
**De binding van de ammoniakstikstof door permutiet
en door kleigrond en de opneembaarheid van de
permutietstikstof voor de plant.**

DOOR

Dr. D. J. HISSINK.

INLEIDING.

Als zetel van het absorptievermogen ¹⁾ van den bodem wordt thans algemeen beschouwd het humuscomplex en eene reeks van meer of minder gemakkelijk te ontleden waterhoudende verbindingen van kiezelzuur, aluinaarde en ijzeroxyde. GANS ²⁾ constateerde eene zoo groote overeenkomst in samenstelling en eigenschappen tusschen de kiezelzuur-aluminiumhydroxyde-verbindingen van den bouwgrond en de gekristalliseerde zeolieten, dat hij aanneemt, dat de absorbeerende verbindingen van den bodem inderdaad zeolieten zijn. Deze onderstelling is in strijd met de opvattingen van VAN BEMMELEN over de samenstelling van het verweeringscomplex der bouwaarde. Dit verweeringscomplex beschouwt VAN BEMMELEN als een samenstel van gemakkelijk ontleedbare absorptieverbindingen, zoowel minerale als organische en van minder gemakkelijk ontleedbare complexen, waarvan nog niet is uitgemaakt, of ze als absorptieverbindingen of als echte chemische verbindingen moeten worden opgevat.

Wat men onder absorptieverbindingen verstaat, neem ik als bekend aan ³⁾. VAN BEMMELEN heeft de absorptiewetten nagegaan bij verschillende gels als kiezelzuurgel, ijzerhydroxydegel, enz. Het absorptievermogen van den bodem zetelt echter, zooals reeds gezegd, in hoofd-

¹⁾ Zie over absorptie van den bodem mijn opstel, voorkomende in Dr. K. W. VAN GORKOM's Oost-Indische Cultures, opnieuw uitgegeven onder redactie van H. C. PRINSEN GEERLIGS. Deel I, blz 72—77.

²⁾ Zeolithe und ähnliche Verbindungen, ihre Konstitution und Bedeutung für Technik und Landwirtschaft von Herrn R. GANS in Berlin; Jahrbuch der Königl. Preuss. Geol. Landesanstalt und Bergakademie, für 1905, Band XXVI, Heft 2, 179.

³⁾ Zie bijv. Verhandlungen der zweiten internationalen Agrogeologen Konferenz, Stockholm, 1911, blz 34.

zaak in het door sterk zoutzuur ontleedbare verweeringskomplex, dat is in de humuslichamen en in de waterhoudende kiezelzuur-aluinaarde ijzeroxyde-verbindingen. Het kwam mij daarom gewenscht voor de absorptiewetten te bestudeeren bij mengsels van gels en wel in de eerste plaats bij gels van kiezelzuur en aluinaarde.

Deze gelmengsels worden in het algemeen bereid door twee of meer kolloïden te doen gelatineeren uit verschillend samengestelde kolloïdale oplossingen of sols; de componenten SiO_2 — Al_2O_3 — H_2O komen in het ontstane gel in wisselende hoeveelheden voor. GANS ¹⁾ ging als volgt te werk:

Kiezelzuur werd in natronloog opgelost, daarna eene oplossing van aluinaarde toegevoegd, waarna het mengsel op het waterbad tot droog toe werd ingedampt. Verkregen werd eene vaste taaie massa, door GANS aluinaardedubbelsilikaat (I) genoemd. Werd echter eerst de aluinaarde in de natronloog opgelost en daarna de kolloïdale kiezelzuuroplossing toegevoegd, dan ontstond na indamping op het waterbad een zeer korrelig product, dat den naam kreeg van aluminaatsilikaat (II).

GANS neemt aan, dat in I het natron voor het grootste gedeelte aan het kiezelzuur gebonden is, in II daarentegen voor het grootste gedeelte aan de aluinaarde. Hij geeft verschillende structuurformules voor beide lichamen op en meent derhalve, dat SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O in bepaalde stöchiometrische verhoudingen voorkomen. Ik beschouw deze lichamen echter als mengsels van kiezelzuurgel en aluinaardegel in wisselende hoeveelheden, die de natron en andere basen *absorptief* gebonden houden. In de aluinaardedubbelsilikaten (groep I) is de natron dan grootendeels aan het kiezelzuur gebonden, in de aluminaatsilikaten (groep II) grootendeels aan de aluinaarde. En aangezien de diffusiesnelheid in de gels niet groot is, blijft het natron grootendeels op de plaats, waar het is.

Deze opvatting is in overeenstemming met de eigenschap van groep I om het natron in korten tijd nagenoeg niet tegen andere basen uit te wisselen, wat wel het geval is met de base van groep II. In 2 dagen absorbeerde aluminaatsilikaat uit eene oplossing van ammoniumchloride, bevattende 129 mgr. N, niet minder dan 97 mgr. N, terwijl onder dezelfde omstandigheden het aluinaardedubbelsilikaat slechts enkele milligrammen stikstof opnam ²⁾. Zooals bekend houdt de kiezelzuurgel de basen sterker absorptief gebonden dan de aluinaardegel en het verschillend gedrag van beide groepen van lichamen I en II ten opzichte van eene oplossing van ammoniumchloride is

¹⁾ GANS, t. a. p. 1905, 202: zie ook Stremme, *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, jaarg. 1908, 622. In dit verband zij hier gewezen op de uitlating van VAN BEMMELN, *L. Vers. Stationen*, 35 (1888), 79 (regel 4—10).

²⁾ De hoeveelheden silikaat en ammoniumchloride, welke op elkander inwerkten, zijn niet nauwkeurig opgegeven. Alleen wordt medegedeeld, dat het onderzoek plaats vond volgens KNOP. (Zie o.m. KÖNIG, 4de druk, blz. 60—61).

derhalve geheel in overeenstemming met de opvatting, dat het zijn mengsels van gels, welke de base absorptief gebonden houden.

GANS noemt de op eene bepaalde wijze bereide verbindingen van Al_2O_3 en SiO_2 , welke de base en het water absorptief gebonden houden en die de eigenschap bezitten deze base snel tegen andere basen uit te wisselen, permutieten ¹⁾. Reeds in de jaren 1908 en 1909 heb ik de absorptiewetten bij deze permutieten nagegaan ²⁾ en wel ten opzichte van de binding der ammoniakstikstof ³⁾. Bovendien werd in 1909 het absorptievermogen van een kleigrond voor ammoniakstikstof onderzocht. De resultaten van dit onderzoek worden in hoofdstuk I behandeld.

Verder werden in de jaren 1909 en 1910 vegetatieproeven genomen om na te gaan of het ammoniumpermutiet de ammoniakstikstof zoo vast bindt, dat deze althans gedeeltelijk gedurende één vegetatieperiode voor de plantenwortels niet opneembaar is, zooals dat bij de proeven van PFEIFFER en zijne medewerkers bij apophylit gevonden is. De resultaten dezer proeven zijn in hoofdstuk II opgenomen ⁴⁾.

Het was tevens mijn doel daarbij na te gaan welk verband er bestaat tusschen de door de planten uit ammoniumpermutiet opgenomen en de volgens de methode MITSCHERLICH ⁵⁾ in koolzuurhoudend water oplosbare stikstof van het ammoniumpermutiet. Hoofdstuk III bevat derhalve eenige beschouwingen over de methode MITSCHERLICH voor het onderzoek der meststoffen.

Het geheele hier volgende onderzoek geschiedde in de jaren 1908/1909 en 1910 en werd in mijne reeds genoemde „Bijdrage tot de kennis van de binding der ammoniakstikstof door zeolitisch materiaal”, als volgt aangekondigd :

Vegetatieproeven, genomen in den geest als die te Breslau door PFEIFFER en zijne medewerkers, doch met permutieten volgens GANS en gepaard gaande met een onderzoek in den geest als het door mij verrichte, zullen ongetwijfeld resultaten opleveren, die van groot belang zijn voor de kennis van het vraagstuk der vastlegging van ammoniakstikstof door zeolitisch materiaal en voor de beoordeeling van de waarde der methode MITSCHERLICH voor het bemestingsvraagstuk

1) Zie verder mijn „Verslag eener in den zomer van 1908 gemaakte studiereis naar Duitschland”; deze Verslagen, deel VI, blz. 1—3.

2) De firma J. D. RIEDEL te Berlijn stelde mij met groote welwillendheid eenige kilogrammen permutiet ter beschikking.

3) De resultaten zijn reeds gedeeltelijk gepubliceerd in deze Verslagen, No. VI, 1909, waaraan MITSCHERLICH ze voor zijne zesde mededeeling (Landw. Jahrbücher, 1910, 330) heeft ontleend.

4) Met een enkel woord is over deze proefnemingen gerefereerd in de Verslagen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, (het laatst in het Kort Verslag van de landbouwkundige onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen loopende tot 1 Januari 1912, blz. 19—21).

5) Zie mijne verhandeling: Scheikundig bodemonderzoek; deze Verslagen, deel VI, blz. 34.

HOOFDSTUK I.

Proeven om de oplosbaarheid van de ammoniakstikstof in ammoniumpermutiet en in een met ammoniak verzadigden kleigrond te bepalen.

Bereiding en samenstelling van ammoniumpermutiet.

