

Undersøgelser over Regnens Betydning her i Landet som Kvælstofkilde for Kulturplanterne.

Foredrag i det Kgl. Landhusholdnings-Selskab d. 12. Februar 1890
af Docent C. F. A. Tuxen.

Den høje Pris, der betales for Kvælstoffet i Handelsgødningerne, viser tilfulde, hvilket værdifuldt Plantenæringsstof dette er, og den opfordrer Landmanden til, ikke alene at have sin Opmærksomhed henvendt paa at drive den største Økonomi med det Forraad af Kvælstof, der findes i hans Jordbrug, men tillige til at søge at forøge dette ved at drage Fordel af de Kvælstofkilder, som Naturen tilbyder ham. Agrikulturkemien har for længe siden stillet sig den Opgave at paapege disse Kilder og nøjere at bestemme deres Værd, men i Betragtning af Opgavens Vanskelighed og trods det, at der snart er arbejdet herpaa i over 40 Aar, er dog Maalet endnu ikke fuldt naaet, og Kvælstofspørgsmaalet staar derfor stadig paa Dagsordenen.

Impulsen til Undersøgelserne over Kvælstofkilderne gav Boussingaults bekjendte Dyrkningsforsøg, der her, som Indledning til det Efterfølgende, skulle bringes i Erindring.

I Begyndelsen af Halvtredserne optog Boussingault paany nogle Forsøg over Kulturplanternes Kvælstofoptagelse og kom ved disse til det Resultat, at Kornsorter og Bælgplanter, der dyrkes i en kvælstoffri, glødet Jordbund og i en Atmosfære, der er befriet for Kvælstofforbindelser, ikke

ere i Stand til at forøge deres Kvælstofindhold ud over den Mængde, der findes i de Frø, hvoraf de ere udviklede. Det syntes utvivlsomt at fremgaa heraf, at Planterne ikke kunne udnytte Luftens frie Kvælstof, og at Ammoniak og Salpetersyre vare de eneste Forbindelser, under hvilke Planterne optog Kvælstof.

Det laa derfor nær at udforske, igjennem hvilke Kilder Naturen lod Planterne tilflyde disse Kvælstofforbindelser, og om disse bleve ydede i saa rigelig Mængde, at de helt eller kun delvis kunne dække Kulturplanternes Behov og Jordbundens øvrige Tab. Det blev tillige Agrikulturkemiens Opgave at vejlede Landmanden i at drive Økonomi med Jordbundens Kvælstofmængde og berige denne af de Kilder, Naturen tilbyder.

Om de Resultater, der ad Videnskabens Vej ere indvundne paa Kvælstofspørgsmaalets Omraade, skal der her gives nogle orienterende Oplysninger. Først skal Kvælstof-tabet belyses.

Foruden ved Afgrøderne lider et Jordbrug tillige Kvælstoftab ved Gjødningsstoffernes Opbevaring, de kvælstofholdige organiske Stoffers Forraadnelse i Jordbunden samt ved dennes Udvaskning.

Med Hensyn til Afgrøderne, da kunne disse sondres i de kvælstofberøvende og de kvælstofberigende; til de sidste høre Bælgplanter og Kløver. Disse sidste kunne altsaa paa Grund af denne Egenskab, der senere skal belyses, ikke opføres blandt de Afgrøder, der udtømme Jordbundens Kvælstofforraad. En Middelhøst af de kvælstofberøvende Afgrøder vil derimod bortføre følgende Mængder Kvælstof pr. Td. Land.

Hvede (Halm og Korn)	80	⌘.	Kartofler med Top	95	⌘.
Rug	—	-	—	60	⌘.
Byg	—	-	—	60	⌘.
Havre	—	-	—	65	⌘.
			Foderroer	—	— 130
			Sukkerroer	—	— 80
			Enghø		85

Vel opfodres en betydelig Del af Afgrøden, hvorved en Del af Kvælstoffet føres tilbage til Jordbunden, men ad

denne Omvej gaar der, foruden ved Husdyrenes Ernæring, tillige ved Gjødningens Opbevaring og Gjæring en betydelig Mængde Kvælstof tabt for Jordbunden. Der foreligger en stor Mængde Undersøgelser over Staldgjødningens Kvælstoftab ved Opbevaringen; blandt disse indtager Professor Holdefleisz, i Breslau en fremtrædende Plads, dels paa Grund af, at Forsøgene ere udførte med stor Grundighed, dels fordi de komme de naturlige Forhold nærmest.

Holdefleisz har til hvert Forsøg anvendt 12000 \mathring{w} frisk Kvæggjødning. Som Resultat af Analyser og Vejninger fremgaar det, at Kvælstoftabet udgjør under den almindelig anvendte Opbevaringsmaade — uden Tilsætning af konserverende Stoffer og bortset fra Kvælstoftabet ved Afløb fra Møddingen og Nedsivning i Møddingstedets Bund — 23% af Gjødningens Kvælstof i Løbet af et halvt Aar. Dette Tal udgjør fra 30—32 \mathring{w} aarlig pr. Stk. Hornkvæg og vil repræsentere en Værdi af circa 18 Kroner. Hvis man vil beregne dette Tab for danske Forhold, i Lighed med hvad Prof. Holdefleisz gjør for de preussiske, saa vil Kvælstoftabet for Danmarks 1,400,000 Stk. Hornkvæg udgjøre over 26 Millioner Kroner aarlig. Lad dette Tal i sig selv være noget for højt, i Betragtning af at Gjødningen vel ikke opbevares saa længe, saa maa man dog paa den anden Side erindre, at det Kvælstoftab, der finder Sted ved Afløb fra Møddingen, og som almindelig sættes saa højt, ikke her er taget med i Beregningen. Tales der om Landets Kvælstoftab i sin Helhed ved Gjødningens Opbevaring, da maa dette være langt større end den angivne Værdi, naar man hertil føjer Opbevaringen af Gjødningen fra Landets 375,000 Heste, 771,000 Svin og 1,225,000 Faar, hvoraf Heste- og Faaregjødningen paa Grund af deres ringe Vandmængde og større Kvælstofindhold langt lettere gaar i Gjæring og lider Kvælstoftab end den vandholdige og mindre kvælstofholdige Kvæggjødning.

