

Undersøgelser vedrørende de kvælstofholdige Gjødningsstoffers Omdannelse i Jordbunden.

Foredrag i det kgl. Landhusholdningsselskab den 20de Februar 1884
af Docent C. F. A. Tuxen.

Medens i den nyere Tid Spørgsmaalet om Fosforsyrens Værdi som Plantenæring i dens forskjellige kemiske Forbindelser med Kalk særlig har lagt Beslag paa de tyske Agrikulturkemikere og har fremkaldt en Række Undersøgelser herover, saa har der samtidig fundet en Række vigtige Undersøgelser Sted, særlig af franske og engelske Kemikere, med Hensyn til et andet vigtigt Plantenæringsstof, nemlig Kvælstoffet. Disse sidste Undersøgelser synes at være blevne stillede noget i Skygge af Fosforsyre-Spørgsmaalet og ikke at have lagt saa meget Beslag paa Landmændenes Interesse, som de fortjene.

Undersøgelserne over Kvælstoffet have særlig omfattet den Maade, hvorpaa dette Stof i Dyre- og Plantestofferne omdannes til Plantenæring, til Salpetersyre og Ammoniak. Schloesing og Müntz i Paris og Warington paa Rothamsted*) have saaledes paavist, at Salpetersyredannelsen eller, som den almindelig kaldes, Salpeterdannelsen i Jordbunden skeer ved visse Bakteriens Livsvirksomhed. Disse Forskere have tillige undersøgt, hvilke Betingelser der ere de gunstigste for disse lavere Organismers salpeterdannende Evne. Tvende Franskmænd, Gayon og Dupetit, have tillige paavist andre

*) Se dette Tidsskrift Pag. 201, 1883.

Former af Bakterier, der ere virksomme ved Salpetersyrens Omdannelse til Ammoniak, en Proces, der finder Sted i vaade Jorder. Andre Undersøgelser i den nyeste Tid over Kvælstoffet i Jordbunden have havt til Opgave at undersøge, hvilke Tab Jorden aarlig lider heraf ved Regnvand. Lawes, Gilbert og Warington*) have saaledes anstillet vidtløftige Undersøgelser over den Mængde af Kvælstof i Form af Salpetersyre, der bortføres igjennem Drænvandet. Dissé Undersøgelser have ikke alene givet Oplysning om dette Tabs Størrelse i Almindelighed, men ogsaa om, hvilken Indflydelse Anvendelsen af de forskellige kvælstofholdige Gjødningsstoffer har herpaa. Resultaterne af deres Undersøgelser have givet nyttige Vink med Hensyn til at begrænse Jordens Tab af Kvælstof.

Skjøndt vi altsaa i den nyeste Tid have faaet Kjendskab til Maaden, hvorpaa Salpetersyren og Ammoniakken dannes i Jordbunden, og til det Tab af Kvælstof, som Jordbunden lider under forskellige Forhold, saa gives der dog endnu flere Spørgsmaal, hvis fulde Besvarelse er af Vigtighed ved de kvælstofholdige Gjødningsstoffers økonomiske Anvendelse. Blandt disse maa vel Spørgsmaalet om, hvor hurtig Kvælstoffet i de organiske Gjødningsstoffer omdannes til Plantenæring, indtage den forreste Plads. Det er indlysende, at et saadant Spørgsmaal ikke kan finde sin Besvarelse ved Gjødnings- og Dyrkningsforsøg i Marken, thi Afgrødernes Frødhed og Størrelse ere paavirkede af flere Væxtfaktorer end Gjødningsstofferne Mængde i Jordbunden. De klimatiske Forhold, Varme- og Fugtighedsforholdene, have saaledes den største Indflydelse ikke alene paa Vegetationen, men paa selve Gjødningsstoffets Omdannelse til Plantenæring. Regnvandet, der falder under Forsøgstiden, bortfører ikke ubetydelige Mængder af Kvælstoffet i Form af Salpetersyre, der saaledes gaaer tabt for Vegetationen. Naar man derfor vil have Oplysning om den Mængde af Salpetersyre og Ammoniak,

*) Se dette Tidsskrift Pag. 366, 1888.

der i et givet Tidsrum dannes af de forskjellige kvælstofholdige Gjødningsstoffer, saa maa slige Undersøgelser anstilles paa en saadan Maade, at Intet gaaer tabt af de ovennævnte Forbindelser, og at Kvælstoffets Omdannelse skeer under de gunstigste Forhold. Forsøgene maa derfor anstilles saaledes, at Omdannelsen finder Sted under de heldigste Fugtighedsforhold og under Stedets naturlige Varme-forhold. Man faaer i det Tilfælde Oplysning om Gjødningsstoffernes Maximumproduktion af Kvælstofnæring. Det er Forsøg i denne Retning, som jeg har anstillet med nogle af vore almindelige kvælstofholdige Gjødningsstoffer, og som jeg skal tillade mig at forelægge den ærede Forsamling. Forinden vil jeg imidlertid give et kort Overblik over de vigtigste Undersøgelser, der ere anstillede angaaende Omdannelsen af Kvælstoffet i Dyre- og Plantestofferne til Plante-næring.

De tvende plantenærende Forbindelser, Salpetersyren og Ammoniakken, der dannes i Jorden af Dyre- og Plante-stoffernes Kvælstof, opstaa ikke ved en og samme Proces, endskjøndt de begge fordre omtrent samme Temperatur samt lavere Organismers, Bakteriers, Tilstedeværelse for deres Dannelse.

Visse Forhold, der i Regelen begunstige Salpeterdannelsen, synes at hæmme Ammoniakdannelsen og omvendt. Ved Siden af den livlige Salpeterdannelse i Jorden spores der kun en ringe Ammoniakdannelse, og finder der i Virkeligheden en saadan Sted, saa omdannes Ammoniakken snart til Salpetersyre. Ammoniakken bliver da kun en Overgangsform for Kvælstoffet i de organiske Forbindelser til Salpetersyre. Hvor Ammoniakdannelsen er livlig, og hvor Ammoniakken ikke kan omdannes videre, der hæmmes ikke alene Salpeterdannelsen, men den engang dannede Salpetersyre omdannes til Ammoniak. Det er Jordbundens Fugtighedstilstand, der betinger de forskjellige Processer. Jo mere fugtig Jordbunden er, og som Følge heraf, jo mere Luften herved er udelukket, desto gunstigere ere Betingelserne for Ammoniakdannelsen,

medens derimod Luftens frie Adgang til Jordbunden, i Forbindelse med dennes ringere Fugtighedsmængde, fremmer Salpeterdannelsen. Den vaade, sure Jordbund er derfor gunstig for Ammoniakdannelsen, den udluftede Agerjord for Salpeterdannelsen. Begge disse Lokalteter karakterisere sig ogsaa ved en forskjellig Flora, som vel ikke er bunden til den forskjellige Form af Kvælstofnæringen i Jorden, men skyldes ligesom Dannelsen af de forskjellige Kvælstofforbindelser Jordens Fugtighedstilstand. Efter-som den vaade Jords Vandmængde formindskes ved Afledning, og Luften faaer mere Adgang, saa bliver Salpeterdannelsen mere og mere fremtrædende, særlig i Jordens Overflade. Der maa derfor kunne træffes Lokalteter, hvori saavel Ammoniak- som Salpeterdannelsen strides om Overvægten. Ja dette maa vel antages at være Tilfældet f. Ex. i den lerede Agerjord, alt efter dennes forskjellige Fugtighedstilstand. De tvende forskjellige Processer, ved hvilke Kvælstoffet i Dyre- og Plantestofferne overføres i en for Planterne optagelig Form, kunne karakteriseres paa følgende Maade.

Salpeterdannelsen i Jordbunden foregaaer ved visse lavere Organismer; disse kræve en Temperatur af imellem 5° og 55° C. for deres Virksomhed; 37° er den heldigste Temperatur. De fordrer en Fugtighedstilstand i Jordbunden, der tillader Luftens frie Adgang, da Luftens Ilt er absolut nødvendig for dem. Tilstedeværelsen af kulsur Kalk i Jorden fremmer deres Virksomhed betydelig, da den af dem producerede Salpetersyre maa neutraliseres af en Base; Surhed i Jorden dræber dem. Dræningen, der bortfører det stillestaaende Vand i Jorden, og som skaffer Luften Adgang, samt Mærglingen og Jordens Bearbejdning fremme Salpeterdannelsen. Med andre Ord, de almindelige Kulturmetoder, der anvendes paa Jordbunden, forøge dennes Salpetersyremængde.

