Dyrkningsforsøg. Fosforiten formalede fint paa Stampeaaens Mølle, og Pulveret anvendtes som Kunstgødning. Længe førend Resultatet af disse Forsøg forelaa offentlig tilgængeligt, førtes imidlertid dette ret indviklede og betydningsfulde Spørgsmaal om den ikke-svovlsyrebehandlede Fosforits Anvendelighed til en Afslutning, uden at der toges Hensyn til M. JESPESEN's Studier eller hans Henvisninger til ansete franske Landmænds Erfaringer. I en redaktionel Artikel i »Ugeskr. f. Landmænd«²⁾ udtales det med stor Kompetence, at »skal Phosphoriten kunne blive til Nytte for det danske Landbrug, maa den, efter vor Overbevisning, først omdannes til et Superfosfat, og kan den ikke bære de dermed forbundne Omkostninger, vil den næppe faa nogen praktisk Betydning som Gødning hos os«. Først 1871 foreligger Forsøgsresultaterne fra Bornholm³⁾: de fleste Steder sporedes ingen Virkning. Nogle Landmænd »troede snarere, at det skadede, end at det gavnede«; enkelte mente dog at iagttage en svag gavnlig Virkning. Saa vidt jeg kan se af den foreliggende Landbrugsliteratur, ophører hermed enhver Anvendelse af den bornholmske Fosforit som Jordforbedringsmiddel. Men disse negative Forsøgsresultater er ikke det sidste Ord i Spørgsmaalet. Thi saa vidt det kan ses af det cit. Tidsskrifts

¹⁾ FRESSENIUS: Anleitung z. quant. chem. Anal. II. Analyse der Düngerarten etc. — 6. Udg. 1877—87. p. 696.

²⁾ Nr. 14. 30. Sept. 1869, p. 275.

³⁾ Ugeskr. f. Landmænd 1871. I. p. 387.

knappe Meddelelse, er alle Forsøgene med den raa Fosforit anstillede paa almindelig Ager- og Havejord, hvor Virkningen vil være meget langsom og vanskelig at spore. Utvivlsomt vilde Resultatet blive et andet, hvis Fosforitmelet anvendes f. Ex. paa Mosejord.

Ved gentagne Besøg ved de bornholmske Fosforitforekomster i Grønsand har jeg faaet den Opfattelse, at vel kan der aldrig blive Tale om nogen Kunstgødningsfabrikation her i stor Stil. Men i de Aar, der er forløbne, siden JESPERSEN forgæves kæmpede for at overbevise Landmændene om den raa Fosforits Anvendelighed, har Anskuelserne om dette Spørgsmaal udviklet sig saaledes, at der nu ikke mere er Tvivl om, at raa, pulveriseret Fosforit vil kunne anvendes med Held paa Mosejord og lign. St. Det er derfor, efter min Mening, nok værd at tage i alvorlig Overvejelse, om vi i vor Tid, da Mosekulturen har taget et saa stort Opsving, stadig har Raad til at lade den bornholmske Fosforit henligge ubenyttet. Af Forekomsterne er de ved Arnager de ubetydeligste. Konkretionerne ligger ofte saa løst, at de let vil kunne harpes fra Sand etc.; men da de overliggende Jordlags Tykkelse er betydelig og deres Konsistens meget løs, vil der af Bekostnings- og Afstivningshensyn næppe med Fordel kunne gaas langt ind i Klinten.

Det Lag, der vel nok bedst egner sig til Udnyttelse, er det et Par Fod tykke, sammenhængende Stampeaalag. Hældningsvinklen er saa stor (ca. 80°), at man, som allerede JESPERSEN gentagne Gange har gjort opmærksom paa, omtrent kan undgaa at fjærne ikke fosforitholdige Lag. Stampeaaen vil kunne levere Kraft til et lille Knuseværk. Det synes mig ikke saa urimeligt at antage, at med Nutidens landbrugstekniske Erfaringer vil en saadan lille Fabriksvirksomhed kunne svare Regning. Nærmere Overslag over Fabrikationspris etc. vil blive udarbejdet.