Men selv efter at Gjødningsstofferne ere bragte i Jorden, er deres Kvælstof dog ikke sikret Planterne. I Jordbunden omdannes nemlig ikke alt Kvælstoffet til Sal-

petersyre eller Ammoniak. En Del undviger ved Forraadnelsen i Form af frit Kvælstof og gaar herved tabt for Vegetationen. Ligeledes undviger en mindre Del af den ved Forraadnelsen dannede kulsure Ammoniak til Luften, hvorfra dog noget atter føres tilbage til Jordbunden ved Regnen. Størstedelen af den kulsure Ammoniak omdannes derimod til Salpetersyre, men denne vil i Modsætning til Ammoniakken let udvaskes, da den ikke som hin bindes af Jordbunden. Saafremt den dannede Salpetersyre ikke strax kan optages af Planterne, vil Jordbunden lide et betydeligt Kvælstoftab.

Man har søgt at bestemme dette Salpetersyretab ved under forskellige Forhold at undersøge Drainvandet. Paa Forsøgsstationen Rothamsted nær London er der i en Aarrække anstillet omhyggelige Forsøg med dette Formaal. Resultaterne af 3 Aars Forsøg viste saaledes, at Drainvandet fra en Brakmark, der ikke i 10 Aar havde faaet Kvælstofgødning eller baaren Afgrøder, var 53 % Kvælstof pr. Td. Land, altsaa en Mængde, der svarede til en Kornafgrødes Kvælstofindhold. Fra Brakjorden er Tabet forholdsvis størst, da denne er varmere og fugtigere end den bevoxede Jord, Forhold, der særlig begunstige Salpeterdannelsen. Undersøgelserne fra Rothamsted have tillige vist, at Tabet fra en Mark, der bar Hvede, kun var 16 % Kvælstof aarlig pr. Td. Land; dette gunstigere Forhold maa særlig søges i, at Vegetationen har optaget Salpetersyren efterhaanden, som den er dannet. Det maa imidlertid antages, at Jordbundens Kvælstoftab ved Udvaskning er større end det, der er fundet ved Drainvandsundersøgelserne, thi ikke alt det Vand, der siver igjennem Jordbunden, passerer Drainrørerne, betydelige Mængder trænge ned i Undergrunden og unddrage sig herved Undersøgelsen.

Hermed er i store Træk angivet de Tab, som Jordbundens Kvælstofforraad kunde lide; der skal nu paapeges de Kilder, ved hvike dette Forraad kan beriges.

Jordbundens betydningsfuldste Kilde til Dannelsen af bunden Kvælstof af Luftens frie Kvælstof er Bælgplan-

ternes Ernæring. Allerede Plinius omtaler, at Lupiner, Vikker og Bønner gjøre Jorbunden frugtbar. I den nyeste Tid er man ved videnskabelig anstillede Forsøg kommet til samme Resultat, idet man ved Hjælp af Sand- og Vandkulturforsøg har vist, at Bælgplanterne uden Tilskud af Kvælstofforbindelser, saavel i Luften som i Næringsvædsken, ikke alene kunne udvikle sig normalt, men tillige kunne forøge Saafrøets Kvælstofmængde mange Gange.

Maaden, hvorpaa denne Ernæring med Luftens Kvælstof finder Sted, er endnu ikke fuldt opklaret, men det maa antages, at den sker ved en Symbiose imellem Mikroorganismer i Jorbunden og Bælgplanternes Rødder; thi i en steriliseret eller glødet Jordbund, saaledes som i Bousingaults Forsøg, finder denne Ernæring med Luftens Kvælstof ikke Sted. Sætter man derimod til en slig Jordbund faa Kubikcentimeter af et vandigt Udtræk fra en frugtbar Jord, særlig fra en saadan, hvor Bælgplanter trives, da kunne Bælgplanterne udvikle sig uden Tilskud af Kvælstofforbindelser. Det vandige Jordudtræk har altsaa tilført Jorbunden de nødvendige Organismer, thi at det ere saadanne, der spille en Rolle, kan bevises ved, at Jordudtrækket bliver uden Virkning, naar det iforvejen er steriliseret. Denne vigtige Opdagelse, at Bælgplanterne kunne leve af Luftens frie Kvælstof, og ved deres Bladaffald og Rodnæt kunne berige Jorbunden med Kvælstof, er af den største Betydning for Landbruget, idet Landmanden ved hyppig at indskyde Bælgplanter i Sædskiftet vil være i Stand til at berige sin Jord med Luftens Kvælstof, i Stedet for at købe dette i dyre Domme. Schultz-Lupitzs System for Dyrkning af Sandjorder beror netop herpaa. Ved Mærgling, Thomasslagge og Kainit og kun en ringe Mængde Staldgødning opnaar han, ved hyppig at indskyde Bælgplanter, et lønnende Sædskifte uden Kvælstoftilskud ved Handelsingødninger.