Uitgegaan werd van natriumpermutiet, hetwelk GANS bereidt door samensmelting van soda, kaolien en veldspaat en uitlooging van de smelt met water. Voor de bereiding van ammoniumpermutiet werd ongeveer 150 gram natriumpermutiet gebracht in eene wijde buis, die van onderen nauw toeloopt en door eene kraan is afgesloten. Opgeschonken werd eene 10 pct. oplossing van ammoniumsulfaat. Door middel van een hevel stond de vloeistof in de buis in verbinding met de ammoniumsulfaatoplossing in de flesch. De kraan werd zoo ver geopend, dat de vloeistof langzaam doordrupte en in ongeveer 24 uur acht liter ammoniumsulfaat doorgelopen waren; na afloop was het natriumpermutiet nagenoeg geheel in ammoniumpermutiet veranderd. Dit laatste werd daarna uitgewasschen met 8 liter water waardoor ongeveer 50 mGr. Stikstof (N) op de 150 gram permutiet verwijderd werden, derhalve slechts 0,03 pct. N. Het gevormde ammoniumpermutiet werd bij ongeveer 30—40° C. gedroogd en goed fijngewreven; het bezat de volgende samenstelling:

Kiezelzuur (Si O_2)	45,60	pct.
Aluinaarde ($\text{Al}_2 \text{O}_3$)	23,56	„
Ammoniak (NH_3)	6,21	„
Water ($\text{H}_2 \text{O}$)	24,03	„
Kalk (Ca O)	0,7	
Totaal	100,10	pct.

Het gehalte aan stikstof (N) bedroeg derhalve 5,12 pct.

Het systeem ammoniumpermutiet—water, bij 30° C.

Wisselende hoeveelheden ammoniumpermutiet werden in het toestel van MITSCHERLICH ¹⁾ behandeld met 2 liter gedestilleerd water bij 30° C., gedurende 24 uur. Bepaald werd de hoeveelheid stikstof, welke in oplossing ging ²⁾. De resultaten van het onderzoek zijn in Tabel I opgenomen.

¹⁾ Landw. Jahrbücher, 1910, Tafel VII, Serienextraktionsapparat zie verder verslag meergenoemde studiereis, deze Verslagen, deel VI, teekening blz. 6.

²⁾ Zie over de uitvoering der analyse: MITSCHERLICH, „Eine Bodenanalyse für pflanzen-physiologische Forschungen“, Landw. Jahrbücher, 1907 en verdere mededeelingen van denzelfden onderzoeker. Zie ook deze Verslagen, deel VI, blz. 46.

Tabel I.

No.	Per 2 liter water gebruikt ammoni- umpermutiet in grammen. (g Ammoni- umpermutiet auf 2 Liter Wasser).	Derhalve is de ver- houding van gram- men ammoniumper- mutiet tot cc. water als : (Verhältnis zwischen Grammen Ammo- niumpermutit und ccm Wasser).	Op 100 gram permutiet: (Auf 100 g Permutit):	
			Zijn in oplossing gegaan gr. stik- stof (N) [Haben sich auf- gelöst g Stick- stoff (N)].	Zijn in het permutiet achter- gebleven. [Bleiben also im Permutit zurück g Stickstoff (N)].
1	5	1 : 400	0,25	4,87
2	2	1 : 1000	0,54	4,58
3	1	1 : 2000	0,91	4,21
4	0,4	1 : 5000	1,52	3,60
5	0,2	1 : 10000	2,02	3,10
6	0,1	1 : 20000	2,64	2,48

Ik heb nu in de eerste plaats nagegaan of op dit systeem de absorptie-isotherm van FREUNDLICH ¹⁾

$$\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (1)$$

van toepassing is. In deze formule beteekenen $\frac{x}{m}$ de geabsorbeerde hoeveelheid van de opgeloste stof op de eenheid van het absorbens, dat is het lichaam, dat absorbeert, in dit geval het permutiet; c de concentratie van het niet geabsorbeerde gedeelte, dat is dus in dit geval de concentratie van de stikstofoplossing; terwijl a en $\frac{1}{n}$ constanten zijn, die van den aard van de stoffen, welke aan het proces deelnemen en van de temperatuur afhangen.

Uit de formule (1) kan door logarithmiseering worden afgeleid formule (2)

$$\log. \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log. c. + \log. a \dots \dots \dots (2),$$

dat is de vergelijking van eene rechte lijn voor een rechthoekig coördinatenstel, met de assen $\log. \frac{x}{m}$ en $\log. c$. Indien derhalve de absorptie-vergelijking (1) van toepassing is, moet (2), grafisch voorgesteld, eene rechte lijn zijn.

De waarden voor $\frac{x}{m}$ en c zijn als volgt te berekenen. Bij no. 1

¹⁾ Zie Kapillarchemie door HERBERT FREUNDLICH.

bevat 100 gram van het absorbens 4,87 gram stikstof (N); op 1 gram absorbens komt derhalve 48,7 milligram N voor, zoodat $\frac{x}{m} = 48,7$. Op 100 gram permutiet zijn aanwezig $400 \times 100 \text{ cM}^3$ water, waarin 0,25 gram stikstof (N) opgelost is; c, dat is het aantal milligrammen stikstof in de vloeistof, gedeeld door het aantal grammen water, wordt derhalve $\frac{250}{40000} = 6,25 \times 10^{-3}$. Op deze wijze zijn de gegevens voor tabel II berekend.

Tabel II.

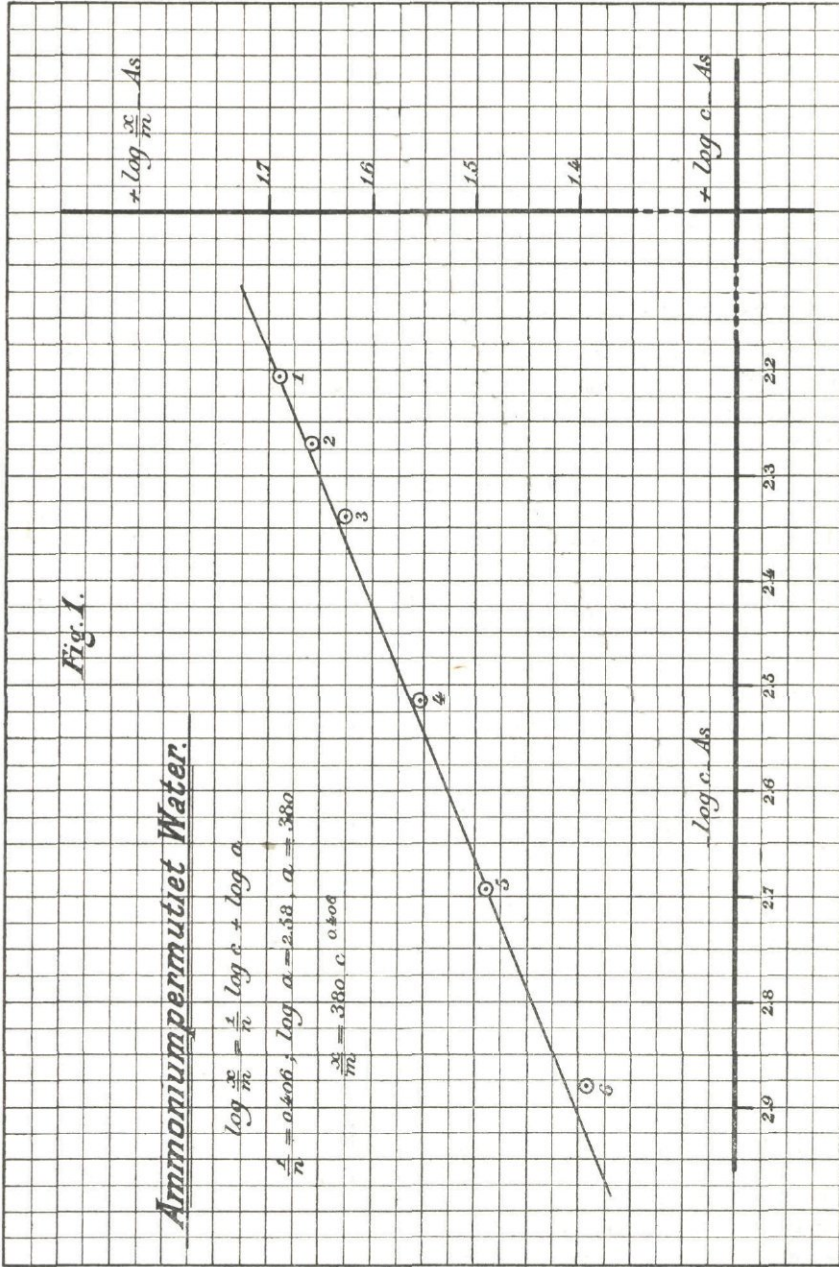
No.	$\frac{x}{m} = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen permutiet}}$ $\left(\frac{x}{m} = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Permutit}}\right)$	$\log \frac{x}{m}$	$c = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen water}}$ $\left(c = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Wasser}}\right)$	$\log c$
1	48,7	1,6875	$6,25 \times 10^{-3}$	— 2,2041
2	45,8	1,6609	$5,40 \times 10^{-3}$	— 2,2676
3	42,1	1,6243	$4,55 \times 10^{-3}$	— 2,3420
4	36,0	1,5563	$3,04 \times 10^{-3}$	— 2,5171
5	31,0	1,4914	$2,02 \times 10^{-3}$	— 2,6946
6	24,8	1,3945	$1,32 \times 10^{-3}$	— 2,8794

In figuur 1, blz. 7 is de betrekking $\log \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log c + \log a$, graphisch voorgesteld. Zooals blijkt, liggen de 6 punten nagenoeg op een rechte lijn; op het systeem ammoniumpermutiet-water-ammoniak is derhalve binnen de onderzochte grenzen de formule van FREUNDLICH van toepassing.