Ammoniakdannelsen, der ogsaa under visse Forhold benævnes Forraadnelse, foregaaer ved Hjælp af andre lavere Organismer. Gayon og Dupetit have saaledes paa-

vist Bakterierformer, der ere virksomme ved Salpetersyrens Omdannelse til Ammoniak og frit Kvælstof. I Jordbunden indtræder Dannelsen, naar Luften er udelukket paa Grund af en større Vandmængde. Ved Staldgødningens Forraadelse i Møddingen er Ammoniakdannelsen eneherkende.

Begge de ovennævnte Processer kunne jævnsidig finde Sted i al god Jord, men paa den Maade, at i Jordbundens øverste Lag, hvor Luften har rigelig Adgang, dér er Salpeterdannelsen fremtrædende, medens i de dybere Lag, i Undergrunden, hvor Luften for en Del er udelukket, dér finder Ammoniakdannelsen Sted. Dette Forhold er af en vis økonomisk Betydning. Salpetersyren bindes ikke af Agerjorden, den siver derfor ned i Undergrunden; men her omdannes noget af den til Ammoniak, som bindes af Jorden; herved hindres for en Del Jordens Tab af Kvælstof. Naar det nu fremgaaer af de nyeste Undersøgelser, at det er de lavere Organismer, der ere virksomme ved Dannelsen af Ammoniakken og Salpetersyren, den Form, under hvilken Planter optage Kvælstoffet, og naar vi hertil føje, at nyere Undersøgelser have viist, at Humusstofferne Iltning til Kulsyre vel for en Del ligeledes skyldes visse lavere Organismer, saa maa man erkjende, at den nyere Tids Forskninger have givet os et helt nyt Blik for Processerne i Jordbunden; i Stedet for at man tidligere betragtede disse som rene kemiske Virkninger, maa de nu betragtes som fysiologiske. Med Rette udtaler Warington sig saaledes om Jordbunden: »Vort Blik paa den frugtbare Jordbunds Natur har udvidet sig; i Stedet for simpelt hen at betragte Jorden som en porøs Blanding af Ler, Sand og Humus, maa vi nu betragte den som et Medium fuldt af Liv. Jorden, som vi betræde, er i Virkeligheden ikke død, men tæt befolket af forskjellige Organismer, som udøve forskjellig Virksomhed, med hvilke vi kun gradevis blive bekendte.«

Naar vi nu gaa over til at betragte de Forandringer, som særlig Planteresterne lide i Jordbunden ved deres Overgang til Muldstoffer og videre ved deres Kvælstofs

Omdannelse til Næring for Vegetationen, da vil den første Forandring væsenlig vise sig i en Optagen af Ilt og Udvikling af Kulsyre. Planteresternes Kulstofmængde vil formindskes, medens deres Kvælstofmængde væsentlig vil forblive uforandret. Mængdeforholdet imellem Kulstoffet og Kvælstoffet vil af den Grund forandre sig. Warington har fulgt denne Forandring; dels har han selv undersøgt Forholdet, dels har han sammenstillet sine Resultater med andre Forskeres herover. Han angiver f. Ex., at Forholdet imellem Kvælstof og Kulstof i Rødder og Stubbe, altsaa Materialet, hvoraf Muldstofferne dannes, er som 1:43; i Planterødderne fra Engjord som 1:32; i Rødderne af Bælgplanter som 1:23. Forholdet imellem Kvælstof og Kulstof i halv forraadnet Staldgødning som 1:19. Ved nu at undersøge Mængdeforholdet imellem Kvælstof og Kulstof i Jordens Muldstoffer og andre kvælstofholdige, organiske Bestanddele, som altsaa ere dannede af de ovennævnte Planterester og af Staldgødningen, saa viste det sig, at i gammel Græsjord, fri for Rødder og Plantedele og i en Dybde af indtil 9 Tommer, var Forholdet imellem Kvælstof og Kulstof i Mulden som 1:10; i Jord, som hvert Aar har faaet Staldgødning, som 1:12; i Lerjord i 45—56 Tommers Dybde som 1:6; i Drænvandets organiske Bestanddele, fra bevoxet Jord, som 1:3; i Drænvand fra ubevoxet Jord som 1:2,6. Forholdet imellem Kvælstof og Kulstof i Drænvandets organiske Bestanddele svarer til sammes Forhold i Æggehvidestofferne. Det fremgaaer nu heraf, at Omdannelsen af de kvælstofholdige Planterester i Jordbunden medfører en Forandring i Forholdet imellem deres Kvælstof og Kulstof, saaledes at Muldstofferne og overhovedet de organiske Forbindelser i Jordan blive forholdsvis rigere paa Kvælstof end de Planterester, hvoraf de ere dannede, og at altsaa de Forbindelser, hvoraf Ammoniak- og Salpetersyren dannes, ere mere kvælstofrige end Planteresterne selv. Disse Forbindelsers Kvælstofmængde er større, jo dybere de træffes i Jordan, men deres Mængde aftager selv betydelig med Dybden. De

dybere Jordlag indeholde kun meget lidt af disse kvælstofrigere Forbindelser. Waringtons Undersøgelser have givet et lille Indblik i Planteresternes Omdannelse i Jorden uden at oplyse noget om den Mængde af Plantenæring, de kunne producere; Boussingault derimod har søgt at bringe nogen Klarhed heri; hans Undersøgelser give et vigtigt Bidrag til Muldstoffernes Ydelse af Kvælstofnæring.

Boussingault tog 100 Gram Jord og blandede med Sand for at gjøre Jorden mere porøs; denne Blanding kom han i en stor Glasballon. Jordblandingen blev forinden befugtet med destilleret Vand. Ballonen blev herpaa hermetisk tillukket og henstod saaledes i 11 Aar, fra 1860—71. Ballonen indeholdt et langt større Overskud af Ilt, end der var nødvendigt til at ilte alt Kvælstoffet i Jorden til Salpetersyre. Nedenstaaende Tabel viser Jordens hele Indhold af Kvælstof før og efter Forsøget, samt hvor meget heraf der var gaaet over til Salpetersyre.

	1860.	1871.	Forskjel.
Ialt Kvælstof i Jorden	0,4722	0,4520	÷ 0,0202
Kvælstof som Salpetersyre	0,00075	0,1600	+ 0,15925.

Ved dette som ved et lignende Forsøg fandt Boussingault, at der under Forsøget havde fundet et Tab Sted af Kvælstof; han fandt tillige, at Luftens Kvælstof ikke havde været medvirkeude ved Salpetersyredannelsen, men at denne alene skyldtes Jordens kvælstofholdige Bestanddele. Boussingault undersøgte tillige, om der kunde dannes endnu mere Salpetersyre i Forsøgsjorden, eller den dannede Salpetersyre var Maximumproduktionen. Han udtog derfor en Prøve af Jorden og lod den henligge i Luften i 10 Maaneder; men der viste sig efter dette Tidsrums Forløb ingen Forøgelse i Indholdet af Salpetersyre. Ved andre Forsøg, i Lighed med de førstnævnte, men ved hvilke Jorden ikke var blandet med Sand, og hvor Ballonen kun kunde rumme 7 Liter Luft (ved de første Forsøg rummede Ballonen 100 Liter), fandt Boussingault, at der kun var dannet den halve Mængde af Salpetersyre som i det første Forsøg. Det fremgaaer af Boussingaults Forsøg, at

30—34 pCt. af Muldstoffernes Kvælstof i Løbet af 11 Aar er i Stand til, under de gunstigste Forhold, at gaa over til Salpetersyre. Om denne Mængde har været dannet i et kortere Tidsrum end 11 Aar, derom udsige Forsøgene Intet. Det fremgaaer tillige, at Muldstoffernes hele Kvælstofmængde ikke kan omdannes til Salpetersyre, selv om der er rigelig Ilt og Kalk tilstede.

Da Boussingault har paavist, at der ved Muldstoffernes Produktion af Salpetersyre har fundet et Tab Sted af Kvælstof i Luftform, saa paatrænger der sig det vigtige Spørgsmaal, om der ved Dyre- og Plantestoffernes Produktion af Kvælstofnæring altid finder en Udvikling Sted af frit Kvælstof, som altsaa gaaer tabt for Vegetationen. Flere Forskere have undersøgt dette for Gjødningslæren saa vigtige Spørgsmaal. Man har dels anstillet Undersøgelser med kvælstofholdige Gjødningsstoffer alene, hvilke Forsøg kunne paralleliseres med Forholdene i Møddingen, og dels naar disse vare blandede med Jord. De vigtigste Undersøgelser skulle her meddeles i deres Hovedtræk.