Som Exempel paa, hvormeget en nedpløjet Lupinafgrøde kan yde Jorden af Kvælstof, anfører Wolff, at Lupiner, udsaaede om Foraaret i Vintersæden, under gunstige Forhold kunne udvikle sig saa kraftig om Efteraaret, at de

som Grøngjødning kunne berige Jorden med circa 140 \mathcal{R} Kvælstof pr. Td. Land, hvilket vil svare til 28000 \mathcal{R} Staldgødning (= 14 Læs). Kvælstoffet i Plantemassen vil tilmed virke hurtigere end Staldgødningens, da det hurtigere omdannes til Salpetersyre og Ammoniak.

Da Bælgplanterne ifølge de ovennævnte Forhold maa betragtes som kvælstofberigende Planter, saa vil de naturlige Kilder, der yde Salpetersyre og Ammoniak, være uden Betydning for dem. Anderledes stiller det sig med vore øvrige Kulturplanter, de kvælstofberøende Planter, der leve af de ovennævnte Kvælstofforbindelser; for dem vil ethvert Tilskud af Salpetersyre og Ammoniak være af Betydning, og for dem vil altsaa Luftens Kvælstofforbindelser, saafremt de udgjøre en betydelig Mængde, være af Vigtighed.

Det staar derfor tilbage at give Oplysning om det Tilskud af Kvælstof, som Luften kan yde Jordbunden særlig gennem Regnvandet, og da Formaalet med dette Foredrag særlig har været at meddele, hvorledes Forholdene stille sig her i Landet, saa skal her nøjere behandles Spørgsmaalet om: »Luften som Kvælstofkilde for Kulturplanterne«.

Da Liebig 1840 fremkom med sit berømte Værk: »Die organische Chemie und ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie«, udtalte han heri, at Planterne alene fik deres Kvælstof fra den Ammoniak, der med Regnen førtes til Jorden. Liebig var ledet til denne Anskuelse ikke igennem Forsøgets Vej, men ved, at Plantesaften indeholdt Ammoniak, og ved at de organiske, kvælstofholdige Plantestoffers sidste Opløsningsprodukter vare Kulsyre, Vand og Ammoniak.

I Betragtning af Stoffernes Kredsløb i Naturen angav Liebig, at disse Stoffer, der vare Planternes Opløsningsprodukter, tillige ogsaa maatte være deres Næringsstoffer. At der fandtes Ammoniak i Regnvandet havde Liebig bevist, men han havde ikke bestemt, hvor meget der var; han sluttede kun, at Ammoniaken ved Plantestoffernes Forraadelse undviger til Luften, hvorfra den atter fuldstændig

udvaskes af Regnen og føres til Jorden; — dog bemærkede Liebig, at denne Ammoniækmængde ikke var tilstrækkelig for Agerdyrkningens Øjemed.

I en senere Udgave af sin Bog, 1843, udtaler Liebig, at Ammoniækmængden i Luften fuldstændig er tilstrækkelig til at dække Planternes Kvælstofbehov, og at man kun skal tilføre Planterne de nødvendige Askebestanddele; thi ligesom Luften yder Planterne Kulsyren til deres Kulstof, saaledes yder den ogsaa Ammoniæk til deres Kvælstof.

Hermed var Liebigs Mineraltheori fuldfærdig, og uden at Liebig endnu kjendte noget til Regnvandets Mængde af Ammoniæk; han hævdede fremdeles, at Gjødningens Værdi aldeles ikke bør bestemmes efter dens Indhold af Kvælstof, og at ethvert Tilskud heraf er unødvendigt til Planterne.

I Anledning af disse Udtalelser og af Hensyn til Spørgsmaalets praktiske Betydning anstillede flere bekjendte Forskere Forsøg herover, saaledes Bousingault i Frankrig, Lawes og Gilbert i England, Stœckhardt og Wolff i Tyskland. Disse Mænd kom til det modsatte Resultat, nemlig til, at Kvælstoffet i Gjødningen havde en afgjørende Betydning for Kulturplanternes Væxt, og de nævnte Forskere beviste i det hele Uholdbarheden af Liebig's Theori. Først 1855 rettede Liebig et stærkt Angreb paa disse Mænd og indledede hermed en Polemik, som har faaet Navnet »Kvælstofstriden«. I denne lykkedes det Liebig, skjøndt han havde Uret, dog ved sine store, polemiske Evner i Stridens Hede at faa Spørgsmaalet, der fra først af drejede sig: »om Luftens Ammoniæk var tilstrækkelig til at dække Planternes Kvælstofbehov«, vendt om til: »hvorledes Kvælstoffet burde anvendes til Kulturplanterne«. Striden blev herved ledet over paa andre nærstaaende Omraader og endte dør efter flere Aars Forløb. Men ligesom Liebig's Theori om Planternes Kulstofforsyning gav Stødet til, at en Mængde Forskere søgte at prøve denne ad Forsøgets Vej, ligesaa var hans Paastand om, at Regnen ydede Planterne den nødvendige Ammoniæk Aarsag til, at man begyndte at bestemme denne Næringsstoffkildes Værdi.