De konstanten $\frac{1}{n}$ en $\log a$ worden op de eenvoudigste en meest nauwkeurige wijze uit de graphische voorstelling berekend. $\frac{1}{n}$ is toch de tangens van den hoek, welken de lijn $\log \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log c + \log a$ met den $\log c$ -as maakt, terwijl voor $\log c = 0$, $\log \frac{x}{m} = \log a$, d.w.z., dat $\log a$ het stuk is, dat de rechte lijn van den $\log \frac{x}{m}$ -as afsnijdt. Uit fig. I vindt men $\frac{1}{n} = 0,406$, $\log a = 2,58$, derhalve $a = 380$, zoodat de vergelijking wordt

$$\frac{x}{m} = 380 c^{0,406} \dots \dots \dots (3).$$

De waarde voor $\frac{1}{n}$ ligt tusschen de waarden 0,1 — 0,5, welke FREUNDLICH voor verschillende stelsels aangeeft (t.a.p. blz. 150—151).



Het is mij gebleken, dat het permutiet in water eenigszins oplosbaar is; bij verschillende concentraties losten op:

No.	bij de verdunning	pct. SiO ₂	pct. Al ₂ O ₃
1	1 : 400	0,10	0,07
2	1 : 1000	0,19	0,13
3	1 : 2000	0,34	0,28
4	1 : 10000	1,00	0,70

Met groote nauwkeurigheid zijn deze cijfers echter niet bepaald. Ik heb er mij mede tevreden gesteld te constateeren, dat slechts eene kleine hoeveelheid SiO₂ en Al₂O₃ in water oploste.

Het systeem ammoniumpermutiet-koolzuurhoudend water, bij 30° C.

Op geheel dezelfde wijze als boven, werd bepaald hoeveel stikstof in oplossing gaat bij behandeling van ammoniumpermutiet gedurende 24 uur bij 30° C. met water, dat verzadigd is met koolzuur. Gebruik werd gemaakt van het bekende toestel van MITSCHERLICH. De resultaten van dit onderzoek zijn reeds medegedeeld in deel VI van deze Verslagen (blz. 46), hetwelk in 1909 verscheen; ze zijn verder door MITSCHERLICH gepubliceerd in zijn zesde mededeeling „Ein Beitrag zur Düngemittel- und Bodenanalyse” ¹⁾. Het gebruikte ammoniumpermutiet bevatte 5,68 pct. stikstof (N) ²⁾ De resultaten zijn in tabel III opgenomen.

Tabel III.

No.	Per 2 liter water gebruikt ammoniumpermutiet in grammen. (g Ammoniumpermutit auf 2 Liter Wasser).	Derhalve is de verhouding van grammen ammoniumpermutiet tot cc. water als: (Verhältnis zwischen Grammen Ammoniumpermutit und ccm Wasser).	Op 100 gram permutiet: (Auf 100 g Permutit):	
			Zijn in oplossing gegaan gr. stikstof (N). [Haben sich aufgelöst g Stickstoff (N)].	Zijn in het permutiet achtergebleven gr. Stikstof (N). [Bleiben also im Permutit zurück g Stickstoff (N)].
1	40	50	1,42	4,26
2	10	200	2,48	3,20
3	5	400	3,12	2,56
4	2,5	800	3,78	1,90
5	1	2 000	4,47	1,21
6	0,4	5 000	4,96	0,72
7	0,2	10 000	5,20	0,48
8	0,1	20 000	5,32	0,36
9	0,05	40 000	5,32	0,36
10	0,025	80 000	5,60	0,08

¹⁾ Landw. Jahrbücher, 1910, 299.

²⁾ MITSCHERLICH heeft mijne cijfers aan zijne vergelijking $\log(A - y) = \log A - c w^n$ getoetst. Abusievelijk substitueert hij echter voor A 5,32, in plaats van 5,68. De vergelijking wordt derhalve: $\log(5,68 - y) = 0,7543 - c w^n$, terwijl zich verder laat berekenen $c = 0,0303$ en $n = 0,398$. Nog zij hier opgemerkt, dat MITSCHERLICH (blz. 330) over de „Lösungsgeschwindigkeit” spreekt. Ik heb niet bepaald de *snelheid*, waarmede de stikstof door koolzuurhoudend water wordt opgelost, doch de oplosbaarheid van de stikstof als functie van het watergehalte.

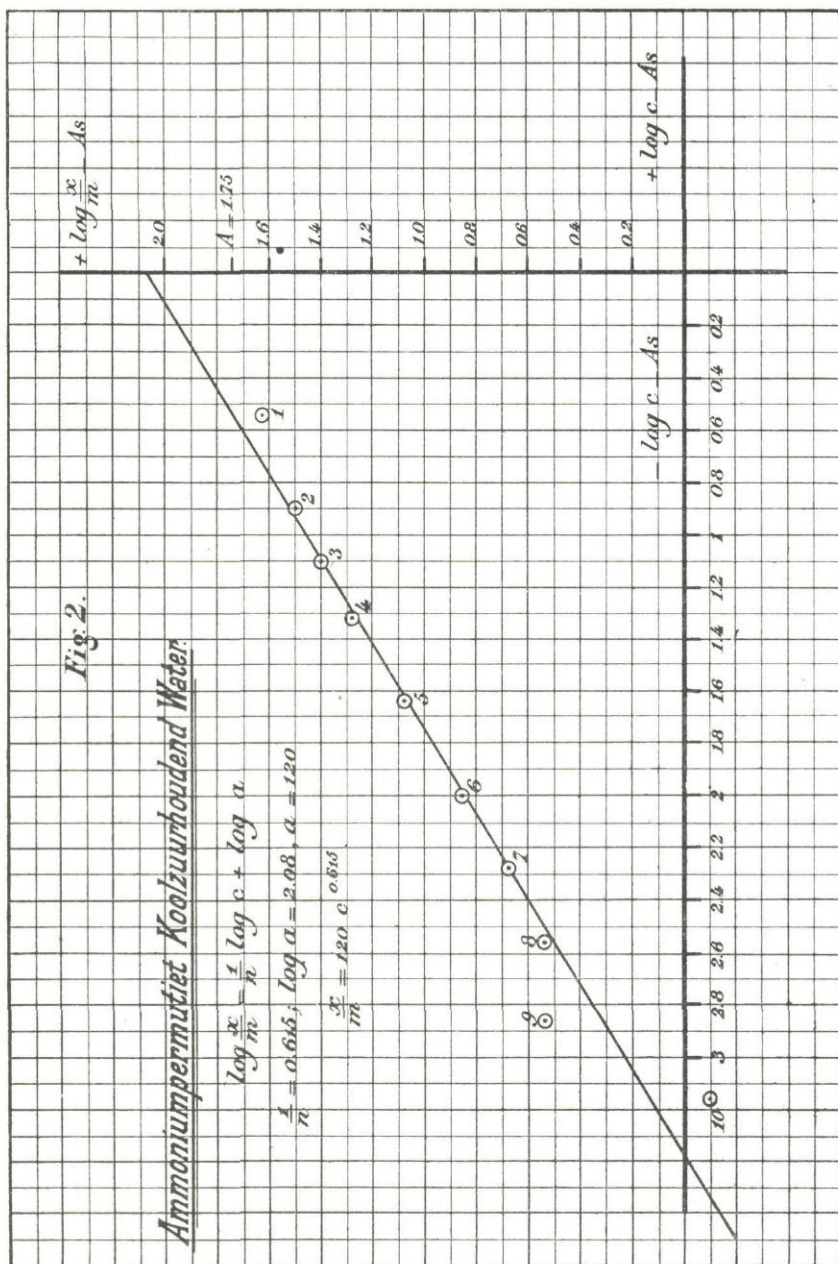
Door vergelijking van de cijfers van tabel I en III blijkt, dat koolzuurhoudend water aanzienlijk meer stikstof uit ammonium-permutiet oplost dan koolzuurvrij water. Vooral is dit het geval bij de kleine verdunningen. Zoo lost bijvoorbeeld bij de verdunning 1 : 400 zonder koolzuur slechts 5 pct., met koolzuur daarentegen niet minder dan 55 pct. van de totaal stikstof op; bij de verdunning 1 : 20000 zijn deze cijfers respectievelijk 51 pct. en 93 pct.

De waarden voor $\frac{x}{m}$, $\log. \frac{x}{m}$, c en $\log. c$ zijn in tabel IV opgenomen.

Tabel IV.