Jules Reiset har anstillet Forsøg med Heste- og Faaregjødning samt Kjød, der blandedes med Mærgel og befugtedes med Vand. Han anvendte 18—20 Pd. Gjødning eller 3 Pd. Kjød til hvert af sine Forsøg. Han hensatte de raadnende Masser under store Glasklokker og undersøgte efter 6—30 Dages Forløb Luftens Sammensætning i Klokken. Under Forsøgene blev der stadig ledet Ilt ind i Klokkerne, alt eftersom Kulstoffet i Gjødningen forbrændte til Kulsyre. Temperaturen under Forsøgene varierede imellem 14—25° C. Reiset fandt nu, at Luften i Klokkerne over de forraadnende Masser indeholdt fra 1,6—14,3 Volumeprocent mere Kvælstof end før Forsøget. Der havde altsaa udviklet sig frit Kvælstof ved Forraadnelsen. Af særlig Vigtighed var, at der udviklede sig mest Kvælstofluft, naar Forraadnelsen foregik under Vand. Reiset drager følgende Resultater af sine Forsøg:
„Organiske, kvælstofholdige Stoffer absorbere betyde-

lige Mængder af Ilt og udvikle Kulsyre ved deres Forraadnelse.

Ammoniaksaltene, de salpetersure Salte og øvrige kvælstofholdige Forbindelser, der dannes ved Forraadnelsen, repræsenterer ikke alt Kvælstoffet i den oprindelige Masse.“

Lawes og Gilbert have anstillet Forsøg over samme Æmne, men paa en anden Maade.

De anvendte til deres Forsøg pulveriseret Hvede, Byg eller Bønner, der blev blandet enten med glødet Jord eller glødet, pulveriseret Pimpsten. Til disse Blandinger blev der sat saa meget Vand, at det Hele dannede en Dejg. Saadanne Blandinger bleve bragte i smaa Flasker, der bleve lukkede med tætsluttende Proppe, igjennem hvilke der gik tvende Rør. Igjennem disse Rør blev der ledet Luft, fri for Salpetersyre og Ammoniak, hen over den dejsagtige Blanding. Det Rør, hvorigjennem Luften blev ledet ud af Flasken, udmundede i en Flaske med Syre, som tilbageholdt den luftformige Ammoniak, der blev udviklet af Blandingen under Forraadnelsen, hvorved dennes Mængde kunde bestemmes. Ved altsaa at sammenholde Kvælstof-Mængden i Blandingen før og efter Forraadnelsen, samt ved at tage Hensyn til den Kvælstofmængde i Form af Ammoniak, der blev bortført med Luftstrømmen, men som blev opsamlet i Syren, fik de Oplysning, om der var gaaet Kvælstof tabt i Luftform. Da disse Forsøg have en ikke ringe Interesse, saa skal her gives en Tabel over Resultaterne (se øverst næste Side).

Det fremgaaer heraf, at Kvælstoftabet ved Kornsorternes og Bønnernes Forraadnelse kan variere fra 1,74—40 pCt., og at der ved Forraadnelsen er gaaet fra 11—57 pCt. af Kvælstofmængden over til Ammoniak. Kun højst 1,5 pCt. af Kvælstoffet er bortgaaet som Ammoniak i Luftform. Det væsentligste Tab er luftformig Kvælstof. Ved disse Forsøg var der ikke dannet Spor af Salpetersyre.

Kisow og König have paa samme Maade som Lawes og Gilbert anstillet Undersøgelser over Kvælstof-

	blandet med	Kvælstof		Kvælstof tabt i pCt.	Kvælstof i Form af Am- moniak efter Forraadnelsen	
		før For- raadnelsen.	efter For- raadnelsen.		i Blandingen.	bortgaaet med Luften.
Hvedekorn:						
171 Korn	glødet Jord.	0,1392	0,1398	0	30,83	0,27
171 Korn	glødet Pimpsten.	0,1396	0,1214	13,08	41,06	0,01
Mel	glødet Jord.	0,1709	0,1680	1,74	11,49	0,23
Byg:						
163 Korn	glødet Jord.	0,1247	0,0746	40,20	12,64	0,44
163 Korn	glødet Pimpsten.	0,1261	0,1052	16,62	23,39	0,01
Mel	glødet Jord.	0,1390	0,1311	5,66	11,97	0,28
Bønner:						
7 do.	glødet Jord.	0,2417	0,2107	12,84	57,91	1,42
7 do.	glødet Pimpsten.	0,2704	0,2380	11,99	—	0,89
Mel	glødet Jord.	0,2581	0,2367	12,16	40,25	0,23

tabet ved Forraadnelse, men de have tillige søgt at begrænse Kvælstoftabet ved forskellige Tilsætninger. De lode saaledes Forraadnelsen af Benmel og Kjød dels foregaa alene, dels blandet med Gibs eller uglødet Agerjord. Blan-

Forsøgene varede:		Kvælstof- mængden		Mere (+) eller min- dre (-) Kvælstof efter Forraadnelsen i pCt.	pCt. Kvælstof i Form af Ammoniak efter Forraadnelsen.
		før For- raadnelsen. Gram.	efter For- raadnelsen. Gram.		
Fra 14de Juni til 2den Nov. 1871.	1. Benmel.	20,910	19,259	- 7,89	50,74
	2. Benmel og Jord.	13,863	13,904	+ 0,29	54,75
Fra 4de Jan. til 21de Maj 1872.	1. Benmel og Gibs.	17,185	17,244	+ 0,34	51,79
	2. Kjød og Gibs.	18,023	18,068	+ 0,25	60,88
	3. Benmel og Jord.	12,281	12,309	+ 0,23	45,85
	1. Benmel.	20,530	19,668	- 4,19	69,30
	2. Benmel og Gibs.	20,530	20,571	+ 0,19	62,28
	3. Kjød.	18,340	17,919	- 2,29	68,37
	4. Kjød og Gibs.	18,340	18,355	+ 0,98	73,49
	5. Benmel og Jord.	14,275	14,208	- 0,47	49,69

dingerne bleve rørte ud til en Dejj med Vand og bragte i store Flasker, i Lighed med Lawes og Gilberts Forsøg. De anvendte enten 500 Gram Benmel eller Kjød alene eller 2000 Gram Jord blandet med 250 Gram Benmel.

Foranstaaende Tabel viser Resultaterne (se nederst foregaaende Side). Den har betydelig Interesse, den viser ligesom ved Lawes og Gilberts Forsøg, at de kvælstofholdige Forbindelser ved Forraadnelsen afgive luftformig Kvælstof, og at over Halvdelen af Kvælstoffet efter Processen er gaaet over til Ammoniak, men tillige, at en Til sætning af Gibs eller Agerjord hæmmer Udviklingen af frit Kvælstof. Dette har overordentlig Betydning ved Staldgødningens Omdannelse til Plantenæring og har ogsaa fundet Anvendelse i Praxis, dels ved Anvendelsen af Gibs i Stalde og Møddingsteder, dels ved Staldgødningens Ud kjørsel og Nedpløjning i frisk Tilstand. Der synes imidlertid ved første Blik paa disse Forsøg, at der er en Uoverensstemmelse imellem dem og Lawes og Gilberts Forsøg. idet nemlig disse paaviste et Tab af luftformig Kvælstof ved Tilblandingen af Jord. Men her maa det bringes i Erindring, at ved de sidste Forsøg anvendtes uglødet Jord — ved de førstnævnte glødet Jord. Det er nemlig højst rimeligt, at Humusstofferne i den ikke glødede Jord udøve en ikke ringe Indflydelse under Forraadnelsen. Ligesom ved Lawes og Gilberts Forsøg var der ikke dannet Spor af Salpetersyre under Forraadnelsen. Ved Kisows og Königs Forsøg er der fundet lidt mere Kvælstof efter end før Forsøgene; — det er dog saa ringe, at det hører ind under de tilladelige Forsøgsfejl.

Efter Hovedresultatet af disse Forsøg kan man antage, at Tabet af luftformig Kvælstof ved de organiske, kvælstofholdige Stoffers Omdannelse til Plantenæring i Jordbunden er stærkt begrænset. Under visse Forhold derimod kan der finde et ikke ringe Tab af Kvælstof Sted i Form af Ammoniak. Holdefleisz har saaledes pævist et betydeligt Tab af Ammoniak, hvor Møddingevand har raadnet i Agerjord. —

Efter tidligere at have beskrevet nogle af de Forsøg, der have havt til Formaal at undersøge Muldstoffernes Omdannelse i Jordbunden, skal her omtales en Række Undersøgelser, der have havt til Opgave at undersøge de kvælstofholdige Gjødningsstoffers Omdannelse i Jordbunden. Professor Holdefleisz i Halle har leveret et meget omstændeligt og fyldigt Arbejde herover. Holdefleisz anstillede sine Forsøg i Trækasser af 1 □ Meters Grundflade, forede med Zink. Hver Kasse kunde omtr. rumme 700 Pd. Agerjord. Materialet, i hvilket Forsøgene bleve anstillede, var Mosejord med 50 pCt. Humus og $2\frac{1}{2}$ pCt. Kalk, sur Humusjord med 17 pCt. Humus og alm. kalk- og humusholdig Agerjord. I disse Jorder indblandedes enten Hestegødning, svovlsur Ammoniak eller Møddingvand for at undersøge, hvor megen Salpetersyre eller Ammoniak der i en given Tid blev dannet i de forskjellige Jordbunde; tilige blev tilsat til enkelte af Kasserne Kalisalte for at undersøge, hvilken Virkning disse udøvede paa Salpetersyre- eller Ammoniakdannelsen. Forsøgene bleve anstillede i Løbet af Sommeren 1873, og enkelte fortsattes den næste Sommer.