Det laa nær først at have Opmærksomheden henvendt paa de Processer i Naturen, ved hvilke Luftens frie Kvælstof blev omdannet til Salpetersyre og Ammoniak, og ved hvilke altsaa Luften kunde beriges hermed.

De første Iagttagelser over Dannelsen af Salpetersyre af Luftens Kvælstof stamme fra Cavendish, der i forrige Aarhundrede paaviste, at naar elektriske Gnister slog igjennem Kvælstof, Ilt og Vanddampe, saa dannedes Salpetersyre. Man antog først, at det var den ved Elektriciteten (Lynet) dannede Ozon, der iltede Kvælstoffet, men nyere Undersøgelser af Carius have dog vist, at Ozon ingen Virkning havde paa Kvælstof. Det maa derfor antages, at Kvælstof og Ilt ligefrem forene sig til Salpeterundersyre, der med Vand danner Salpetersyre.

Lavoisier, Berzelius, Bunsen, Kolbe o. fl. have paavist, at der ved Forbrændingen af Brint, Vinaand, Kul, Vox eller Gas dannes Kvælstofilter, der med Vand danne Salpetersyre og Salpetersyring. Da Forbrændingerne ere foretagne i ren Luft, saa maa her have fundet en Nydannelse Sted af Kvælstofforbindelser paa Bekostning af Luftens frie Kvælstof; dog maa det antages, at dette Tilskud, som Luften faar ad denne Vej, maa være meget ringe.

En Iagttagelse, der skyldes Kemikeren Schönbein, at Luftens Kvælstof ved Vandets Fordampning skulde omdannes til salpetersyrligt Ammoniak ved direkte at forene sig med Vandet, har i en senere Tid vist sig at være en Fejltagelse. Carius har ved senere Forsøg modbevist Rigtigheden af Schönbeins Forklaring og vist, at Ozon kan ilte Ammoniak til salpetersyrligt og salpetersurt Ammoniak. Da nu Ozon ogsaa kan dannes ved Vandets Fordampning, saa laa den Forklaring nær, at det var den ved Vandfordampningen dannede Ozon, der iltede Luftens Ammoniak, tilmed da man ikke kunde paavise salpetersurt Ammoniak, naar Vandfordampningen foregik i en Retort, hvor altsaa Ammoniaken var udelukket. Senest har dog Baumann vist, at de ved Schönbeins Forsøg dannede Kvælstofsyrer stamme fra Forbrændingsprodukterne fra den Lampe, der

var benyttet til Vandfordampningen, hvoraf følger, at det er de ved Forbrændingen dannede Kvælstofsyrer, der have forenet sig med Luftens Ammoniak, som Schönbein har paavist i det fortættede Vand. Iøvrigt udelukker disse Forsøg ikke, at Luftens Ammoniak skulde kunne omdannes ved Ozon til salpetersurt og salpetersyrligt Ammoniak, en Antagelse, der er meget almindelig til Forklaring af disse Forbindelsers Forekomst i Luften. En virkelig Forøgelse af Luftens Kvælstofforbindelser paa Bekostning af Luftens frie Kvælstof, synes kun at være mulig ved Elektricitet og Forbrænding.

Størsteparten af de Kvælstofforbindelser, der findes i Luften, stammer fra den kulsure Ammoniak, der udvikles ved de organiske Stoffers Gjæring eller Forraadnelse i Jordbunden. Tabet af kulsur Ammoniak er dog stærkt begrænset, dels ved at denne til en vis Grad bindes, absorberes, af Jordbunden og dels ved, at den kulsure Ammoniak let omdannes i Jordbunden til Salpetersyre. Mængden af kulsur Ammoniak, der afgives til Luften, maa derfor være meget ringe i Forhold til den, der dannes i Jordbunden.

Det maa nu antages, at den ved Vandfordampningen eller paa anden Maade dannede Ozon ilter en Del af Luftens Ammoniak til salpetersurt og salpetersyrligt Ammoniak, medens den ved Elektriciteten dannede Salpetersyre forener sig med en anden Del af Ammoniakken. Luften kan saaledes under forskellige Forhold indeholde: kulsur, salpetersur eller salpetersyrligt Ammoniak og undertiden fri Salpetersyre.

Disse Luftens Kvælstofforbindelser kunne nu paa tvende Maader komme Planterne tilgode. Den luftformige, kulsure Ammoniak ville Planterne kunne optage gennem deres Blade; dog anses denne Ernæring for at være uden praktisk Betydning. En anden Del af den kulsure Ammoniak i Forbindelse med de andre Ammoniaksalte ville med Regnen føres til Jorden, og dær kunne optages af Planternes Rødder. I Jordbunden vil tillige den salpetersyrlige Ammoniak let iltes og saaledes omdannes til Plantenæring.

Under visse Jordbundsforhold, særlig ved de sure humusrige Jorder, vil en Del af Luftens Ammoniak ligefrem kunne absorberes af Jorden.