No.	$\frac{x}{m} = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen permutiet}}$ $\left(\frac{x}{m} = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Permutit}}\right)$	$\log. \frac{x}{m}$	$c = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen water}}$ $c = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Wasser}}$	$\log. c$
1	42,6	1,6294	0,284	— 0,5467
2	32,0	1,5051	0,124	— 0,9066
3	25,6	1,4082	0,078	— 1,1079
4	19,0	1,2788	0,04725	— 1,3256
5	12,1	1,0828	0,02235	— 1,6507
6	7,2	0,8573	0,00992	— 2,0035
7	4,8	0,6812	0,0052	— 2,2840
8	3,6	0,5563	0,00266	— 2,5751
9	3,6	0,5563	0,00183	— 2,8761
10	0,8	— 0,0969	0,0007	— 3,1549

De resultaten van het onderzoek zijn in fig. 2 blz. 10 graphisch voorgesteld (rechthoekig coördinatenstelsel, assen $\log. \frac{x}{m}$ en $\log. c$). De punten 2 tot 8 liggen bijna volkomen in één rechte lijn. Het behoeft niet te verwonderen, dat de punten 9 en 10 buiten deze lijn vallen; voor deze bepalingen toch zijn resp. slechts 50 en 25 mGr. stof gebruikt, eene hoeveelheid, te klein om nauwkeurige cijfers te mogen verwachten. Punt 1 is echter zeer nauwkeurig als gemiddelde van een groot aantal analyses bepaald. De lijn buigt zich derhalve bij de groote concentraties konkaaf naar de $\log. c$ -as toe. Er is ook wel reden om dit gedrag te verwachten. Bij behandeling van ammoniumpermutiet met kleine hoeveelheden water toch zal nagenoeg geen stikstof in oplossing gaan, zoodat de waarde voor $\frac{x}{m}$ niet veel van 56,8 kan afwijken, $\log. \frac{x}{m}$ derhalve nagenoeg 1,75



wordt, terwijl de concentratie in de vloeistof grooter wordt. Men verkrijgt een punt in de nabijheid van A en de lijn moet zich derhalve van 2 over 1 in de richting van A buigen.

Op de wijze als hierboven op blz. 6 is aangegeven, zijn de waarden voor $\frac{1}{n}$ en $\log. a$ uit de graphische voorstelling berekend. Gevonden is $\frac{1}{n} = 0,615$, $\log. a = 2,08$, a derhalve $= 120$, zoodat de absorptie-isotherm voor het stelsel ammoniumpermutiet-koolzuurhoudend water wordt:

$$\frac{x}{m} = 120 c^{0,615} \dots \dots \dots (4).$$

Men zal misschien opmerken, dat de lijn

$$\log. \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log. c + \log. a \text{ (fig. 2) iets anders loopt}$$

wanneer ze niet door de punten 3 en 7, maar bijvoorbeeld door de punten 2 en 8 getrokken wordt, ten gevolge waarvan men voor de konstanten andere waarden vindt. Dit is zonder eenigen twijfel het geval, maar op deze moeilijkheid stuit men ook bij de berekening van de konstanten langs algebraïschen weg, door substitutie van 2 waarden voor $\frac{x}{m}$ en c uit tabel IV in de formule $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$. Door substitutie bijvoorbeeld van de waarden No. 3 en No. 6 uit tabel IV verkrijgt men de vergelijkingen

$$25,6 = a \times 0,078^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (5)$$

en
$$7,2 = a \times 0,00992^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (6)$$

en vindt na oplossing voor a en $\frac{1}{n}$ resp. de waarden 123 en 0,615, dat zijn nagenoeg precies de waarden, welke langs graphischen weg berekend zijn. Door combinatie van twee andere nummers uit tabel IV verkrijgt men echter andere waarden voor de konstanten. De berekening der konstanten uit de graphische voorstelling biedt nu dit voordeel, dat de lijn zoodanig getrokken kan worden, dat er zooveel punten als mogelijk op of nagenoeg op liggen. Uit den aard der zaak wordt daarbij minder gelet op de punten als 9 en 10, welke op zeer groote verdunningen betrekking hebben.

De oplosbaarheid van ammoniumpermutiet in koolzuurhoudend water is tamelijk groot. In oplossing gaan van het monster met 5,12 pct. N de volgende hoeveelheden:

bij eene verdunning van	pct. N	pct. SiO ₂	pct. Al ₂ O ₃
1 : 1000	3,50	2,37	0,06
1 : 2000	4,12	2,38	0,34

Van het kiezelzuur lost derhalve vrij veel op; ongeveer 5 pct. van de totale hoeveelheid. De aluinaarde is nagenoeg onoplosbaar.

**Het systeem: met ammoniak verzadigde kleigrond-
koolzuurhoudend water, bij 30° C.**

De oplosbaarheid van de stikstof van ammoniumpermutiet in water en in koolzuurhoudend water beantwoordt derhalve bij constante temperatuur aan de formule $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$. In de derde plaats werd nu nagegaan of de oplosbaarheid van de stikstof van een ammoniakhoudenden kleigrond aan dezelfde wetten gehoorzaamt.

Voor dit onderzoek werd een oude kleigrond, afkomstig uit de provincie Groningen, gekozen, welke geen koolzure kalk bevatte. Bepaald werd hoeveel CaO, MgO en K₂O in dezen bodem door ammonium te vervangen waren. Na behandeling van het monster met ammoniumchloride-oplossing volgens MEIJER ¹⁾ ging in oplossing 0,39 pct. CaO, 0,15 pct. MgO en 0,04 pct. K₂O. In de plaats van deze basen treedt 0,58 pct. ammonium (NH₄)₂O in het verweerings-silikaat, dat is 0,307 pct. N.

Eene groote hoeveelheid van dezen bodem werd nu herhaaldelijk met eene oplossing van ammoniumsulfaat behandeld, waarbij de absorptief gebonden basen CaO, MgO, K₂O (en Na₂O) grootendeels door NH₃ vervangen werden. Vervolgens werd de aarde met gedistilleerd water uitgewasschen en aan de lucht bij gewone temperatuur gedroogd. Ze bleek slechts 0,179 pct. N te bevatten, vrij wat minder derhalve dan volgens de resultaten van het bovenvermelde onderzoek te verwachten was. De reden hiervan is eensdeels te zoeken in de omstandigheid, dat met te veel water uitgewasschen is, zoodat vrij groote hoeveelheden ammoniak op die wijze uitgespoeld zijn. Ook is het niet onmogelijk, dat de behandeling met ammoniumsulfaat niet lang genoeg voortgezet is. Men stuit hierbij toch op moeilijkheden, aangezien de kleimassa ten slotte nagenoeg geen vloeistof meer doorlaat.

Op de bekende wijze werd nu bepaald hoeveel stikstof oplost bij behandeling met verschillende hoeveelheden water, met koolzuur verzadigd, bij 30° C. en gedurende 24 uur. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in de tabellen V en VI.

¹⁾ Zie voor deze methode: Landw. Jahrbücher 1900, 913. Die Kalkverbindungen der Ackererden und die Bestimmung des assimilierbaren Kalkes im Bodem, von Dr. D. MEIJER.

Tabel V.

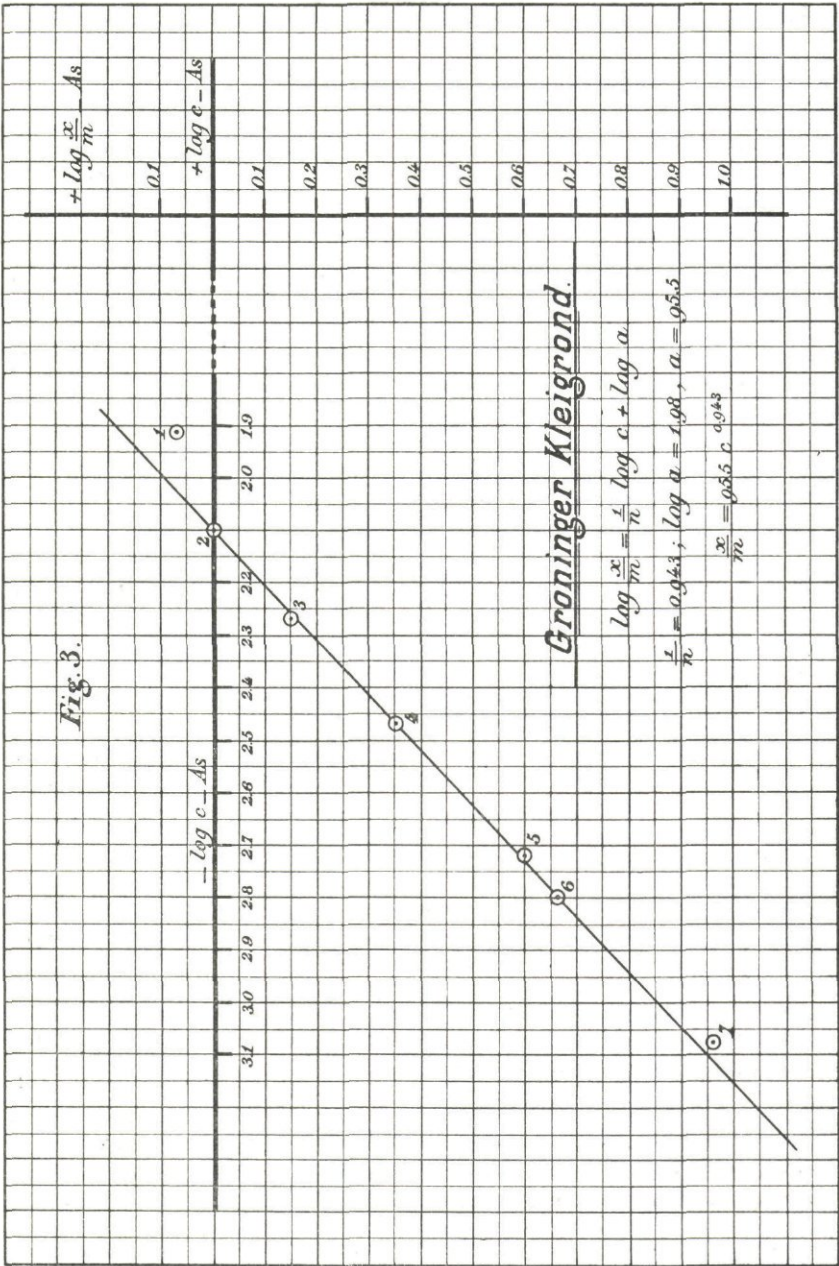
No.	Per 2 Liter gebruikte grond in Grammen. (Gramme Boden auf 2 Liter Wasser.)	Derhalve is de ver- houding van gram- men grond tot ec. water als: (Verhältnis zwischen Grammen Boden und cem Wasser).	Op 100 gram grond: (Auf 100 g Boden):	
			Zijn in oplossing gegaan gr. Stik- stof (N). [Haben sich auf- gelöst g Stick- stoff (N)].	Zijn in de grond achtergebeven gr. Stikstof (N). [Bleiben also im Boden zurück g Stickstoff (N)].
1	40	1 : 50	0,061	0,118
2	20	1 : 100	0,080	0,099
3	10	1 : 200	0,108	0,071
4	5	1 : 400	0,134	0,045
5	2,5	1 : 800	0,154	0,025
6	2	1 : 1000	0,157	0,022
7	1	1 : 2000	0,168	0,011

Tabel VI.