Om fosforsyreholdige Sedimenter udenfor Bornh.s Grønsand.

Bornholms øvrige mesozoiske Aflejringer har jeg undersøgt for et muligt P_2O_5 -Indhold. Ved den foreløbige Prøve har jeg ikke kunnet paavise noget saadant. Desuden er disse Sedimenter af en saadan petrografisk Beskaffenhed, at alene den vilde umuliggøre deres Anvendelse som Jordforbedringsmiddel. I Danmarks Skrivekridt og Danien samt i Tertiæret findes ikke P_2O_5 i saadanne Kvantiteter, at det vil kunne faa praktisk Betydning. Muligvis vil dette kunne blive Tilfældet med Bornholms Kambrium-Silur og med Vivianiten (Kvartær).

I *Bornholms kambrisk-siluriske Dannelser* findes ofte Fosforsyre, dels ophobet i smaa Konkretioner, dels jævnt fordelt i hele Bjærgarten. De ældre Forf. (ØRSTED & ESMARCH, FORCHHAMMER, JESPERSEN o. a.) omtaler slet ikke dette. F. JOHNSTRUP¹⁾ er vistnok den første, der omtaler dette Forhold. Senere er Spørgsmaalet gentagne Gange behandlet og uddybet i Litteraturen (J. G. ANDERSSON²⁾, W. DEECKE³⁾, E. COHEN & W. DEECKE⁴⁾, K. A. GRÖNWALL⁵⁾, N. V. USSING⁶⁾). I de fleste Tilfælde omtaler de nævnte Forf. kun Fosforitkonkretionerne, omend Erkendelsen af den jævntfordelte Fosforsyres Tilstedeværelse dog berøres f. Ex. af GRÖNWALL⁷⁾ og DEECKE⁸⁾.

¹⁾ JOHNSTRUP, J. F. 1889: Abriss d. Geol. von Bornholm. Greifswald. p. 16, 18, 23.

²⁾ ANDERSSON, J. G., 1894: Ueber cambr. u. silur. phosphoritführ. Gesteine aus Schweden. — Bull. of the geol. Inst. of the Univ. of Upsala. Nr. 4.

³⁾ DEECKE, W., 1897: Die phosphoritführende Schichten Bornholms. — Mitth. des naturwiss. Vereins für Neuvorpommern u. Rügen.

⁴⁾ COHEN, E. & W. DEECKE, 1891: Ueber Geschiebe aus Neuvorpommern u. Rügen. Ibd. 1891.

⁵⁾ GRÖNWALL, K. A., 1902: Bornholms Paradoxideslag og deres Fauna. Danm. geol. Unders. II. R. Nr. 13.

⁶⁾ USSING, N. V., 1904: Danmarks Geologi. Danm. geol. Unders. II. R. Nr. 2. II. Udg.

⁷⁾ l. c. p. 31.

⁸⁾ l. c. p. 3. (Særtryk.)

De kambrisk-siluriske Sedimenter, hvorfra Fosforsyre kendes, er

1. *De grønne Skifre*. I disses nedre Del findes et bestemt Lag med talrige Hyolither og Fosforitkonkretioner. Dette Lag, der ses ved Snogebæk, Vejrmøllegaard o. fl. St., maa man, efter velvillig Medd. af Dr. K. A. GRÖNWALL, være berettiget til at anse for een sammenhængende Dannelse, selvom man ikke har kunnet følge Fosforitlaget fra Lokalitet til Lokalitet. Desuden forekommer Fosforitkonkretioner spredt hist og her i de grønne Skifre.

— Det øverste Lag af de grønne Skifre er udviklet som den s. k. Rispebjærgsandsten, hvis øverste ca. 40 cm¹⁾ er imprægneret med mørk Fosforit.

2. De over Rispebjærgsandstenen følgende *Paradoxideslag* indeholder rigelig Fosforsyre, baade som Konkretioner og jævnt fordelt. Det omtales udførligt af GRÖNWALL²⁾.