Den Tilstandsform, hvori de nævnte Kvælstofforbindelser findes i Luften, medfører, at de ikke i lige høj Grad opløses af Regnen og bortføres fra Luften. Den salpetersure og salpetersyrlige Ammoniak, der findes i Luften som støvformige Saltpartikler, opløses let af Regnen og bortføres fuldstændig af Luften; anderledes stiller det sig med den ringe Mængde kulsure Ammoniak, der er tilstede i luftformig Tilstand; denne vil med Hensyn til sin Opløselighed i Vand følge Lovene for Luftarterne. Bortset fra Luftens Tryk og det Tryk, som den kulsure Ammoniak selv udøver, vil Temperaturen have en væsentlig Indflydelse paa, hvor meget Regnen kan opløse og bortføre; jo lavere Temperatur — indtil 0° — desto mere kan Regnen bortføre fra Luften. Regnen vil aldrig være i Stand til fuldstændig at udvaske Luften for kulsur Ammoniak, af hvilken Aarsag Regnvandets Indhold af Kvælstofforbindelser aldrig bliver Maalet for, hvor meget Luften indeholder heraf.

I Overensstemmelse hermed er den førstfaldende Regn i en Byge rigest paa Kvælstofforbindelser i Forhold til den, der falder senere; dels fordi Luften da indeholdt sin største Mængde kulsure Ammoniak (der udøvede et større Tryk), dels fordi den førstfaldende Regn strax opløser og bortfører al den i Luften svævende, støvformige, salpetersure og salpetersyrlige Ammoniak.

For, som nævnt, at bringe Klarhed i Spørgsmaalet om, hvor meget Kvælstof i Form af Salpetersyre og Ammoniak Regnvandet aarlig fører til Jordbunden, er der anstillet Undersøgelser i England, Frankrig, Tyskland og Italien; særlig paa Rothamsted nær London har man fra 1855 til Dato beskæftiget sig hermed. Her for Norden manglede der Undersøgelser over dette Spørgsmaal, og for at slige Undersøgelser ikke skulle mangle, har jeg fra 1880—1885 hver Maaned bestemt Mængden af Salpetersyre og Ammoniak i det Regnvand, der i den Anledning

I. 1 Liter Regnvand indeholdt Milligram Kvalstof i Form af Ammoniak og Salpetersyre.

	1880—81			1881—82			1882—83			1883—84			1884—85		
	Regnhøjde i m. m.	Ammoniak	Salpetersyre	Regnhøjde i m. m.	Ammoniak	Salpetersyre	Regnhøjde i m. m.	Ammoniak	Salpetersyre	Regnhøjde i m. m.	Ammoniak	Salpetersyre	Regnhøjde i m. m.	Ammoniak	Salpetersyre
Sommer	141	0.75	0.40	178	0.70	0.45	215	0.81	0.31	179	1.50	0.44	146	0.92	0.85
Efteraar	287	0.85	0.46	184	2.53	0.15	165	1.71	0.13	205	1.05	0.04	173	0.58	1.26
Vinter.....	78	3.39	0.80	74	4.36	0.03	61	7.98	0.04	173	1.05	0.31	114	5.10	1.09
Foraar.....	76	1.80	0.50	103	3.07	0.16	47	9.90	0.12	98	3.63	0.56	88	4.35	2.01
Gjennemsnit	»	1.69	0.54	»	2.66	0.20	»	5.10	0.15	»	1.81	0.34	»	2.74	1.30

blev opsamlet paa Landbohøjskolens Forsøgsmark. I det Efterfølgende skal der meddeles Resultaterne af disse Undersøgelser.

Mængden af Salpetersyre og Ammoniak er i Tabellerne angivet som Kvælstof, altsaa som Salpetersyre og Ammoniakkvælstof. De absolute Mængder ere angivne i Kilogram pr. Hectare (1 Kilogram = 2 danske \mathcal{E} , 1 Hectare = 1.8 Td. Land). Ved Resultaternes Sammenstilling er først udarbejdet en Tabel, der viser Mængdeforholdet imellem Salpetersyre og Ammoniak i en Liter (1 Pot) Regnvand, beregnet som Gjennemsnit for Aarstiderne.

Det fremgaar af Tabellen, at Mængden af Ammoniak for de forskjellige Aarstider kan variere fra 0.58—9.9 Milligram pr. Liter, og at Regnvandet er relativt rigere paa Ammoniak om Vinteren og i den kolde Tid af Foraaet. Som Gjennemsnit for Vinteren vexler Ammoniakmængden saaledes fra 1.05—7.98 Milligr., for Sommerregnen fra 0.70—1.5 Milligr. pr. Liter. Aarsagen til, at Vinterregnen er rigere paa Ammoniak, maa søges i, at Luften hovedsagentlig indeholder kulsur Ammoniak, og at denne desto lettere opløses af Regnvandet, jo koldere det er. Sommerregnen indeholder mindre Ammoniak trods det, at Luften om Sommeren er rigest herpaa, som Følge af de organiske, kvælstofholdige Stoffers livlige Forraadnelse i Jordbunden paa den Tid. Som Gjennemsnitsresultat for de 5 Aar viser Sommerregnen 0.93 Milligr., Vinterregnen 4.17 Milligr. pr. Liter.

I Sammenligning med Resultaterne fra de udenlandske Stationer viser Mængden af Ammoniak sig i Gjennemsnit at være 1—2 Milligr., men 5—8 er ikke sjælden, undtagelsesvis kan Mængden naa 14 Milligr. pr. Liter. Iøvrigt afvige Gjennemsnitstallene for Undersøgelserne fra Landbohøjskolen ikke synderlig fra dem fra de udenlandske Stationer.