Efterstaaende Tabel viser nogle af de Undersøgelser, der have mest Interesse. Den første Talrække i Tabellen angiver den samlede Mængde Kvælstof i Gram i Forsøgs-kasserne, altsaa saavel Forsøgsjordens alene som sammen med den Gødning, hvormed den er blandet. — Den anden Talrække viser den samlede Mængde af Kvælstof efter Forsøget; den 3die og 4de Talrække Mængden af Kvælstof, der var tilstede som Ammoniak før og efter Forsøget, og 5te og 6te Talrække Mængden af Kvælstof, der var tilstede i Form af Salpetersyre før og efter Forsøget.

Med Hensyn til den samlede Mængde af Kvælstof før og efter Forsøget fremgaaer det, at i enkelte Forsøgs-kasser har der været et Tab, i andre en Forøgelse. Ved Forsøgene i deres Helhed fremgaaer det, at det særlig er de Forsøgs-kasser, der have faaet Møddingvand, der have lidt et Tab af Kvælstof; særlig viser dette sig i Kasserne

	Den hele Kvælmængde i Gram.		Kvælstof som Ammoniak i Gram.		Kvælstof som Salpetersyre i Gram.	
	for Forsøget.	efter Forsøget.	for Forsøget.	efter Forsøget.	for Forsøget.	efter Forsøget.
1. Jord + Vand	560	597	52,5	49,5	—	14,7
2. Jord + Møddingvand	2305	1629	52,5	346,1	—	564,7
3. Jord + svoxlsur Ammoniak	1608	1585	1095,6	410,5	—	405,9
4. Jord + svoxlsur Ammoniak + Kalisalt	1608	1179	1095,6	501,4	—	22,5
5. Jord + Møddingvand + Kalisalt	1385	950	44,8	212,1	—	—
6. Jord + Hestegødning (i Jorden alene 125 Gram Kvælstof)	613	697	15,4	22,0	2,4	—
7. Mosejord (neutral)	2890	3268	35,1	20,0	31,0	92,9
8. Mosejord + Møddingvand	3677	3891	35,1	32,0	31,0	580,7
9. Mosejord + svoxlsur Ammoniak	3922	3874	1067,1	222	31,0	429,1
10. Mosejord + svoxlsur Ammoniak + Kalisalt	4543	4510	1095,7	945,7	50	55,9
11. Mosejord + svoxlsur Ammoniak + Kalisalt	4857	3990	1092,8	787,7	47,3	11,9
12. Mosejord + Møddingvand	4837	4602	52,7	215,3	50,0	268,7
13. Mosejord + Møddingvand + Kalisalt	4513	4247	52,7	644,9	50,0	117,8
14. Sur Humusjord + Møddingvand	3228	2866	15,7	740,7	—	410,7

med Agerjord. Dette Tab kan maaske for en ringe Del tilskrives en Udvikling af frit Kvælstof ved Forraadnelsen, men særlig en Udvikling af Ammoniak; thi Holdefleisz anfører, at ved de nævnte Kasser kunde der under Forsøget spores en Ammoniaklugt. Han anfører ogsaa, at ved Møddingvandets stærke Udvikling af Ammoniak er Agerjordens Absorptionsevne herfor hurtig bleven mættet, og en Del af Ammoniakken er forflygtiget. Denne Ammoniakudvikling fra enkelte af Forsøgs-kasserne har da maaske indvirket paa de andre Kasser med Tørvejord saaledes, at disse have optaget noget deraf, hvorved deres Kvælstofmængde er bleven forøget. — Med Hensyn til Salpeterdannelsen vise Forsøgene, at denne har været livlig, selv i den humøse Mosejord, ja selv i den sure Humusjord. Det er altsaa en Selvfølge, at disse have været i Besiddelse af heldige Betingelser for Salpeterfermentets Virkning. Dette synes for den sidste Jordarts Vedkommende, den sure Humusjord, at staa i Modstrid med den almindelige Erfaring, at der i den sure Jordbund ingen Salpeterdannelselse kan finde Sted, men at en alkalisk Reaktion eller Tilskud af kulsur Kalk er nødvendig herfor. Man maa dog her ikke sammenligne Forholdet i den naturlig forekommende Humusjord med Forsøgsjorden, der her var blandet med Møddingvand; thi som det vil sees af Tabellen, er der dannet en betydelig Mængde Ammoniak, nemlig 749 Gram; denne maa have mættet Syren i Jorden og have fremkaldt en alkalisk Reaktion. Forraadnelsen, ved hvilken Ammoniakken er dannet, har banet Vejen for Salpeterdannelsen. Man maa tillige bringe i Erindring, at den neutrale Mosejord og den sure Humus ere i Besiddelse af en stor Porøsitet, der netop tillader Luften Adgang i stor Maalestok, hvorved netop Salpeterdannelsen fremmes. — Den neutrale Mosejord indeholdt tillige kulsur Kalk (2 pCt.)

Medens man hidindtil har sondret imellem tre kvælstofholdige Forbindelser i Jordbunden, nemlig Ammoniak, Salpetersyre og de organiske, kvælstofholdige Forbindelser

(Muldstoffer, Planterester o. lgn.), gjør Holdefleisz ved sine Undersøgelser opmærksom paa en fjerde Form af kvælstofholdige Forbindelser »complexere Stickstoffverbindungen«, der synes at opstaa af Ammoniakken i Jordbunden. Knop har ligeledes gjort opmærksom herpaa.

Da disse Forbindelser synes at dannes under visse Betingelser og i ikke ringe Mængde i Jorden og af den Aarsag maa have Betydning, saa skal Holdefleisz's Undersøgelser herover anføres. Det sees saaledes f. Ex. af Forsøgs-kassen Nr. 9, at Mosejord + svovlsurt Ammoniak næsten har samme Indhold af Kvælstof efter som før Forsøget; den har altsaa ikke lidt noget synderligt Tab af Kvælstof. Før Forsøget indeholdt Kassen med Mosejorden og svovlsur Ammoniak 1067 Gram Kvælstof i Form af Ammoniak og 31 Gram Kvælstof i Form af Salpetersyre. Efter Forsøget fandtes der 222 Gram Kvælstof i Form af Ammoniak og 429 Gram som Salpetersyre, ialt 651 Gram. Da der nu ikke har fundet Tab Sted af Kvælstof under Forsøget, saa maa Forskjellen imellem den samlede Mængde af Kvælstof i Form af Ammoniak og Salpetersyre før og efter Forsøget altsaa $1098 \div 651 = 447$ Gram Kvælstof være gaaet over i andre Forbindelser. En Del af den tilsatte svovlsure Ammoniaks Kvælstof maa altsaa være gaaet over i ubekjendte Forbindelser. Holdefleisz anvendte ved Analysen Magnesia til at uddrive Ammoniakken af Jorden, da Magnesia under Opvarmningen ikke saaledes som Kalk udvikler Ammoniak af Jordens kvælstofholdige, organiske Forbindelser. Han undersøgte nu, om man kunde sønderdele de nydannede ukjendte Kvælstofforbindelser i Ammoniak ved at ophede en Del af Jorden med Kalk. De forskjellige Forsøg gave følgende Resultat. Ved at opvarme Jorden (i Kassen Nr. 9) med Kalk fik han en Ammoniakmængde svarende til 477 Gram Kvælstof (beregnet paa hele Kassens Indhold); ved at opvarme Jorden med Magnesia, som nævnt, 222 Kvælstof i Form af Ammoniak. Opvarmningen med Kalk havde altsaa forøget Ammoniakmængden med 225 Gram; men denne forøgede

Kvælstofmængde i Form af Ammoniak kunde skyldes Jordens egne kvælstofholdige, organiske Bestanddele, der netop udvikle Ammoniak ved Opvarmning med Kalk; derfor blev en Del af Mosejorden, hvortil der ikke var sat svovlsur Ammoniak, opvarmet alene med Kalk, og dette Forsøg gav 261 Gram Kvælstof i Form af Ammoniak. Denne Forøgelse svarede nøje til den, der fremkom ved at opvarme Mosejorden + svovlsurt Ammoniak med Kalk i Stedet for med Magnesia. Resultatet blev herved, at de nydannede, kvælstofholdige Forbindelser, der opstode af den svovlsure Ammoniak, ikke lode sig dekomponere ved Opvarmning med Kalk. En Dannelse af disse ukjendte Kvælstofforbindelser paaviste Holdefleisz i flere af Forsøgs-kasserne. Lignende Jagttagelser, der kunde tilskrives samme Dannelse, fandt jeg i de Forsøg, hvor jeg anvendte svovlsur Ammoniak. Denne Tilbagegang af de plantenærende Kvælstofforbindelser maa ikke have ringe Betydning for Plantekulturen, thi det er højst sandsynligt, at disse nydannede Kvælstofforbindelser ikke ere Plante-næring; da de tilmed under visse Forhold kunne dannes i betydelig Mængde i Jorden af den tilførte Ammoniakgjødning, saa faa de en ikke ringe økonomisk Betydning og fortjene en nærmere Undersøgelse. Holdefleisz angiver imidlertid, at i Jord, der indeholder megen kulsur Kalk, og hvor Salpeterdannelsen er livlig, dér er Ammoniakkens Overgang til de nævnte Forbindelser kun ringe.