3. Fra *Olenus-Etagens* Anthrakonit omtaler DEECKE³⁾ rigelig Fosforsyre. I selve den øvre Alunskifer har jeg gentagne Gange paavist Fosforsyre, jævnt fordelt.

4. I *Ortoceratitkalkens* nederste Lag findes Fosfatknolde⁴⁾. Hvad DEECKE angiver om den jævntfordelte Fosforits Tilstedeværelse i den bornholmske Ortoceratitkalk, kan jeg fuldstændig bekræfte.

5. I *de øvre Graptolithskifre* har jeg ved en foreløbig Prøve paavist smaa Mængder af P₂O₅.

I alle disse kambrisk-siluriske Sedimenter kan Fosforsyren antages at hidrøre fra Organismer. Utvivlsomt har Trilobiter, Brachiopoder o. lign. i mange Tilfælde spillet en stor Rolle, saaledes som det er fremhævet af J. G. ANDERSSON og H. HEDSTRÖM m. fl.⁵⁾.

¹⁾ GRÖNWALL, K. A., 1902: Bornholms Paradoxideslag etc. p. 8.

²⁾ ibd. p. 9—31.

³⁾ DEECKE, W., 1897: Die phosphoritführ. Schichten etc. p. 3. (Særtryk.)

⁴⁾ JOHNSTRUP, J. F., 1889: Abriss etc. p. 23. DEECKE, W., 1897: Phosphoritführ. Schichten. p. 7. (Særtr.)

⁵⁾ Foruden den S. 541 cit. Litt. J. G. ANDERSSON: Om phosphoritbildn. och phosphoritför. Sedim. — Geol. Fören. Förh. Stockh. 1897.

Dog mener DEECKE¹⁾, at de grønne Skifres Fosforit muligvis ikke har sin Oprindelse fra Organismer, men hidrører fra Apatit, der findes i den bornholmske Granit²⁾, som har leveret Materiale til de grønne Skifres Dannelse. Det synes mig rimeligst at antage, at Fosforiten skylder Organismer sin Existens her; thi Fosforitkonkretionerne i de grønne Skifre er særlig talrige i Lag, hvor Forsteninger (Hyalither) er almindelige. Nægtes kan det dog ikke, at dette kan være et sekundært Fænomen, idet Calciumfosfat, hidrørende fra Graniten og oprindelig jævnt fordelt i de grønne Skifre ad Segregationens Vej, kan have samlet sig i de Lag, hvor der i Forvejen var lidt Fosforsyre tilstede, stammende fra Organismer. —

Om en *praktisk Anvendelse* af disse cambrisk-siluriske Sedimenter vil kunne komme i Stand, er højst tvivlsomt, først og fremmest fordi Fosforsyreindholdet oftest er saa ringe, at Brydnings- og Formalingsomkostningerne næppe vil kunne bæres. — I Sverige har »Fosforitkommissionen« anbefalet³⁾ at bruge Bjærgarter med ringe Fosforsyreindhold i pulveriseret Tilstand som Jordforbedringsmiddel. Ligeledes foreslaar C. E. BERGSTRAND⁴⁾ at anvende et Konglomerat (fra Dalarne) med kun 7—8 % Fosforsyre som Jordforbedringsmiddel paa Mose- og »Dy«-Jord.

For at faa talmæssig Klarhed over, hvorvidt noget af de forannævnte fosforsyreholdige bornholmske Sedimenter vil kunne anvendes i Praxis som Fosforsyregødning med Fordel, er det min Hensigt, efter velvillig Tilladelse af Hr. Ingeniør TH. CLAUDI-WESTH, at anstille Gødningsforsøg paa Hedeselskabets Moseforsøgsarealer. Naar Resul-

¹⁾ DEECKE, W., 1897: Die phosphoritführend. Schichten Bornholms. p. 11. (Særtryk).

²⁾ E. COHEN & W. DEECKE, 1891: Das kryst. Grundgebirge der Insel Bornh. IV. Jahrg. d. geogr. Ges. z. Greifswald p. 14 og 19.