Med Hensyn til Mængden af Salpetersyre pr. Liter Regnvand, da viser Undersøgelserne fra Landbohøjskolen, at det ikke altid er Sommerregnen, der er rigest herpaa i

Forhold til de andre Aarstider; kun Sommerregnen fra 1881—82 og 1882—83 gav saaledes mere Salpetersyre end de andre Aarstider, medens i de tre andre Undersøgelseraar særlig Foraars- eller Vinterregnen vare rigest herpaa. Dette Forhold bekræfter ogsaa Undersøgelserne fra de udenlandske Forsøgsstationer, og det fører derfor Tanken hen paa, at den i Luften dannede Salpetersyre i Almindelighed ikke saa meget skyldes Elektriciteten som en Iltning af Luftens Ammoniak mulig ved Hjælp af Ozon. Man har saaledes paavist større Mængder Salpetersyre i Regn, der ikke har været Tordenregn; dog gjælder dette kun de nordlige europæiske Lande og udelukker ikke, at Sommerregnen kan indeholde større Mængder af Salpetersyre, dannet ved Elektricitet. En fransk Kemiker Chuard undersøgte f. Ex. en Tordenregn, der faldt i Frankrig den 2. Juni 1889 Kl. 6—7 om Eftermiddagen og fandt 10 Milligr. Salpetersyre pr. Liter. Tordenbygen gav ialt 1.52 Kilogram Kvælstof pr. Hectare i Løbet af en Time; efter Kl. 7, da Tordenen var trukket over, kunde der ikke paavises Spor af Salpetersyre i den vedvarende Regn. I Troperne, hvor de elektriske Udladninger ere hyppige, har man f. Ex. i Caracas ofte paavist indtil 16 Milligr. Salpetersyre pr. Liter.

Mængden af Salpetersyre i Regnvandet opsamlet paa Landbohøjskolen overstiger sjælden 0.5 Milligr.; 2 Milligr. er den største Mængde, der er paavist. I 1884—85 gav Regnen mest Salpetersyre, men Sommerregnen indeholdt den mindste Mængde i Forhold til de andre Aarstider.

Fra de udenlandske Stationer angives den normale Mængde at være fra 0.5—2 Milligr., men 5 er ikke sjælden, og i enkelte Tilfælde kan Mængden naa 10 Milligr. pr. Liter.

Mængden af Ammoniak overstiger langt Mængden af Salpetersyre i Regnvandet, hvilket viser, at den største Del af Ammoniakken maa være bunden til Kulsyre, hvilket ogsaa bekræftes ved Sommerregnens ringe Indhold af Ammoniak. Kun en ringe Mængde af Ammoniakken maa derfor være bunden til Salpetersyre. Gjennemsnitsforholdet

II. Regnvandets Indhold af Ammoniak og Salpetersyre beregnet som Kilogram
Kvælstof pr. Hectare.

	1880—81			1881—82			1882—83			1883—84			1884—85		
	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare
Juni.....	0.30	0.25	0.55	0.02	0.02	0.04	0.39	0.39	0.78	1.32	0.01	1.33	0.22	0.18	0.40
Juli.....	0.70	0.27	0.97	0.89	0.75	1.64	0.56	1.19	0.86	0.62	0.62	1.48	0.91	0.14	1.05
August.....	0.06	0.04	0.10	0.33	0.05	0.38	0.84	0.05	0.89	0.53	0.17	0.70	0.25	0.88	1.13
September.....	0.81	0.03	0.84	1.40	0.13	1.53	0.95	0.05	1.00	0.42	0.05	0.47	0.12	0.81	0.98
October.....	0.95	0.95	1.92	1.68	0.11	1.79	1.12	0.14	1.26	1.40	0.03	1.43	0.65	0.55	1.20
November.....	0.62	0.29	0.91	1.74	0.04	1.78	0.84	0.03	0.87	0.39	0.39	0.39	0.21	0.79	1.00
December.....	1.23	0.50	1.73	0.84	0.01	0.85	1.87	0.03	1.87	0.50	0.03	0.53	2.52	0.67	3.19
Januar.....	0.61	0.03	0.64	0.90	0.01	0.91	1.75	0.02	1.77	0.73	0.50	1.23	1.82	0.32	2.14
Februar.....	0.87	0.09	0.96	1.40	0.01	1.40	1.19	0.01	1.20	0.55	0.55	1.23	1.26	0.12	1.38
Marts.....	0.31	0.12	0.43	1.56	0.13	1.69	1.49	0.03	1.49	1.60	0.11	1.71	1.58	0.43	2.01
April.....	1.00	0.23	1.23	0.84	0.01	0.85	1.31	0.03	1.34	1.24	0.09	1.33	1.23	0.67	1.90
Maj.....	1.00	0.23	1.23	0.73	0.02	0.75	1.16	0.02	1.18	0.79	0.36	1.15	0.65	0.51	1.16
I Alt.....	7.46	2.80	10.28	12.33	1.28	13.61	13.47	0.98	14.45	10.33	1.97	12.30	11.42	6.07	17.49

imellem Salpetersyre og Ammoniak, beregnet som Kvælstof pr. Liter, viser sig at være følgende:

1880—81	1	Del Salpetersyre :	3.1	Ammoniak.
1881—82	1	—	: 13.5	—
1882—83	1	—	: 34.0	—
1883—84	1	—	: 5.4	—
1884—85	1	—	: 1.7	—

Det skal dog bemærkes, at i Juli 1882 og i August, September og November 1884 har Regnvandet indeholdt mere Salpetersyre end Ammoniak. Regnen har i disse Maaneder været sur. Fra 6 tyske Forsøgsstationer vise Resultaterne af maanedlige Bestemmelser, at Regnvandet i Løbet af 9 Aar 8 Gange har været surt. Undersøgelserne fra disse Stationer vise tillige, at Ammoniakmængden i Regnvandet kan overstige Salpetersyremængden indtil 40 Gange.