Med Hensyn til Holdefleisz's Forsøg over Staldgjødningen (Nr. 6) seer man, at denne efter Sommerens Forløb kun har dannet en ringe Mængde Ammoniak og ingen Salpetersyre, hvilket viser, at Staldgjødningen meget langsomt omdannes til Plante-næring. Ved derimod at fortsætte Forsøget et halvt Aar til, viste det sig, at der var dannet temmelig betydelige Mængder af Ammoniak og Salpetersyre.

Af særlig Interesse er den Jagttagelse, at Kalisaltene hæmme Salpeterdannelsen, hvilket fremgaaer af Forsøgs-kasserne 4, 5, 11 og 13. Dette er særlig udpræget i

Agerjorden, der var blandet med Møddingvand eller svovlsur Ammoniak. Denne Iagttagelse har Betydning, da den forklarer Kalisaltens undertiden uheldige Indflydelse paa Vegetationen; thi da Salpetersyren anerkjendes som den Forbindelse, under hvilken man bedst yder Planterne Kvælstof, saa maa Kalisaltens hæmmende Indflydelse paa denne Forbindelses Dannelse have en ikke ringe Betydning.

I Forsøget Nr. 10 med Mosejord og svovlsurt Ammoniak fandt Holdefleisz kun en ringe Salpeterdannelse; han søger Aarsagen hertil i Mosejordens ringe Indhold af kulsur Kalk, idet han gaaer ud fra, at den svovlsure Ammoniak uden denne vanskelig gaaer over til Salpetersyre; naar derimod den svovlsure Ammoniak kan omsætte sig med den kulsure Kalk til kulsurt Ammoniak, saa omdannes denne let til Salpetersyre. At Møddingvandets Kvælstof hurtig danner megen Salpetersyre, forklarer han netop ved Dannelsen af kulsur Ammoniak ved Forraadnelsen.

Holdefleisz giver til Slutning følgende Resultater af sine talrige Undersøgelser over de kvælstofholdige Gødningstoffers Omdannelse i Jordbunden.

1. Samtlige Agerjorder, der befinde sig i en normal Tilstand, have Evne til at omdanne en større Mængde af de Ammoniaksalte, der indlemmes i dem, til Salpetersyre.
2. Tilstedeværelsen af kulsur Kalk befordrer Omdannelsen saaledes, at i Løbet af et halvt Aar meget over Halvdelen af den bundne Ammoniak bliver omdannet til Salpetersyre.
3. Tilstedeværelsen af tørve- eller humusagtige Substantser, der forøge Jordens Porøsitet, fremmer Salpeterdannelsen; dog gives der Tørvejord, hvis organiske Substantser befinde sig i en saadan Tilstand, at de ved deres stærke Iltning fremkalde en Afltning i Jordbunden, der hæmmer Salpeterdannelsen.
4. Ammoniak, der er bunden til Svovlsyre, og som paaføres Jorden i større Mængde, synes haardnakket at

- modstaa Omdannelsen til Salpetersyre, fremfor kulsurt Ammoniak, naar Jorden mangler kulsur Kalk.
5. Rigelig Tilførsel af Kaligjødning synes ganske at forhindre Salpeterdannelsen.
 6. Agerjordens Absorptionsevne for Ammoniak er saa ringe i Forhold til den paa Humussyre rige Mosejord, at den ved en nogenlunde rigelig Paagyldning af Møddingvand ikke kan forhindre en Forflygtning af Ammoniak. Mosejorden derimod hindrer ikke alene en saadan Forflygtning, men den kan tillige optage Ammoniak af Luften.
 7. I alle naturlige, humøse Jorder synes den tilførte Ammoniak at gaa over i mere sammensatte Kvælstofforbindelser. Tilstedeværelsen af kulsur Kalk hæmmer, i samme Forhold som den beforder Salpeterdannelsen, Ammoniakens Overgang til de nævnte Forbindelser.
 8. Staldgødningens kvælstofholdige Bestanddele omdannes ikke saa fuldkomment til Salpetersyre som Møddingvandets, da hine for en Del bestaa af ufordøjede Foderrester saaledes af Straa, Avner o. lgn., der meget langsomt omsætte sig.

Egne Forsøg.

Holdefleisz har ved sine Undersøgelser kun anvendt Møddingvand, Hestegjødning og svovlsurt Ammoniak og har kun undersøgt, hvorvidt Ammoniak- og Salpeterdannelsen af disse Gjødningsstoffer var skreden frem i Løbet af omtr. et halvt Aars Tid. Opgaven ved mine Forsøg har været at drage flere kvælstofholdige Gjødningsstoffer med ind i Undersøgelsen og igjennem et længere Tidsrum at se, hvorledes de ovennævnte Dannelser skrede frem. Foruden svovlsur Ammoniak og Hestegjødning blev der anvendt Benmel og Fiskeguano samt Chilisalpeter. Forsøgene va-

rede i 16 Maaneder, i hvilket Tidsrum i Foraars-, Sommer- og Efteraarsmaanederne Mængden af den dannede Ammoniak og Salpetersyre 7 Gange blev bestemt.

Blandt de kvælstofholdige Gjødningsstoffer spille Benmel og Fiskeguano en ret vigtig Rolle, men da deres Kvælstof er i en for Planterne uoptagelig Form, saa bliver det Omdannelsesprocesserne i Jorden, der blive de afgjørende ved Kvælstoffets Overgang til Plantenæring. Det vilde derfor have en vis Betydning at lære den Hurtighed at kjende, hvormed disse Gjødningsstoffers kvælstofholdige Bestanddele danne Ammoniak og Salpetersyre, tilmed da Kvælstofmængden i hine Gjødningsstoffer er temmelig betydelig. Benmelet indeholder hyppig 3 pCt., Fiskeguano 8—9 pCt. Som Maalestok ved Bedømmelsen af Mængden af den dannede Plantenæring af disse Gjødningsstoffer kan Forsøget med Hestegjødning tjene. Hestegjødningen er jo den af de forskellige Slags Staldgjødninger, som lettest forraadner og danner Plantenæring.

Det svovlsure Ammoniak er den hyppigste Form, under hvilken Ammoniakken paaføres Jorden. Omdannelsen af dette Salts Kvælstof til Salpetersyre har vel sin Fordel, men tillige sin Ulempe. Det maa vel antages for afgjort, at Kvælstoffet i den dannede Salpetersyre er i en heldigere Optagelsesform for Planterne end i Ammoniakken, og at der altsaa er en Grads Forskjel i deres Værdi som Plantenæring. Saaledes har Wagner ved sine nyeste Gjødningsforsøg fundet, at svovlsurt Ammoniak har en ligefrem uheldig Virkning f. Ex. paa Kartofler — og at Anvendelse af svovlsurt Ammoniak, naar den ikke kan omdannes i Jorden til Salpetersyre, ikke forøger Udbyttet. Ved Anvendelsen derimod af Chilisalpeter under samme Forhold og i en Mængde, som svarede til den svovlsure Ammoniaks, fandt han et Merudbytte af 28 pCt.

Endskjendt det altsaa er givet, at Ammoniakkens Omdannelse til Salpetersyre er fordelagtig med Hensyn til Planternes Ernæring, saa har dog denne Omdannelse den Skyggeside, at den dannede Salpetersyre ikke, saaledes

som Ammoniakken, er i Stand til at tilbageholdes, bindes, af Jorden; denne har nemlig ingen Absorptionsevne for Salpetersyren. Derfor bliver Jordbundens Udsigt til Tab af Kvælstof langt større, eftersom Salpeterdannelsen af Ammoniakken bliver livligere.