³⁾ Underdånig berättelse öfver hittills utförda arbeten af Komitéen för undersök. af inom riket förekomm. fosforsyrehaltiga mineralier och bergarter. Stockh. 1873.

⁴⁾ Kgl. Landbruksakademiens Tidsskr. 1875. p. 257.

tatet af disse Forsøg foreligger, vil de, tillige med Analyser af de anvendte Bjærgarter, blive offentliggjorte i dette Tidsskrift. Der vil blive anvendt Kridttids- og ældre Bjærgarter.

Man kunde maaske tænke, at det bornholmske Kambriums-Silurs ofte store Indhold af Svovlkis vil dræbe al Plantevækst, naar der ved Svovlkisens Forvitring dannes Ferrosulfat og Svovlsyre — og en Anvendelse af disse Sedimenter til Jordforbedring derved umuliggøres. Jeg har i Rimpause Mosekulturer set Plantevæksten pletvis dræbt af denne Aarsag. Ogsaa i Litteraturen omtales denne Fare¹⁾. For de foreliggende bornholmske Stenarter falder imidlertid denne Risiko bort, idet kulsur Kalk er saa rigeligt tilstede, at Svovlkisens Forvitningsprodukters uheldige Virkninger forhindres. Enhver, der har færdedes ved de sydbornholmske Aaer, vil ogsaa have iagttaget, hvorledes Træer og Urter trives udmærket med Rødderne i Kambrisk-siluriske Sedimenter med stort Indhold af forvitrende Svovlkis.

Indirekte har utvivlsomt de kambrisk-siluriske Dannelser haft Betydning for Bornholm, idet de af Isen er spredte i betydelig Mængde i Morænen, et Faktum, hvorom en Undersøgelse af de løse Blokke i Grusgrave o. lign. Steder vidner højt. Ved Isens Denudation af Skifre og Kalksten, er der, foruden Kalken, tilført Morænen saa betydelige Mængder af Fosforsyre, at det sikkert har kunnet sætte sit Præg paa Jordens Frugtbarhed og dermed Befolkningens Fordeling, Gaardenes Størrelse etc. Nøjagtige Undersøgelser herover af geologisk-arkæologisk-historisk Art mangler dog endnu ganske²⁾.

¹⁾ FLEISCHER, M., 1886: Die natürlichen Feinde der Rimpauschen Moordammkulturen; Protokoll d. 20. Sitz. d. Zentralmoorkommission am 27. u. 28. Nov. 1885. Berlin 1886 p. 56—57. (Cit. efter Wahnschaffe, F. 1903: Anleit. zur wissenschaftl. Bodenunters. 2. Aufl. Berlin. p. 147.)

²⁾ En Antydning af Erkendelsen af Undergrundens Indflydelse paa Agerjordens Beskaffenhed paa Bornholm findes allerede hos FORCHHAMMER 1835: Danmarks geognostiske Forhold. Universitetsprogram

Nogle Bemærkninger om Vivianit.

Medens det i de foran omtalte ældre Dannelser var Calciumphosphatet, der kan være sammensat $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$ — undertiden med hydroxyl- eller klorsubstitueret Fluor —, der spillede Hovedrollen, mens Jærn (og Aluminium)-forbindelser var underordnede, er det i Kvartæret Forbindelser af Jærn og Fosforsyre, der stedvis optræder i saa stor Mængde, at de falder indenfor denne Afhændlings Rammer.

I frisk Tilstand, saaledes som man finder Vivianiten i større eller mindre Mængde i Moserne som Overtræk over Knogler etc. i disse, er den hvid; men udsat for Luftens Paavirkning bliver Vivianiten hurtig blaa. Dog gives der i Moserne Forbindelser af Jærn og Fosforsyre, som ikke bliver blaa i Luften. Disse sidstnævnte Fosfater er amorphe, medens J. VAN BEMMELEN og hans Medarbejdere¹⁾ har paavist, at selv den Vivianit, der forekommer som et »jordagtigt Aggregat«, bestaar af (yderst smaa) krystallinske Partikler. Den blaa Farves Fremkomst skyldes, at en (ringe) Del af Jærnet i Vivianiten under Atmosfærens Indflydelse gaar over fra divalent til trivalent. De farveløse »friske« Vivianitkrystallers Sammensætning er $\text{Fe}_3^{\text{II}}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}^2)$. Ved Forsøg med Iltningsmidler som fortyndet Brintoverilteopløsning har VAN BEMMELEN paavist, at selv en meget ringe Fe^{III} Indhold vil give Krystallerne en blaa Farve³⁾.