Med Hensyn til det tidligere nævnte Forhold, at Sommerregnen indeholder forholdsvis mindst Ammoniak, saa udelukker dette dog ikke, at Sommerregne kunne føre absolut mere Kvælstof til Jorden end Vinterregnen, da den absolute Ammoniakmængde, foruden at afhænge af Luftens Indhold heraf og Temperaturen, tillige afhænger af Regnmængden.

Omstaaende Tabel giver en Oversigt over de absolute Mængder af Salpetersyre og Ammoniak, der maanedlig er tilført Jordbunden i Løbet af de 5 Aar. Da det imidlertid har Interesse at se, hvorledes denne Mængde af Kvælstof-forbindelser er fordelt paa Aarstiderne, for at faa Oplysning om disses Betydning for Vegetationen, saa er Tabel III. udarbejdet med dette Formaal.

Det fremgaar nu, at Sommerregnen (Juni, Juli, August) paa 1883—84 nær har ført mindst Kvælstof til Jordbunden i Forhold til de andre af Aarets Tider trods det, at Luften om Sommeren efter Analyserne inde-

III. Regnvandets Mængde af Ammoniak og Salpetersyre i de forskellige Aarstider,
angivet som Kilogram Kvælstof paa Hectare.

	1880-81			1881-82			1882-83			1883-84			1884-85		
	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare	Ammoniak	Salpetersyre	Ialt paa Hectare
Sommer	1.06	0.56	1.62	1.24	0.82	2.06	1.79	0.68	2.47	2.71	0.80	3.51	1.38	1.20	2.58
Efteraar	2.38	1.27	3.67	4.82	0.28	5.10	2.91	0.22	3.13	2.21	0.08	2.29	0.98	2.15	3.13
Vinter.....	2.71	0.62	3.33	3.14	0.02	3.16	4.81	0.03	4.84	1.78	0.53	2.31	5.60	1.11	6.71
Foraar.....	1.31	0.35	1.66	3.13	0.16	3.29	3.96	0.05	4.01	3.63	0.56	4.19	3.46	1.61	5.07
	7.46	2.80	10.26	12.33	1.28	13.61	13.47	0.98	14.45	10.33	1.97	12.30	11.42	6.09	17.49

holder forholdsvis mest Ammoniak. Vælger man de egentlige Vegetationsmaaneder, Maj, Juni og Juli, og beregner Kvælstofmængden i disse Maaneders Regnmængde som Procent af hele Aarets, da viser det sig, at det Kvælstof, som da mulig vilde komme Vegetationen tilgode, beløb sig til fra 14—32 % af Aarets hele Kvælstofmængde, eller en Kvælstofmængde, der varierede fra 2.43—3.95 Kilogram pr. Hectare. Da det her er Vaarsæden, der er taget i Betragtning, saa vil Regnens Kvælstofmængde blive gunstigere benyttet ligeoverfor Kulturplanter med længere Væxtperiode, saaledes Græs og Rodfrugter. Den Kvælstofmængde, som Regnen fører til Jorden uden for Vegetationstiden, maa antages at blive uden Betydning for den kommende Vegetation, da Jordbunden ikke besidder Evne til at tilbageholde Salpetersyren eller de smaa Mængder af Ammoniak. Kun naar Jorden bærer Planter, der kunne optage de smaa Mængder af Kvælstofforbindelser igjennem deres Rodfild, kan Regnen mulig komme til Nytte som Kvælstofkilde. For at give en Oversigt over hele den Kvælstofmængde, der i Form af Salpetersyre og Ammoniak aarlig kan føres til Jordbunden, er her angivet Forholdene for de 5 Aar, i Kilogram pr. Hectare:

	Kvælstof som		Ialt Kvælstof
	Ammoniak	Salpetersyre	
1880—81....	7.46	2.80	10.26
1881—82....	12.33	1.28	13.61
1882—83....	13.47	0.98	14.45
1883—84....	10.33	1.97	12.30
1884—85....	11.42	6.07	17.49

I Gjennemsnit af 5 Aar er den Kvælstofmængde, der falder pr. Hectare = 13.62 Kilogr. eller 15 ø pr. Td.

Land, hvilket omtrent vil svare til Kvælstofmængden i 100 g Chilisalpeter, uden dog i ringeste Maade at kunne yde samme Virkning som dette, anvendt til Vegetationen paa et passende Tidspunkt.

Tabel IV.