Holdefleisz fandt, at Omdannelsen af den svovlsure Ammoniak's Kvælstof til Salpetersyre i visse Tilfælde var meget træg, naar Jorden ikke indeholdt megen kulsur Kalk, hvormed den kunde omsætte sig. Denne Forklaring har i og for sig selv noget tiltalende ved sig, men den synes ikke fuldt at være overensstemmende med de Processer, der foregaa i Jorden ved Ammoniak's Absorption. Undersøgelserne af Drænvandet paa Rothamsted vise ogsaa nogle Uoverensstemmelser med Hensyn til Hurtigheden, hvormed den svovlsure Ammoniak's Kvælstof omdannes til Salpetersyre. Af den Aarsag vil det have Betydning nærmere at undersøge dette Salts Evne til at danne Salpetersyre i almindelig Agerjord.

Chilisalpeteret har været anvendt ved disse Forsøg, da det var muligt, at en Ammoniakdannelsen og et Kvælstoftab kunde finde Sted af dette Salt, særlig i Jordens dybere Lag, hvor Luftens Adgang var hæmmet.

Da nu Jorden, hvori de 5 Gjødningsstoffers Omdannelsesproces skulde foregaa, selv indeholdt en betydelig Mængde Kvælstof bundet i Muldstofferne, saa blev det nødvendigt samtidig at undersøge, hvor hurtig Kvælstoffet i hine Forbindelser omdannedes til Salpetersyre og Ammoniak. Boussingault havde jo fundet en betydelig Mængde Salpetersyre dannet i Jorden, rigtignok efter 11 Aars Forløb, men hans Forsøg nødvendiggjorde alligevel, at man tog Hensyn til Jordens Produktion heraf samt af Ammoniak, da det var tænkeligt, at disse kunde dannes i saa stor Mængde, at de kunde virke vildledende ved Bestemmelsen af Gjødningsstoffernes Produktion. Da kulsur Kalk skal fremme Salpeterdannelsen, saa har jeg anstillet Forsøg, ved hvilke Jorden blev blandet med 2 pCt. kulsur Kalk,

for at se, om denne Tilsætning forøgede Muldstoffernes Produktion af Salpetersyre.

Da Jordens Porøsitet har en stor Indflydelse paa Salpetersyreproduktionen, saa har jeg, for at give mine Undersøgelser mere Værd, anstillet de nævnte Gjødningsforsøg i tvende Jorder, der i den Henseende vare udprægede forskellige, nemlig Lerjord med 40 pCt. Ler og Sandjord med 15 pCt. Ler. Disse tvende Jorder ere tillige Repræsentanter for Landets sværere og lettere Jorder. Undersøgelserne over Gjødningsstoffernes Omdannelse i Ler- og Sandjorden foregik ikke samtidig. Forsøgene i Lerjord toge deres Begyndelse i Juni 1880 og bleve afsluttede i September 1881; i Sandjorden begyndte de i Juni 1881 og afsluttedes i September 1882.

Forsøgene bleve først anstillede i cylindriske, 10 Tommer høje Zinkbeholdere med tragtformig Bund med Afløb; senere, da jeg frygtede, at Zinken skulde blive opløst og saaledes indvirke paa Forsøgsresultaterne, anvendte jeg saltglacerede Lercylindre af samme Konstruktion. Samtlige Beholdere bleve stillede i et dertil konstrueret Bord, og under hver Beholder blev der stillet et Glas for at optage det Vand, der muligvis kunde sive igjennem Jorden, naar denne blev fugtet. Bordet med Beholderne blev i den fri Luft stillet under et Tag.

For at have rigelig Jord til de talrige Salpeter- og Ammoniakbestemmelser og for at komme de naturlige Forhold saa nær som muligt, anvendtes der 10 Pd. Jord til hvert Forsøg, — saa meget kunde hver Beholder rumme. Med Hensyn til Forholdet ved selve Jordblandingerne blev Følgende iagttaget. Jordens Kvælstofmængde blev bestemt og beregnet paa den ved 100° tørrede Jord. Til Jorden blev der nu af de forskellige Gjødningsstoffer tilsat saa meget, at den tilsatte Gjødningsmængde omtrent indeholdt lige saa meget Kvælstof, som Jorden selv indeholdt. Da Lerjorden indeholdt 1,8 Gram Kvælstof pr. 1000 Gram Jord, blev der til denne tilsat saa megen Gjødning, som der svarede til 2 Gram Kvælstof. Mængden af

den tilsatte Gjødnings Kvælstof blev altsaa temmelig ringe i Forhold til Jordmassen, nemlig knap 2 pro mille, men netop herved maatte Jorden i sin Helhed faa Indflydelse paa Omdannelsesprocessen og de naturlige Forhold kommes nær. Endnu skal bemærkes, at saavel Ler- som Sandjordens Kalkindhold var i Stand til at møtte mere end den dobbelte Mængde af den Salpetersyre, der kunde dannes af Gjødningsstoffernes og Muldstoffernes Kvælstof.

For at de kvælstofholdige Gjødningsstoffers Omdannelse kunde foregaa under de heldigste Betingelser, blev Jorden holdt i en passende Fugtighedstilstand under vore almindelige Varmeforhold. Jorden blev af og til fuldstændig fugtet med Vand, og naar noget heraf sivede igjennem Jorden ned i Glassene under Beholderne, blev dette Vand, der havde opløst noget af Jordens Salpetersyre, atter heldt paa Jorden, naar denne var bleven tør i Overfladen. En Surhed af Jorden kunde paa Grund af Afløbet ikke finde Sted.

Efter at Gjødningen var blandet med Jorden, henstod denne 1 Dag, hvorefter Mængden af Salpetersyre og Ammoniak (den 1ste Juni) blev bestemt, som Udgangspunkt.

Den 1ste Juli, 1ste September, 1ste November, 20de April næste Aar, 20de Juni og 1ste September, blev der udtaget nøjagtige Gjennemsnitprøver af hver Beholder, og Mængden af Ammoniak og Salpetersyre blev bestemt.

Der var altsaa følgende Forsøg:

- Nr. 1 Jord alene
- Nr. 2 Jord + 2 pCt. kulsur Kalk
- Nr. 3 Jord + Benmel
- Nr. 4 Jord + Fiskeguano
- Nr. 5 Jord + svovlsur Ammoniak
- Nr. 6 Jord + Chilisalpeter
- Nr. 7 Jord + Hestegjødning

De tvende nedenstaaende Tabeller vise Resultaterne.

Kvælstof i Form af Salpetersyre og Ammoniak i pCt. af den tilsatte Kvælstofmængde.

Lerjerd.

	Jord uden Til-sætning.	Jord + Kulsur Kalk.	Jord + Bønnel.	Jord + Fiske-guano.	Jord + svovls. Ammo-niak.	Jord + Chili-salpetere.	Jord + Heste-gødning.	
1ste Juni 1880.	0,80 0,45	0,80 0,45	1,35 0,65	2,55 0,55	99,30 0,65	0,95 99,50	1,25 0,45	Kvælstof som: Ammoniak. Salpetersyre.
1ste Juli	0,45 0,80	0,35 1,50	51,45 2,75	55,10 1,40	95,50 1,45	3,10 96,50	3,53 4,43	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste September . . .	1,25 1,50	0,70 1,55	8,70 63,00	7,82 50,00	69,40 17,30	5,35 86,20	8,00 3,11	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste November . . .	0,40 1,15	1,70 2,20	5,30 46,25	5,86 36,55	57,25 15,55	6,20 70,15	9,02 23,91	Ammoniak. Salpetersyre.
20de April 1881.	—	—	4,10 46,25	6,20 42,56	56,00 17,00	3,50 73,10	1,31 21,20	Ammoniak. Salpetersyre.
20de Juni	0,30 0,80	0,15 0,45	7,10 61,55	10,80 43,35	63,95 13,35	2,55 75,10	7,97 21,00	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste September . . .	0,55 1,00	0,45 0,40	1,90 65,65	9,50 50,00	55,00 15,00	0,35 71,35	5,0 28,00	Ammoniak. Salpetersyre.

Kvælstof i Form af Salpetersyre og Ammoniak i pCt. af den anvendte Kvælstofmængde.

Sandjord.