Vivianiten forekommer i Moserne, tilsyneladende meget

p. 27 (nederst). Men Spørgsmaalet er hverken af F. eller andre forfulgt i Detailler.

¹⁾ VAN BEMMELEN, S. M., 1901: Les accumulations ferrugineuses dans et sous les tourbières. Gisement, composition, formation. — Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. II. ser. tome 4. Haag; p. 38.

²⁾ BRUSH, J. G., 1901: Manual of determinative Mineralogy. 5. Ed. New York. p. 276.

³⁾ Sterk Iltning af Vivianiten giver en okkergul Farve.

lunefuldt fordelt. Man kan i smaa Moser finde ret betydelige Mængder af Vivianit, saaledes flere Steder i NØ-Sjælland¹⁾. Paa den anden Side kan store Mosestrækninger være uden Vivianit (i hvert Fald i nævneværdig Mængde) uden at Aarsagen hertil er indlysende. I flere af de store midt- og vestjydske Mosedrag har jeg saaledes forgæves søgt Vivianit i nævneværdige Mængder. Det samme gælder Bornholm. I en af de større Moser her, Vallensgaard Mose ved Almindingen, hvor man paa Grund af udstrakt Mosemergelgravning har rig Lejlighed til at undersøge lange Profiler, har jeg slet ikke set Vivianit, ligesom Arbejderne udtalte, at de aldrig fandt dette letkendelige Stof.

Da Vivianitforekomsterne i Reglen er smaa og spredte, skal jeg ikke her forsøge en Opregning af dem, men nøjes med at henvise særligt til de af Danmarks geol. Unders. offentliggjorte Kortbladsbeskrivelser (I. R. særlig Nr. 1¹⁾ og til K. RØRDAM: Saltvandsalluviet i det NØ-Sjælland²⁾).

Om Vivianitens Dannelse foreligger der, mig bekendt, intet i dansk Litteratur. De Forfattere, der omtaler Vivianit lejlighedsvis (K. RØRDAM¹⁾²⁾, N. V. USSING³⁾, C. WESENBERG-LUND⁴⁾ m. fl.) nøjes med at konstatere dens Tilstedeværelse og Egenskaber. Den sidstnævnte Forf. anfører dog⁵⁾ nogle Iagttagelser, der synes at støtte den Antagelse, at Vivianiten opstaar ved Omdannelse af allerede færdigdannede Jærnforbindelser, en Theori, der er udførligt behandlet af VAN BEMMELEN⁶⁾ og skal kort refereres her.

¹⁾ K. RØRDAM: De geol. Forh. i det nordøstlige Sjæll. Danm. geol. Unders. I. R. Nr. 1. p. 86.

²⁾ IDEM: Saltvandsalluviet i d. nordøstl. Sjæll.; Danm. geol. Unders. II. 2. 1892.

³⁾ USSING, N. V., 1904: Danmarks Geologi. II. Udg. Danm. geol. Unders. III. 2. p. 289.

⁴⁾ WESENBERG-LUND, 1901: Studier over Søkalk, Bønnemalm og Søgyttje i danske Indsøer. Medd. geol. Foren., København; Nr. 7.

⁵⁾ l. c. p. 87.

⁶⁾ VAN BEMMELEN, 1901: Les accumulations etc.