	Kilogram Kvælstof pr. Hectare	Regnhøjden i Millimeter
Kurschen 1864—65 (Tyskland)	2.083	308
1865—66	2.795	460
Insterburg 1864—65	6.123	716
1865—66	7.940	618
Dahme 1865	7.347	444
Regenwalde 1864—65	16.876	610
1865—66	11.571	502
1866—67	18.330	659
Ida-Marienhülle 1865—70	11.198	588
Proskau 1864—65	23.298	463
Florenz 1870 (Italien)	14.790	950
1871	10.948	1104
1872	13.848	1321
Vallombrosa 1872	11.489	2075
Montsouris 1877--78 (Paris)	12.901	614
1878—79	12.476	670
1879—80	11.761	408
fra 1874—79	10.072	"
Rothamsted 1880—86 (London)	3.590	754
Landbohøjskolen 1880—81 (Kjøbenhavn) ..	10.28	582
1881—82	13.61	540
1882—83	14.45	485
1883—84	12.30	654
1884—85	17.49	521
Rothamsted 1888—89 (London)	4.19	754

Med Hensyn til Betydningen af Regnens Kvælstof-forbindelser for Kulturplanterne, saa maa disse efter de meddelte Undersøgelser dog lades udenfor Beregning ved Kvælstoftilførselen i det rationelle Agerbrug, hvor uhyre

Værdier de end repræsentere. Da der tidligere er nævnt nogle Talstørrelser for Kvælstoftabet igjennem Afgrøden og Gjødningens Forraadnelse, saa skal her med et Tal oplyses om Værdien af de Kvælstofforbindelser, som Regnen aarlig fører ned over Landet.

Undersøgelserne have vist, at Regnen i Gjennemsnit yder 15 \mathcal{R} Kvælstof pr. Td. Land. 1 Kvadratmil er 10,287 Td. Land, Danmark er omtrent 700 \square Mil, hvilket giver henved 7,200,000 Td. Land. Sættes Værdien af de 15 \mathcal{R} Kvælstof til 10 Kroner, vil den Kapital, som Regnen i Form af Kvælstof aarlig fører ned over Landet, være 72 Millioner Kroner.

Med Hensyn til Undersøgelserne selv, da maa det antages, at de fundne Tal repræsentere Maximumsmængder, da nemlig Undersøgelserne ere anstillede i Nærheden af en stor By, hvor Ammoniak- og Salpetersyreproduktionen vil være større end ude i Landet. Som Slutning til Undersøgelserne over Regnvandet som Kvælstofkilde er paa forrige Side vedføjet de Resultater, som foreligge fra de udenlandske Stationer, hvor lignende Undersøgelser have været anstillede.

Da det har vist sig ved Undersøgelserne, at Regnen er af saare ringe Betydning for Landbruget som Kvælstofkilde, saa staar det kun tilbage for Landmanden at søge at drage Nytte af Luftens frie Kvælstof ved Dyrkning af Bælgplanter samtidig med, at han ved alle Midler søger at bevare sit Jordbrugs Kvæstofforraad for unødvendige Tab. Til dette Formaal skulle her føjes et Par nyttige Vink.

Naar der tidligere er nævnt, at Bælgplanter og Kløver kunne ernære sig af Luftens frie Kvælstof og herved blive i Stand til at berige Jordbunden med dette vigtige Plante-næringsstof, saa vil dog en saadan Berigelse kun kunne

finde Sted, naar Bælgplanterne i en slig Jord finde alle de andre for dem nødvendige Næringsstoffer. En Anvendelse af Fosforsyre, Kali og Kalk er derfor ofte nødvendig, og det er kun, hvis disse ere tilstede i rigelig Mængde, at man kan opnaa en stor Afgrøde af Bælgfrugter og hermed en stor Gevinst af Kvælstof. Tilstedeværelsen af Fosforsyre, Kali og Kalk er en ligesaa nødvendig Betingelse for at binde Luftens frie Kvælstof som Bælgplanterne selv. Der gives imidlertid Jordbundsforhold, hvor Bælgplanterne, selv efter rigelig Tilførsel af de ovennævnte Gjødningsstoffer, ikke ville lykkes. De seneste Undersøgelser have nu vist, at disse Jorder mulig mangle de Mikroorganismer, der ere nødvendige for, at Bælgplanternes Rødder skulle kunne optage Jordluftens Kvælstof. Ved nemlig at paaføre 1 à 2 Læs Jord fra Lokalteter, hvor Bælgplanterne trives særlig godt, er det lykkedes at faa slige Jorder til at yde gode Afgrøder af Bælgplanter. Den paaførte Jord maa altsaa have indeholdt de for Kvælstofoptagelsen nødvendige Mikroorganismer. Slige Jordindpodningsforsøg ere udførte med Held paa Mosejorder, paa Foranledning af Forsøgsstationen for Mosekultur i Bremen.

Med Hensyn til at bevare Jordbundens Kvælstofforraad give Undersøgelserne over Drainvandet fra Rothamsted nyttige Vink. Da Tabet af Salpetersyre har vist sig at være mindst, naar Jordbunden bærer Planter, saa er det at anbefale, hvor det lader sig gjøre, enten helt at afskaffe Brakmarken eller mulig rensen den tidlig, og da tage Grøn-afgrøder, der nedpløjes. Overhovedet ville de Kulturplanter, der have en lang Vegetationstid — saaledes Græs og Rodfrugter — bedst begrænse Kvælstoftabet; men her gjælder ogsaa det samme som ved Dyrkingen af Bælgplanter, at kun naar Jorden indeholder rigeligt af Fosforsyre, Kali og Kalk kunne Planterne fuldt udnytte Jordens Salpetersyre. Jo kraftigere Vegetation og jo længere Vegetationstid, desto mindre Kvælstoftab. Under Hvedens kraftigste Væxtperiode indeholdt Drainvandet saaledes ikke Spor af Salpetersyre.