	Jord uden Tilsætning.	Jord + kulsur Kalk.	Jord + Benmel.	Jord + Fiskeguano.	Jord + svovls. Ammoniak.	Jord + Chili-salpeter.	Jord + Hestegødning.	
1ste Juni 1881.	0,10 0,25	0,50 0,25	1,32 0,35	2,55 0,30	100,00 0,25	0,60 100,63	2,55 —	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste Juli	0,20 0,15	1,00 0,20	50,00 1,00	38,20 0,35	90,00 0,22	4,00 96,05	3,25 1,92	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste September . .	— 0,25	— 0,50	35,55 19,05	19,45 21,55	75,65 4,75	4,75 86,60	8,51 1,98	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste November . . .	— 0,10	— 0,10	19,40 27,65	7,50 23,30	78,75 0,45	0,55 75,15	— 8,7	Ammoniak. Salpetersyre.
20de April 1882.	— 0,10	0,85 0,10	20,40 63,00	12,65 29,85	70,20 7,00	4,06 65,50	5,21 4,91	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste Juni	0,15 0,15	0,85 —	21,10 64,50	13,65 25,15	65,30 17,70	2,50 64,55	23,00 33,09	Ammoniak. Salpetersyre.
1ste September . .	0,15 0,25	0,85 —	2,70 66,65	1,80 39,35	52,53 14,25	0,87 65,90	12,76 61,20	Ammoniak. Salpetersyre.

Som Forklaring til disse skal anføres, at Tallene angive procentisk, hvor meget af Kvælstoffet i Jorden alene eller i de tilsatte Gjødnings-der er gaaet over til Salpetersyre og Ammoniak. De angive altsaa, hvor meget af 100 Vægtdele Kvælstof i Form af kvælstofholdige Forbindelser der ved Omdannelsen i Jorden er gaaet over til Plantenæring. Den øverste Talrække i hver Bestemmelse angiver Kvælstof i Form af Ammoniak, den nederste i Form af Salpetersyre.

Dannelsen af Salpetersyre og Ammoniak af Kvælstoffet i Jordernes Muldstoffer har viist sig at være meget ubetydelig, ja saa ringe, at den ikke kan have videre Indflydelse ved Iagttagelse af Gjødningsstoffernes Omdannelse. Fra Juni til September, det første Aar, er der i Lerjorden kun en Forøgelse af 1,5 pCt. af begge Forbindelser; forøvrigt har Mængden i den øvrige Tid næsten været uforandret, kun svingende lidt op og ned. I Sandjorden er der ikke nogen videre synlig Fremgang i Dannelsen af de nævnte Forbindelser. Tilsætningen af kulsur Kalk har heller ikke i det Tidsrum forøget Salpeterdannelsen af Muldstofferne. Boussingaults Forsøg viste vel, at 33 pCt. af Muldstoffernes Kvælstof, rigtignok i Løbet af 11 Aar, kunde gaa over til Salpetersyre, men hans Forsøg give tillige Oplysning om, at de tiloversblevne 67 pCt. af Kvælstoffet, selv efter længere Tids Forløb, ikke vare i Stand til at gaa over til Salpetersyre. Der maa som Følge heraf gives visse Muldformer, hvis Kvælstof under almindelige Forhold haardnakked modstaaer en Omdannelse til Salpetersyre, og som maaske hertil kræver en højere Temperatur. Kvælstoffet i Muldstofferne i Lerjorden og Sandjorden synes saaledes vanskeligst at danne Salpetersyre eller Ammoniak, dog maa man her, i Forhold til Boussingaults Forsøg, tage den forholdsvis korte Iagttagelse med i Betragtning.

Ved Betragtningen af Resultaterne af Gjødningsforsøgene ville vi først henlede Opmærksomheden paa Forsøgene over Lerjord.

Omdannelsen af Benmelets og Fiskeguanoens

kvælstofholdige Bestanddele til Plantenæring har ikke ringe Interesse. I Løbet af en Maaned ere henved 50 pCt. af disses Kvælstof gaaede over til Plantenæring, til Ammoniak, hvilket viser hen til en hurtig Forraadnelse, Ammoniakdannelse. Efter 1 Maanedes Forløb, efter den 1ste Juli, synes denne at være afløst af en livlig Salpeterdannelse; thi medens Salpetersyremængden den 1ste Juli knap udgjorde et Par Procent, udgjorde den den 1ste September 63 pCt. af Benmelets og 50 pCt. af Fiskeguanoens Kvælstofmængde, medens deres Ammoniakmængde nu kun udgjorde 7—8 pCt. Efter 3 Maaneders Forløb ere imellem 60—70 pCt. af de tvende Gjødningsstoffers Kvælstof omdannede til Plantenæring. Ja, vi kunne sige, at dette var Maximumproduktionen under de gunstigste Forhold i det Tidsrum Forsøgene varede, thi efter en Del Svingninger frem og tilbage er, efter 16 Maaneders Forløb, Mængden af den dannede Plantenæring (Salpetersyre og Ammoniak) ikke større end efter 3 Maaneders. Dette ret mærkelige Forhold fører Tanken hen paa en vis Begrænsning i Omdannelsen af disse Gjødningsstoffers Kvælstof i Lighed med Muldstoffernes. Det synes her, som om kun 60—70 % af Kvælstoffet ere i Stand til indenfor Forsøgstiden at danne Plantenæring, medens Resten meget energisk modsætter sig Omdannelsen. Om disse Gjødnings Fosforsyre bliver disponibel for Planterne i samme Forhold som deres Kvælstof, er vanskeligt at sige, men at en Frigjørelse af en Del af Fosforsyren maa finde Sted, er højst sandsynligt, naar man tænker sig, at den dannede Salpetersyre muligvis kan opløse en Del af Fosforsyren ved at bemægtige sig noget af den Kalk, hvortil den er bunden.

Undersøgelserne om Kvælstoffets Omdannelse i Benmelet og Fiskeguanoen vise, at de tvende Gjødningsstoffer hurtigt kunne tilføre Vegetationen Kvælstofnæring, og det endda i stor Mængde. De vise tillige, at de først danne Ammoniak, — som derpaa gaaer over til Salpetersyre. Dette er en Proces af Vigtighed, thi den udviklede Ammo-

niak kan absorberes, tilbageholdes, af Jorden og i en saadan Tilstand lidt efter lidt omdannes til den heldige Form af Kvælstofnæring, Salpetersyren, der ikke bindes af Jorden. Det er umuligt af Undersøgelserne for Lerjorden at give noget af de tvende Gjødningsstoffer Fortrinet med Hensyn til deres Evne til at danne Kvælstofnæring; det synes nemlig her, som om deres kvælstofholdige Bestanddele nøjagtig følge hinanden i deres Omdannelsesproces, af hvilken Aarsag Værdien af deres Kvælstof er ens som Plantenæring.

Ved Forsøgene med svovlsurt Ammoniak og Chilisalpeter er det iøjnefaldende, at Summen af deres Kvælstof enten som Salpetersyre eller Ammoniak efter 1 Maanedes Forløb ikke svarer til Mængden af Kvælstof ved Forsøgets Begyndelse; der viser sig et Tab, der i Løbet af Forsøgstiden bliver større og større, og som efter 16 Maaneders Forløb udgjør mellem 25 og 30 pCt. Denne Formindskelse af for Planterne disponibelt Kvælstof maa for en ringe Del tilskrives Tab fra Jordens Overflade, thi trods alle Forsigtighedsregler under Forsøgene, har der nemlig viist sig et Tab af Kvælstof ved Forsøgenes Slutning i alle Forsøgscylindrene. Men et saadant er ikke tilstrækkeligt til at forklare et Tab af 10 pCt. i Løbet af den første Maaned ved Gjødningsforsøgene med svovlsurt Ammoniak. Snarere finder det sin Forklaring i Dannelsen af de af Holdefleisz angivne Kvælstofforbindelser, der netop skulle dannes af den svovlsure Ammoniaks Kvælstof og i en forholdsvis kalkfattig Jord. (Lerjorden indeholdt kun en halv Procent Kalk). Forsøget viser nu, trods dette Tab, at den svovlsure Ammoniaks Kvælstof meget vanskelig omdannes til Salpetersyre. Efter en Maanedes Forløb var der ikke dannet nogen Salpetersyre; efter 3 Maaneders Forløb vare 17 pCt. af Ammoniakkens Kvælstof gaaede over til Salpetersyre, hvilket var Maximumsmængden af den Salpetersyre, der dannedes under hele Forsøgstiden. Denne Salpetersyremængde holdt sig næsten uforandret i Løbet af et Aar. Den Ammoniak, der dannede sig af Benmel

eller Fiskeguano, gaaer langt lettere over til Salpetersyre end Ammoniakken i det svovlsure Salt; dette kan søge sin Forklaring i, at hin er bunden til Kulsyre. — Der- som Jorden havde indeholdt en betydelig Mængde kulsur Kalk, hvormed den svovlsure Ammoniak havde kunnet omsætte sig til kulsurt Ammoniak, er det muligt, at Salpeterdannelsen havde været livligere.