No.	$\frac{x}{m} = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen grond}}$ $\left(\frac{x}{m} = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Boden}}\right)$	$\log \frac{x}{m}$	$c = \frac{\text{milligrammen N}}{\text{grammen water}}$ $\left(c = \frac{\text{Milligramme N}}{\text{Gramme Wasser}}\right)$	$\log c.$
1	1,18	0,07188	0,0122	- 1,91364
2	0,99	0,00436	0,008	- 2,09691
3	0,71	- 0,14874	0,0054	- 2,26761
4	0,45	- 0,34679	0,00335	- 2,47496
5	0,25	- 0,60206	0,00192	- 2,71670
6	0,22	- 0,65758	0,00157	- 2,80410
7	0,11	- 0,95861	0,00084	- 3,07572

In fig. 3 blz. 14 zijn de waarden voor $\log \frac{x}{m}$ en $\log c$ graphisch voorgesteld. De punten 2, 3, 4, 5, 6 en 7 zijn nagenoeg collineair; ook voor dit geval is derhalve de absorptie-formule van FREUNDLICH van toepassing. Punt 1 ligt wederom onder de rechte lijn; in het gebied der groote concentraties buigt de lijn zich, evenals de lijn fig. 2, eenigszins konkaf naar den $\log c$ -as toe. Uit de teekening wordt gevonden $\frac{1}{n} = 0,943$ en $a = 95,5$, zoodat de absorptie-isotherm bij 30° voor den Groninger kleigrond met 0,179 pct ammoniakstikstof (N) bij behandeling met koolzuurhoudend water is

$$\frac{x}{m} = 95,5 c^{0,943} \dots \dots \dots (7).$$



**Wordt het evenwicht bij de boven meegedeelde
proeven in 24 uur bereikt?**

Ik heb nog eenige voorloopige onderzoekingen verricht, ten einde een antwoord te krijgen op de vraag, of het evenwicht zich onder de gekozen omstandigheden (temperatuur 30° C., met of zonder CO₂) binnen 24 uur instelt. De volgende resultaten werden verkregen:

**Oplosbaar in procenten.
(Es lösen sich in Prozenten).**

Verdunning (Verdünnung).	1 : 1000 zonder CO ₂ . (ohne CO ₂).		1 : 2000 zonder CO ₂ . (ohne CO ₂).		1 : 2000 met CO ₂ . (mit CO ₂).	
	24 uur. (Stunden).	72 uur. (Stunden).	24 uur. (Stunden).	72 uur. (Stunden).	24 uur. (Stunden).	72 uur. (Stunden).
	N	0,54	0,70	1,14	1,10	4,12
Si O ₂	0,19	0,44	0,34	0,98	2,38	3,24
Al ₂ O ₃	0,13	0,10	0,28	0,10	0,34	0,32

De evenwichtstoestand is derhalve na 24 uur nog niet bereikt. De toename van de hoeveelheid stikstof bij 72 uur is echter zeer gering. Dat bij 72 uur minder Al₂O₃ in oplossing gaat dan bij 24 uur is mogelijk aan onnauwkeurigheden bij de analyse toe te schrijven, hoewel het verschijnsel zich bij alle drie gevallen voordoet. Alleen van kiezelzuur lost bij 72 uur niet onbelangrijk meer op dan bij 24 uur.

In de tweede plaats is eene poging aangewend, om na te gaan met welke snelheid zich het evenwicht ammoniakvrij permutiet-water-NH₃ instelt.

De bereiding van ammoniakvrije permutiet geschiedde door behandeling van ammoniumpermutiet met koolzuurhoudend water, waarbij het water eenige malen ververscht werd. Het eindproduct bevatte ten slotte slechts 0,82 pct. N, terwijl in het oorspronkelijk ammoniumpermutiet 5,12 pct. N aanwezig was.

In de eerste plaats werd nu 1 gram van dit stikstofvrije permutiet met 2000 cM³ water, waarin zich 52,16 mGr. NH₃ bevonden, gedurende 2 × 24 uur (zonder CO₂-toevoeging) geroerd. In het geheele systeem zijn totaal voorhanden: in één gram permutiet 8,2 mGr. N, in het water $\frac{14}{17} \times 52,16$ mGr. = 43,0 mGr. N, totaal 51,2 mGr. N, dat is precies dezelfde hoeveelheid, welke aanwezig is in 1 gram van het oorspronkelijke ammoniumpermutiet. Na 48 uur bleek aanwezig te

zijn in de oplossing 25,5 mGr. N, zoodat het permutiet 25,7 mGr. N bevatte, dat is 2,57 pct., terwijl het ammoniumpermutiet onder dezelfde omstandigheden nog 4,0 pct. N gebonden hield. De eindconcentraties zijn derhalve lang niet gelijk.

De proef werd herhaald, doch het evenwicht thans na verloop van eenige weken bepaald. 5 gram ammoniumpermutiet (met 5,12 pct. N) werden gedurende 5 weken met 250 cM³ gedestilleerd water in een gesloten fleschje in aanraking gebracht; elken dag werd enkele malen geschud. In een tweede flesch bevonden zich 5 gram permutiet met 0,82 pct. N en 250 cM³ water, met 261 mGr. NH₃, totaal derhalve $5 \times 8,2 + \frac{14}{17} \times 261$ mGr. = 41 mGr. + 215 mGr. = 256 mGr. N, dat is precies dezelfde hoeveelheid stikstof, als in de eerste flesch aanwezig is. De tweede flesch werd op dezelfde wijze gedurende 5 weken behandeld als de eerste. Bepaald werden de hoeveelheden stikstof, welke na 5 weken in de beide oplossingen aanwezig waren, uit welke cijfers de stikstofgehalten der vaste fasen konden worden afgeleid. Het permutiet in de eerste flesch bevatte 4,87 pct. N, het permutiet in de tweede flesch 3,92 pct. N. Ook hier zijn de eindconcentraties nog niet gelijk; het onderscheid is echter kleiner.

Uit het bovenstaande blijkt, dat het evenwicht bij behandeling van ammoniakvrij permutiet met ammoniakhoudend water zich zeer langzaam instelt.

Ik wil hier nog wijzen op eene fout, bij de boven medegedeelde proeven gemaakt. Het permutiet met 0,82 pct. N werd bereid door herhaalde uitlooging met koolzuurhoudend water. Bij deze behandeling gaan echter ook kleine hoeveelheden Al₂O₃ en minder kleine hoeveelheden Si O₂ in oplossing, zoodat een lichaam verkregen wordt, dat van het oorspronkelijke ammoniumpermutiet niet alleen in het stikstofgehalte verschilt. Bij de genomen proeven waren de beide vaste fasen dus niet volkomen homogeen. Ik heb daarom uit het permutiet met 0,82 pct. N opnieuw ammoniumpermutiet bereid, maar thans door het permutiet (met 0,82 pct. N) gedurende 5 weken te brengen onder eene klok, waarin tevens geplaatst was een schaalkje met sterke ammoniak. De lucht werd zooveel mogelijk uitgepompt. De ammoniak werd af en toe vernieuwd. Het stikstofgehalte van het nieuwe ammoniumpermutiet bedroeg 4,90 pct. Dit nieuwe lichaam kan nu met het permutiet met 0,82 pct. N, waaruit het bereid is, vergeleken worden. Tot nu toe ontbrak het mij aan tijd, dit vraagstuk nader uit te werken.

Scheikundige verbinding, vaste oplossing of adsorptie ?

Het is uit een theoretisch oogpunt van groot belang de vraag te beantwoorden onder welke categorie van lichamen ammoniumper-

mutiet gerangschikt moet worden. Het is mij echter als leider van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, onder de omstandigheden, waarin dit instituut de laatste jaren verkeert, niet wel mogelijk mijne gedachten kalm en rustig over vraagstukken van dezen aard te laten gaan en ze nader uit te werken. Ik volsta hier dus met enkele opmerkingen.

In de eerste plaats mogen hier in dit verband de gekristalliseerde zeolieten, waarmee de permutieten in samenstelling en eigenschappen groote overeenkomst hebben, met een enkel woord besproken worden.

Zooals bekend hebben zeolieten deze eigenschap, dat ze hun kristalwater geleidelijk verliezen. Het hydraat gaat bij verlies van kristalwater niet sprongsgewijze in een ander hydraat over, dat een of meer molekulen kristalwater minder bevat, doch geleidelijk in een hydraat, dat iets armer aan water is. Bij dit proces blijft het kristal volkomen homogeen.