Vivianiten forekommer i Moserne altid i inderlig Forbindelse med Planterester (og Dyrerester). Det maa antages, at den i Vivianiten indgaaende Fosforsyre hidrører fra opløselige fosforsure Salte, dannede ved Planters og Dyrs Forraadelse. En saadan Forklaringsmaade synes mig den naturligste for den danske Vivianits Vedkommende. For visse svenske Forekomster har C. E. BERGSTRAND¹⁾ tænkt sig en anden Oprindelse, nemlig, at Fosforsyren her (i Norrland) skulde være ført ud i Dalen, hvor Aflejringen findes, af Vand, der kommer fra forvitrende fosforsyreholdige Fjælde. Denne Theori kan der sikkert ses bort fra for Danmarks Vedkommende.

Nu findes der paa de Steder i Moserne, hvor Vivianit forekommer, altid Siderit (FeCO_3). Lidt ældre Undersøgelser af GAERTNER²⁾ og nyere af VAN BEMMELEN³⁾ gør det sandsynligt »sinon certain«, at Ferrocarbonatet under Indvirkning af Opløsninger af fosforsure Salte omdannes til Vivianit. Dog bemærker VAN BEMMELEN⁴⁾: »on ne peut prétendre, que ce processus de formation est le seul possible. Peut être une solution, renferment dans certains rapports FeO , CaO , MnO , P_2O_5 , CO_2 peut elle quand se modifient la température, la concentration, déposer á l'état cristalline des combinaisons diverses FeCO_3 , $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, sans quil y ait métamorphose«. Men derom vides endnu intet med Sikkerhed, selvom Laboratorieforsøg af GAERTNER o. a. synes at tyde paa, at i al Fald visse Vivianitaflejringer kan være saaledes direkte dannede. — Jeg haaber ad Aare at komme tilbage til dette Spørgsmaal.

¹⁾ BERGSTRAND, C. E.: Bidr. till kännedomen om d. i Wemdalen före-komm. vivianiten samt andra i samband därmed uppträdande jord-aflagringar. Geol. Fören. Stockh. Bd. II. 1874—75. p. 335.

²⁾ GAERTNER, 1897: Ueber Vivianit u. Eisenspath. in mecklenb. Mooren. — Inaugur. Diss. Güstrow.

³⁾ l. c. 1901.

⁴⁾ l. c. 1901 p. 52.

Vivianitens praktiske Anvendelighed.

I mange Tilfælde vil antagelig Vivianiten for den enkelte Lodsejer, i hvis Mose den findes, kunne faa nogen Betydning som Fosforsyregødning; men da det ligesom for den raa Fosforit ogsaa her gælder, at Fosforsyren er tilstede i en for Planterne mindre let tilgængelig Form, vil ogsaa Vivianitens rette Anvendelsesfelt være Moser o. lign. St. For at forbedre Vivianiten som Fosforsyregødning foreslaar C. E. BERGSTRAND¹⁾ at ophobe Lag af Vivianit og Tørv og antænde Bunken. Han mener, at Asken da med Fordel vil kunne anvendes som Jordforbedringsmiddel. Denne Methode er dog, mig bekendt, aldrig bleven almindelig anvendt, saa at praktiske Beviser for Askens gavnlige Virkning næppe foreligger i større Udstrækning.

Til Slutning er det mig en kær Pligt at takke Bestyrserne af det STEENSTRUP'ske og det BROCK'ske Legat, paa hvis Bekostning jeg i 1910 besøgte de bornholmske Fosforitforekomster og foretog andre, endnu ikke tilendebragte geologiske Studier.

Det geologiske og det kemiske Arbejde er udført henholdsvis i Universitetets mineralogisk-geologiske Museum og i Universitetets kemiske Laboratorium, hvis Bestyrere, Hr. Prof. N. V. USSING og Hr. Prof. E. BIILMANN jeg herved bringer min bedste Tak for aldrig svigtende Imødekommenhed. Ligeledes takker jeg ved denne Lejlighed Hr. Inspektør, cand. polyt. AAGE KIRSCHNER, Universitetets kemiske Laboratorium, for Raad og Vejledning samt retter en Tak til alle, der har bistaaet mig i mine Studier.

Mineralogisk Museum, København, i Dec. 1910.

¹⁾ Bidrag till kännedomen etc. p. 335.