Omdannelsen af Kvælstoffet i Chilisalpetret til Ammoniak og frit Kvælstof kan under almindelige Forhold kun finde Sted i Jordens dybere Lag, altsaa i Forsøgs- cylindrenes nederste Del, hvor Luftens Adgang er begrænset. Men en saadan Omdannelse og et deraf følgende Kvælstoftab kan hurtig finde Sted i den Tid, da Jordbunden er mættet med Vand. Warington har saaledes fundet, at af en Salpeteropløsning, som han heldte paa Jord, der var mættet med Vand, gik i Løbet af 10 Dage, det Tidsrum, som medgik til atter at udvaske Salpeteropløsningen af Jorden, næsten 50 pCt. af Salpetersyrens Kvælstof over til Ammoniak og rimeligvis frit Kvælstof. En saadan Omdannelse maa have fundet Sted i Forsøgene i det Tidsrum, da Jorden blev mættet med Vand, og indtil den igjen har afgivet noget heraf ved Fordampning.

Det er vanskeligt at forklare denne Forsvinden af Kvælstof i Chilisalpeterforsøgene paa anden Maade, hvor alle Tab under Forsøgstiden ere søgte undgaaede. En stadig Udvikling af frit Kvælstof af Salpetersyren kan vanskelig tænkes, da Jorden ikke i længere Tid ad Gangen har været mættet med Vand.

Omdannelsen af Hestegjødningens kvælstofholdige Bestanddele til Plantenæring er af særlig Interesse, naar den sammenlignes med Benmelets og Fiskeguanoens. Efter 1 Maanedes Forløb havde disses Kvælstof dannet henholdsvis 51 og 55 pCt. Ammoniak og omtrent 1 pCt. Salpetersyre; af Hestegjødningens Kvælstof var der i samme Tidsrum kun dannet 3 pCt. Ammoniak og 3,5 pCt. Salpetersyre. Efter 3 Maanedes Forløb, den 1ste September, da Benmelet og Fiskeguanoen havde dannet 7—8 pCt. Ammoniak

og 50—60 pCt. Salpetersyre og altsaa havde 60—70 pCt. af deres Kvælstof som Plantenæring, saa havde Hestegjødningen kun dannet 7 pCt. Ammoniak og 1,5 pCt. Salpetersyre, altsaa en Kvælstofmængde, der er 8 Gange mindre end de tvende førstes. Medens nu de to sidste Gjødnings Omdannelse fra 1ste September til 1ste November er hæmmet, ja er i Tilbagegang, saa er Hestegjødningens i stærk Fremgang, idet denne nemlig den 1ste November har dannet 9 pCt. Ammoniak og 24 pCt Salpetersyre, hvilket vil sige, at efter 5 Maaneders Forløb $\frac{1}{3}$ af Hestegjødningens Kvælstof er gaaet over til Plantenæring. Fra November til 20. April er der en Tilbagegang i Produktionen, men fra den Tid stiger denne lidt mere, men bliver derpaa uforandret til 1ste September, Forsøgets Slutning. I Lighed med Benmelets og Fiskeguanoens kvælstofholdige Bestanddele viste Hestegjødningen sin Maximumsproduktion det første Efteraar, derpaa en Tilbagegang i Løbet af Vinteren og om Foraaret atter en Stigning i Produktionen af Kvælstofnæring, som næste Efteraar atter naaer det foregaaende Aars Maximumproduktion. Hestegjødningen bestaaer dels af let dekomponible Bestanddele, der let danne Kvælstofnæring, og dels af andre, der vanskelig dekomponeres, saaledes Straa, Avner og Lignende, der i Lerjorden kræve en længere Tid, forinden deres Kvælstof gaaer over til Plantenæring. Det er højst sandsynligt, at Kvæggjødningen endnu langsommere omsætter sig i Jorden.

Ved at betragte Resultaterne af de forskellige Gjødningsstoffers Omdannelse paa Sandjord, finde vi, at disse i Hovedtræk stemme overens med Omdannelsen paa Lerjorden. Ved Benmelet og Fiskeguanoen træffe vi efter 1 Maanedes Forløb den samme stærke Ammoniakdannelse, nemlig henholdsvis 50 og 38 pCt.; efter denne indtræder Salpeterdannelsen, men langt fra med saa stor Livlighed som paa Lerjorden. Den 1ste September, efter 3 Maanedes Forløb, har Benmelet endnu 35 pCt. Kvælstof som Ammoniak, men kun 19 som Salpetersyre; Fiskeguanoen har 19 pCt. Kvælstof som Ammoniak og 21 som Salpeter-

syre. Den 1ste November har Salpetersyremængden Overvægten over Ammoniakdannelsen og for en Del paa dennes Bekostning. Den 20de April næste Aar vare begges Dannelser i Stigning, særlig Benmelets, thi dette havde nu dannet 20 pCt. Ammoniak og 63 pCt. Salpetersyre, medens Fiskeguanoen havde 12 pCt. Ammoniak og 30 pCt. Salpetersyre; denne samlede Mængde af Kvælstofnæring holdt sig fra den Tid næsten uforandret indtil Forsøgenes Slutning. Benmelet har i Forhold til Fiskeguanoen produceret en betydelig større Mængde Kvælstofnæring paa Sandjorden. Forholdet er som 70: 40.

De samme Forhold, som den svovlsure Ammoniak og Chilisalpeteret vise paa Lerjorden, gjentage sig i sine Hovedtræk paa Sandjorden.

Hestegjødningens Kvælstof omsætter sig derimod med langt større Livlighed paa Sandjorden end paa Lerjorden. Dette viser sig særlig efter Vinterens Forløb, den 20de April; paa dette Tidsrum, altsaa efter 11 Maaneders Forløb, vare 10 pCt. af Kvæstoffet omdannede til Kvælstofnæring (paa Lerjorden 20 pCt.), den 1ste Juni var Mængden stegen til 56 pCt. (paa Lerjorden 29 pCt.), og den 1ste September ved Forsøgets Slutning naaede Mængden af Kvælstofnæring 74 pCt. af Hestegjødningens Kvælstof (paa Lerjorden 31 pCt.). Salpetersyredannelsen var ligesom paa Lerjorden i stærk Overvægt. (Den 1ste Juni 33 pCt., 1ste September 61 pCt.).

Den hurtige Omdannelse af Gjødningen paa Sandjorden under gunstige Fugtighedsforhold er vel kjendt af den praktiske Landmand og har faaet sit Udtryk i »at gjøde lidt og tit.« Dels omsætter Gjødningen sig hurtig, og dels kan Sandjorden ikke saaledes som Lerjorden tilbageholde den dannede Plantenæring.

Vi kunne paa Basis af de nævnte Undersøgelser opstille en lille Tabel, som viser, hvor meget Hestegjødning, Benmel eller Fiskeguano der skulde anvendes for at producere samme Mængde Kvælstofnæring i en given Tid. Vi kunne vælge Forsøgene for Lerjord og den Kvæl-

stofnæring, der var dannet i de første 3 Maaneder; man fik altsaa:

100 Pd. Fiskeguano	indeholde	8,7 Pd. Kvælstof
100 Pd. Benmel	—	3,9 Pd. —
100 Pd. Hestegjødning	—	0,25 Pd. —

Efter 3 Maaneders Forløb var der af disse Gjødningsstoffers Kvælstof dannet pCt. Kvælstofnæring:

Fiskeguano	55 pCt. af 100 Pd. =	4,7 Pd.
Benmel	69 pCt.	2,7 Pd.
Hestegjødning	11 pCt.	0,028 Pd.

Følgende Mængder af Gjødningsstofferne give i samme Tid samme Mængde Kvælstofnæring ved deres Omdannelse i Jorden (efter 3 Maaneders Forløb).

100 Pd. Fiskeguano
174 Pd. Benmel

7—8 Læs frisk Hestegjødning.

Hertil maa erindres, at efter de angivne Analyser indeholder 100 Pd. Fiskeguano ligesaa meget Kvælstof som 3500 Pd. Staldgjødning.

Vi kunne sammenfatte Resultaterne af de forelagte Undersøgelser i følgende Hovedpunkter.

- 1) Over 50 pCt. af Benmelets og Fiskeguanoens Kvælstof gaaer, under gunstige Forhold, i Løbet af 1 Maaned over til Plantenæring i Jordbunden. Efter 16 Maaneders Forløb ere hyppig kun 60—70 pCt. af deres Kvælstof gaaede over til Plantenæring.
- 2) Disse Gjødningsstoffer danne først en betydelig Mængde Ammoniak, som derpaa gaaer over til Salpetersyre.
- 3) Den svovlsure Ammoniaks Kvælstof gaaer vanskelig over til Salpetersyre i den kalkfattige Agerjord. En ikke ringe Mængde af Kvælstoffet danner rimeligvis nye ukjendte Kvælstofforbindelser.
- 4) Chilisalpeterets Kvælstof omdannes kun i ringe Mængde til Ammoniak i den udluftede Agerjord.
- 5) Hestegjødningens Kvælstof omdannes i Almindelighed langt vanskeligere til Plantenæring end Benmelets og