Het is nu nog altijd eene strijdvraag of de zeolieten te beschouwen zijn als vaste oplossingen van water in het silikaat, dat is als mengkristallen van silikaat en water, of als adsorptieverbindingen. OSTWALD ¹⁾ beschouwt de zeolieten als vaste oplossingen; BODLÄNDER, SOMMERFELDT, DOELTER ²⁾ houden ze voor adsorpties. RINNE ³⁾ meent, „das Wasser den Zeolith gleichmässig durchdringe“, schaaft zich derhalve aan de zijde van OSTWALD, evenals KATZ ⁴⁾, die de zeolieten als zwellende kristallen beschouwt, welke met water mengkristallen vormen. VAN DER LEEDEN ⁵⁾ daarentegen noemt de zeolieten gekristalliseerde adsorptieverbindingen. Ten slotte zij hier nog de aandacht gevestigd op eene publicatie van F. GRANDJEAN ⁶⁾. „Optische Untersuchung der Absorption schwerer Gase und Dämpfe durch gewisse Zeolithe“. Volgens GRANDJEAN „bildet ein Zeolith, welcher „einen oder mehrere Stoffe absorbiert hat, bei erreichtem Gleichgewicht eine Phase, eine homogene Masse, welche als feste Lösung „betrachtet werden darf. Während aber bei den sonstigen bekannten „festen Lösungen die Diffusion, wenn sie überhaupt vorhanden ist, „ausserordentlich langsam verläuft, findet dieselbe bei den Zeolithen „verhältnismässig schnell statt“.

De groote vraag is of het water bij de zeolieten zich alleen aan

¹⁾ Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Band II, Deel III, 1906, blz. 128—132.

²⁾ Physikalisch-chemische Mineralogie door Prof. C. DOELTER, 1905, 178.

³⁾ DOELTER, 175.

⁴⁾ Onderzoekingen over de analogie tusschen opzwellen en mengen; 2e mededeeling: Opzwellbare kristallen en mengkristallen; door J. R. KATZ. Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Deel XIX, 2e gedeelte, 781—787.

⁵⁾ Ueber das Verhalten einiger durch Verwitterung entstandener Tonerde-Kieselsäure-Mineralien door R. VAN DER LEEDEN, Berlijn; Centralblatt für Mineralogie Geologie und Paläontologie; jaarg. 1911, No. 5, blz. 139—145.

⁶⁾ Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 149, 866—68; geciteerd naar Chemisch Zentralblatt 1910, I, 759—60 en 1288.

de oppervlakte bevindt, derhalve niet in het inwendige is doorgedrongen of dat zich eene homogene massa gevormd heeft, welke als één phase te beschouwen is, terwijl als derde geval eene combinatie van deze twee kan optreden.

Uit eene nieuwe publicatie van KATZ ¹⁾ krijgt men den indruk, dat enkel adsorptie, of zooals KATZ het noemt, ongecompliceerde oppervlakte-adsorptie, slechts in zeer weinige gevallen optreedt, bijvoorbeeld in het door KATZ bestudeerde voorbeeld van adsorptie van water door uiterst fijn verdeeld synthetisch kwarts en anorthiet. In de meeste gevallen doen de adsorbeerende stoffen nog iets anders met de geadsorbeerde stoffen, waarbij KATZ denkt aan eene opzwellung, aan de vorming van eene vaste oplossing of van eene chemische verbinding e.d.

Even voor het verzenden van deze publicatie werd ik door de welwillendheid van den schrijver in de gelegenheid gesteld kennis te nemen van eene verhandeling van REINDERS. ²⁾ In deze verhandeling gaat REINDERS de drie theorieën na, welke er bestaan tot verklaring van het opnemen en vasthouden van kleurstoffen door vezels, nl. de chemische theorie, de theorie van de vaste oplossing en de mechanische of adsorptie-theorie. REINDERS houdt de chemische theorie voor onwaarschijnlijk en komt ten slotte tot de conclusie, dat de kleurstofopname in vezels in hoofdzaak een verschijnsel van vaste oplossing is. Voor ons is hier vooral van belang, dat REINDERS ontkent, dat het voldoen aan de geheel empirische

formule van FREUNDLICH $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ een zeker criterium is voor de aanwezigheid van eene oppervlakteverdichting zonder meer. ³⁾

Uit het bovenstaande blijkt wel duidelijk hoe moeilijk het is adsorptieverbindingen van vaste oplossingen te onderscheiden. Vele onderzoekers komen tot de conclusie, dat adsorptie en vaste oplossing vaak naast elkander voorkomen en dat het in de meeste gevallen moeilijk uit te maken is, welk deel aan elk dezer verschijnselen toekomt. ⁴⁾ Daarbij komt nog, zooals REINDERS terecht opmerkt, dat, waar de aard van de adsorbeerende stof meebrengt, dat de diffusie van buiten naar binnen uiterst moeilijk plaats heeft, zooals bij koolstof en silikaten, daar de vorming van eene oplossing in eerste instantie alleen in de buitenste lagen der stof plaats zal hebben en men alzoo den indruk zal krijgen met eene zuivere oppervlaktewerking, eene adsorptie te doen te hebben.

¹⁾ Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam; Vergadering van Zaterdag 29 Juni 1912; blz. 230 e. v.

²⁾ De verdeling van kleurstoffen tusschen twee oplosmiddelen. Bijdragen tot de theorie van het verven. Verslagen Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam; zitting van 28 September 1912, blz. 341.

³⁾ Zie ook ZSIGMONDY, Kolloidchemie, 1912, blz. 64.

⁴⁾ Vooral bij stoffen met een zeer groot oppervlak zal het moeilijk zijn de grens tusschen vaste oplossing en adsorptie scherp te trekken.

Wat nu de permutieten betreft, zoo maakt de omstandigheid, dat het evenwicht zich hier zeer langzaam instelt, het niet waarschijnlijk, dat de opneming van ammoniak door permutiet een adsorptiever-schijnsel is; en onder adsorptie wordt hier dan verstaan, in tegen-stelling met de opvatting van ZSIGMONDY, ¹⁾ de zuivere adsorptie, of anders gezegd de ongecompliceerde oppervlakte-adsorptie. Bij eene zuivere adsorptie toch stelt het evenwicht zich vrijwel momentaan in. Het feit, dat het evenwicht zich hier zoo uiterst langzaam instelt, pleit dan ook voor de aanname van de vorming, althans in hoofdzaak, van eene vaste oplossing, waarbij de opgeloste stof (de ammoniak) gedeeltelijk chemisch in het permutiet gebonden kan zijn, evenals dit ook in de vloeistofphase het geval is.

Ten einde verwarring te voorkomen, is het wenschelijk deze gevallen, waarbij niet met zekerheid is uitgemaakt of adsorptie of vaste oplossing, mogelijk gedeeltelijk chemische verbinding plaats vindt, met eene bijzondere benaming te bestempelen. Door BAIN ²⁾ is de uitdrukking „Sorption” voorgeslagen; door mij is op voorbeeld van VAN BEMMELEN de uitdrukking „absorptie” gebruikt.

CONCLUSIE. *Het bovenstaande onderzoek nu heeft aangetoond, dat de drie systemen*

I ammoniumpermutiet-water,

II ammoniumpermutiet-koolzuurhoudend water,

III met ammoniak verzadigde Groninger kleigrond-koolzuurhoudend water

binnen de onderzochte grenzen en met uitzondering van de groote concentra-ties aan de formule van FREUNDLICH $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ voldoen.

Tevens is gebleken, dat de oplosbaarheid van de ammoniak in kool-zuurhoudend water aanzienlijk grooter is dan die in gedestilleerd water.

De opname van ammoniak door ammoniakvrij permutiet vindt uiterst langzaam plaats. Aangezien nu bij eene zuivere adsorptie het evenwicht zich vrijwel momentaan instelt, pleit dit feit voor de aanname van de vorming, althans in hoofdzaak, van eene vaste oplossing, waarbij de opgeloste stof (de ammoniak) gedeeltelijk chemisch in het permutiet ge-bonden kan zijn. Het voldoen aan de geheel empirische formule van FREUNDLICH $\frac{x}{m} = a. c. \frac{1}{n}$ is derhalve geen zeker criterium voor de aanwezigheid van eene zuivere oppervlakteverdichting zonder meer.

Op voorbeeld van VAN BEMMELEN worden dergelijke verbindingen, waarvan niet is uitgemaakt of het zuivere adsorptieverbindingen of vaste oplossingen zijn, absorptieverbindingen genoemd. De permutieten zijn derhalve op te vatten als absorptieverbindingen volgens VAN BEMMELEN. ³⁾

¹⁾ Kolloidchemie von RICHARD ZSIGMONDY, 1912, blz. 61.

²⁾ Zeitschrift für physikalische Chemie 68 (1908) 471—497.

³⁾ Zie Zeitschrift für anorganische Chemie 23 (1900) 324—327; ook de nieuwe uitgave van Wo. OSTWALD, Die Absorption, Dresden (1910), blz. 409—412.

HOOFDSTUK II.

Vegetatieproeven met ammoniumpermutiet.**Doel der proefneming.**

In eene voorloopige mededeeling ¹⁾ werd het doel van de vegetatieproeven met ammoniumpermutiet reeds uiteengezet. Ik volsta thans met de volgende beknopte recapitulatie.

Het is bekend, dat de plantenvoedingsstoffen door den bodem gebonden worden in een weliswaar in water weinig oplosbaren vorm, zoodat er geen gevaar voor uitwasschen en te sterke concentratie van de bodemoplossing bestaat, maar toch in zoodanigen vorm, dat water en vooral het steeds koolzuur bevattende bodemwater, er telkens opnieuw kleine hoeveelheden van kan oplossen. En naar gelang de plant de opgeloste stoffen aan den bodem onttrekt, kan aanvulling uit het verweeringssilikaat-humaat plaats vinden.

Men stelt zich echter onwillekeurig de vraag, of dit bindingsvermogen van den bodem niet zoo sterk is, dat het voedsel, althans gedeeltelijk, in de loopende vegetatieperiode niet voor de planten opneembaar is; m.a.w. dat in den strijd, dien de bodem en de planten om het bezit van de voedingsstoffen voeren, beide een gedeelte van den buit krijgen.

Het Landbouwkundig Instituut te Breslau heeft getracht een antwoord op deze vraag te geven wat de ammoniakstikstof betreft. In 1905 verscheen eene eerste mededeeling; in 1908 een tweede. De in 1904 genomen proeven zijn niet geheel zonder fouten. Hierom en om de verkregen resultaten nogmaals te controleeren, werden de proeven in 1907 herhaald.

Ik heb de proeven van PFEIFFER in 1908 aan eene kritiek onderworpen, die hierop neerkomt. In de eerste plaats werkt PFEIFFER met het minder werkzame apophylit; in de tweede plaats heeft de gerst onder meeldauw zoodanig te lijden, dat te vroeg geoogst moest worden, waarna opnieuw haver is uitgezaaid. Men heeft derhalve met twee halve vegetatieperioden te doen, die van de gerst en die van de haver. Ik heb daarom de proeven herhaald en met elkander vergeleken ammoniumsulfaat en ammoniumpermutiet. Voor de bereidingswijze en de samenstelling van deze laatste verbinding zij naar Hoofdstuk I verwezen.

De proeven in het jaar 1909.

Uit den aard der zaak moest de proef genomen worden met zand,

¹⁾ Bijdrage tot de kennis van de binding der ammoniakstikstof door zeolitisch materiaal deze Verslagen, deel VI. blz. 41. Waar in deze Mededeelingen vroeger af en toe gesproken werd van „zeolietisch” materiaal, worden verbindingen bedoeld, die in vele opzichten met de zeolieten overeenkomen, zonder daarmede identisch te zijn.

dat nagenoeg geen absorptievermogen bezit. Het gebruikte heidezand was trouwens zoo arm aan voedingsstoffen, dat zonder stikstofbemesting de oogst slechts enkele grammen bedroeg (zie Serie I).

De proeven werden genomen in steenen potten, overtrokken met glazuur, welke ongeveer 11 K.G. zand konden bevatten en van onderen van een steenen rooster voorzien waren. Ze werden door 1 à 2 KG. steentjes alle op hetzelfde gewicht gebracht en werden als volgt bemest:

- 1,972 gr. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (met 55,46 pct. P_2O_5);
 2,058 „ kaliumsulfaat (met 53,2 pct. K_2O);
 1,0 „ magnesiumchloride (met 21,3 pct. MgO);
 5,0 „ CaCO_3 .

De vijftig potten werden in 10 Seriën, ieder van 5 potten, verdeeld en ontvingen de volgende stikstofbemesting.

SERIE.	No. der potten (No. der Gefässe).	Gr. stikstof N. (g Stickstoff N.).	In den vorm van (In Form von)	
			Ammonium-permutiet met 5,35 pct. N. Gr. permutiet: (Ammonium-permutit mit 5,35 pct. N. g Permutit):	Ammonium-sulfaat met 21,18 pct. N. Gr. sulfaat: (Ammonium-sulfat mit 21,18 pct. N. g Sulfat):
I	1—5	0	—	—
II	6—10	0,6	11,215	—
III	11—15	0,6	—	2,833
IV	16—20	0,6	—	2,833
V	21—25	0,8	14,953	—
VI	26—30	0,8	—	3,777
VII	31—35	0,8	—	3,777
VIII	36—40	1,0	18,692	—
IX	41—45	1,0	—	4,721
X	46—50	1,0	—	4,271

Het vullen der potten geschiedde als volgt. Op de steenen werd eerst eene laag van 5325 gram zand gebracht en daarop eene tweede laag zand van 1892 gram met 5 gram CaCO_3 , waarna met 300 cc. water bevochtigd werd. In de volgende laag zand van 1892 gram

werden calciumphosfaat, kaliumsulfaat en magnesiumchloride benevens het permutiet bijgemengd. Daarop volgde de laatste laag, eveneens van 1892 gram, met 10 gram tuinaarde (N-gehalte 0,364 pct.), welke werd toegevoegd om te zorgen voor de aanwezigheid van verschillende bacteriesoorten. De geheele massa werd ten slotte met nog 250 cc. water besproeid, terwijl daags na het uitzaaien van de haverkorrels nogmaals 100 cc. werd toegevoegd. Zooals uit deze cijfers volgt, ontving elke pot totaal 650 cM³. water, eene hoeveelheid, welke berekend is op 60 pct. van de watercapaciteit van het gebruikte heidezand (9,8 pct).

Ten gevolge van deze zeer geringe watercapaciteit van het zand heeft het den planten, vooral in de periode van den sterksten groei, aan het noodige water ontbroken; ze zijn gegroeid bij matige watervoorziening.

Dagelijks werden de potten gewogen en met water op het gewicht aangevuld. Dit gewicht werd later bij het toenemen der plantenmassa per pot geleidelijk verhoogd.

Ten einde stikstofverlies door uitspoeling te voorkomen, werd de ammoniumsulfaatbemesting in vier en in acht maal gegeven en wel aan de potten 11—15, 26—30, 41—45 op 27 April, 17 Mei, 1 Juni en 14 Juni, telkens resp. 0,7083 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,15 gr. N), 0,9443 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,20 gr. N) en 1,1804 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,25 gr. N); en aan de potten 16—20, 31—35 en 46—50 op 27 April, 10 Mei, 17 Mei, 24 Mei, 1 Juni, 7 Juni, 14 Juni en 21 Juni, telkens resp. 0,3542 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,075 gr. N), 0,4722 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,10 gr. N) en 0,59 gr. (NH₄)₂SO₄ (d.i. 0,125 gr. N).

Totaal ontvingen derhalve Serie III en IV evenals Serie II 0,6 gr. N per pot; Serie VI en VII, evenals Serie V 0,8 gr. N per pot en Serie IX en X, evenals Serie VIII 1,0 gr. N per pot. Op deze wijze behoefde geen vrees voor uitspoeling van het ammoniumsulfaat gekoesterd te worden, terwijl de planten toch steeds de noodige stikstof te harer beschikking hadden.

De potten stonden in een klein glashuis in drie 80 cM. breede vakken, twee ter lengte van 3,66 M. en één ter lengte van 2,83 M. (Zie fig. 4, blz. 27) De vakken waren 35 cM. diep. Op deze wijze waren de potten eenigermate voor de warmte-inwerking der zonnestralen beschut.

Op 26 April werden per pot 25 haverkorrels uitgezaaid, welke begin Mei tot 20 planten per pot werden uitgedund. In 20 haverkorrels is 10,4 mgr. N aanwezig. De zwavelzure ammoniak werd op de bovengenoemde data in oplossing toegediend; de overige potten ontvingen telkens evenveel cM³. gedestilleerd water.

In het midden van Juni verscheen aan de buitenzijde van eenige potten een weinig wit beslag, hetwelk bij onderzoek afkomstig bleek te zijn van de meststoffen in de potten. De fijne barsten in het glazuur

werden daarna met eene oplossing van schellak bestreken, waarna het uitzweeten ophield. In het jaar 1910 werden de potten aan de binnenzijde met eene alcoholische oplossing van hars en lak, aan de buitenzijde met ripolin bestreken, wat afdoende het doorzweeten heeft tegengegaan ¹⁾.

Op 9 Augustus werd geoogst. Stroo en korrels werden, na gedroogd te zijn, gescheiden en stroo + kaf en korrels afzonderlijk gewogen. De wortels werden afgezeefd en eveneens, na aan de lucht gedroogd te zijn, gewogen. Intusschen bleek de fijngemalen wortelsubstantie nog vrij veel zand te bevatten, hetwelk bepaald werd door afslibben met tetrachloorkoolstof.

Als bijzonderheid zij hier medegedeeld, dat het zand van de permutietpotten aan het einde der proef sterk alkalisch reageerde, terwijl het zand der overige potten eene zwakke alkalische reactie tegenover lakmoespapier vertoonde. Deze zwakkere alkalische reactie wordt ongetwijfeld veroorzaakt door het niet door planten opgenomen zwavelzuur van de ammoniumsulfaatbemesting.

De oogst aan luchtdroge stof is in tabel 1 opgenomen; de gehalten aan vocht (bij 105° C.) en zand in de wortels in tabel 2. Uit deze tabellen is samengesteld tabel 3, welke een overzicht van den oogst aan droge, zandvrije stof geeft. Het aantal geoogste milligrammen stikstof van de verschillende plantendeelen (wortels, stroo + kaf, korrels) en van de geheele plant, is in tabel 4 opgenomen. Tabel 1—4 vindt men achter den text. Tabel 5 (zie blz. 24) geeft ten slotte een overzicht van den oogst per serie (droge stof in grammen, stikstof-oogst in milligrammen en procentisch gehalte van de droge stof aan stikstof).

Wanneer we in de eerste plaats nu de opbrengsten van de verschillende potten van éénzelfde serie (tabel 3) nagaan, dan vallen ons groote onderlinge afwijkingen tusschen de parallelpotten in het oog. Vooral bij serie V treden groote verschillen op (pot 21 en 23 bijv.). Ook de stikstof-oogsten (tabel 4) van de parallelpotten eener zelfde serie wijken soms vrij aanzienlijk van elkander af. In tabel 5 (blz. 24) is voor de geheele plant de waarschijnlijke fout berekend, zoowel voor den oogst aan droge stof als aan stikstof. Zooals men ziet is deze fout, dank zij het groot aantal parallelpotten van 5 per serie, niet groot; ze bedraagt in procenten van den oogst in enkele gevallen 4,4 — 4,8 — 3,5 — 3,3 pct., doch blijft gewoonlijk onder de 2,5 pct. Met vrij groote zekerheid kunnen derhalve uit de gemiddelde cijfers van tabel 5 gevolgtrekkingen gemaakt worden.

¹⁾ Ook MITSCHERLICH wijst in zijne dertiende mededeeling (Das Wasser als Vegetationsfaktor; Landw. Jahrbücher 1912, Bnd. 42, 701—718) op dit bezwaar van de geglazuurde potten. Voor „physikalische Vegetationsversuche”, waarbij de voedingsstoffen in overmaat gegeven worden, zijn ze echter z. i. te gebruiken; voor „chemische Vegetationsversuche” gebruikt hij zinken potten, na ze in parafine gedoopt te hebben.

Tabel 5.
Oogst 1909.
(Ernte 1909)

Serie (n ^o . der potten). Serie (N ^o . der Gefasse).	Stikstofbesteding. (Stickstoffvlugung).	Gemiddelde opbrengst per pot. (Durchschnittsernte pro Gefass).								Percentage stikstof (N) in droge stof.			
		Aan droge stof in grammen. (an Trockensubstanz in g).				Aan stikstof (N) in milligrammen. (an Stickstoff (N) in mg).				[Prozentualer Gehalt der Trockensubstanz an Stickstoff (N)]			
		Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Korner).	Geheele plant. (Gesamternte).	Wortels (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels (Korner).	Geheele plant. (Gesamternte).	Wortels. (Wurzeln)	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Korner)	Geheele plant. (Gesamternte).
I. (1-5)	geen (ohne)	1,55	1,63	0,78	3,96 ±0,09	6	5	6	17 ±0,57	0,39	0,31	0,77	0,43
II (6-10)	0,6 gr. N A. P.	9,40	24,65	19,58	53,63 ±1,08	62	74	252	388 ±6,36	0,66	0,30	1,29	0,72
III (11-15)	0,6 gr. N A. S. (4X)	8,96	23,41	20,91	53,28 ±1,53	54	65	293	412 ±6,33	0,60	0,28	1,40	0,77
IV (16-20)	0,6 gr. N A. S. (8X)	8,37	21,11	20,38	49,86 ±0,99	52	65	286	303 ±10,05	0,62	0,31	1,40	0,81
V (21-25)	0,9 gr. N A. P.	8,56	22,44	17,72	48,72 ±2,16	72	86	273	431 ±20,69	0,84	0,38	1,54	0,88
VI (26-30)	0,8 gr. N A. S. (4X)	9,20	24,94	22,99	57,13 ±1,51	73	87	349	509 ±14,20	0,79	0,35	1,52	0,89
VII (31-35)	0,8 gr. N A. S. (8X)	8,59	23,87	21,85	54,11 ±1,22	69	86	385	540 ±10,18	0,80	0,36	1,78	1,00
VIII (36-40)	1,0 gr. N A. P.	7,85	21,00	16,88	45,73 ±1,59	82	114	294	490 ±14,16	1,04	0,54	1,74	1,07
IX (41-45)	1,0 gr. N A. S. (4X)	8,36	22,51	19,41	50,28 ±1,06	83	107	359	549 ±11,94	0,99	0,48	1,85	1,09
X (46-50)	1,0 gr. N A. S. (8X)	7,52	23,01	22,26	52,79 ±1,40	77	110	429	616 ±16,74	1,02	0,48	1,93	1,17

A.P. = Ammoniumpermutiet; A.S. = Ammoniumsulfaat; 4 X resp. 8 X = gegeven in 4, resp. 8 keer.

Een antwoord op de vraag of de ammoniumsulfaatbemesting beter in 4 of in 8 keer gegeven wordt (vergelijk Serie III en IV, Serie VI en VII en Serie IX en X) is moeilijk te geven. De gemiddelde uitkomst van alle series per pot berekend, is in tabel *a* opgenomen:

Tabel *a*.

Bemesting. (Düngung).	De gemiddelde oogst per pot bedraagt in grammen. (Die Durchschnittsernte pro Gefäss beträgt in g).	
	Droge stof. (Trockensubstanz).	Stikstof. (Stickstoff).
Serie III, VI, IX (N in 4 maal) . . .	53,6	0,49
Serie IV, VII, X (N in 8 maal) . . .	52,3	0,52

Veel verschil bestaat er in elk geval niet. In 1910 heb ik de seriën ammoniumsulfaat in 8 keer weggelaten.

Voor de verdere beschouwingen zijn nu eenvoudigheidshalve de resultaten van Serie III en IV, van Serie VI en VII en van Serie IX en X bijeengevoegd; tabel *b* geeft thans een goed overzicht van de proefnemingen:

Tabel *b*.

SERIE.	Stikstof- bemesting. (Stickstoff- düngung). A.S. = $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. A.P. = Ammo- niumpermutiet.	Gemiddeld aantal planten per pot. (Durch- schnitts- anzahl Pflanzen pro Gefäss).	Lengte der halmen in cM. (Länge der Halme in cm).	Totaaloogst per pot aan (Gesamternte pro Gefäss)		Gehalte van de droge stof aan stikstof (N), in procenten. (Prozentu- aler Gehalt der Gesamt- trocken- substanz an Stick- stoff).
				droge stof in gr. (Trocken- substanz in g).	stikstof in mGr. (Stickstoff in mg).	
I	geen N(ohneN)	20,—	27	3,97	17	0,43
III en IV	0,6 gr. N. (A. S.)	19,7	75	51,57	408	0,79
VI en VII	0,8 „ „ „	19,6	70	55,62	525	0,94
IX en X	1,0 „ „ „	19,7	62	51,54	582	1,13
II	0,6 gr. N. (A. P.)	20,—	82	53,63	388	0,72
V	0,8 „ „ „	19,8	75	48,72	431	0,88
VIII	1,0 „ „ „	20,—	69	45,73	490	1,07

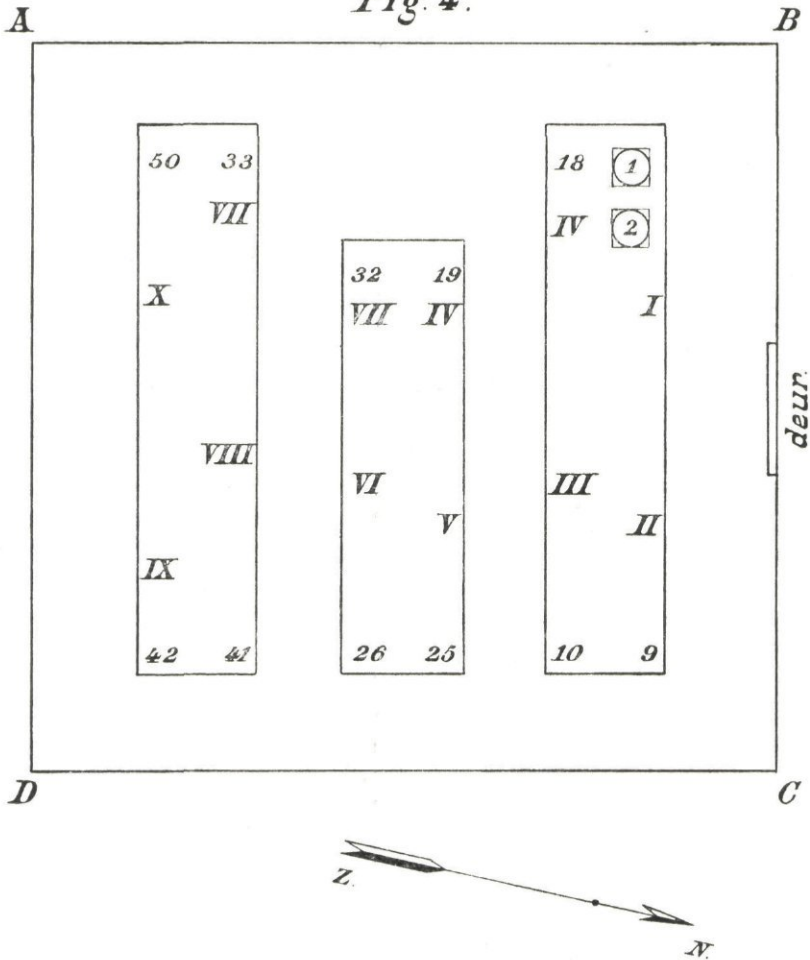
In de eerste plaats valt ons nu op de afname van den oogst aan droge stof van 53,63 gr.—45,73 gr. bij toename van de stikstofbemesting in den vorm van ammoniumpermutiet van 0,6 gr.—1,0 gr. N. Bij de ammoniumsulfaatseries stijgt de opbrengst van 51,57 gram tot 55,62, maar daalt dan weer tot 51,54 gram per pot bij eene bemesting van 1 gr N Deze feiten kunnen niet verklaard worden door de onderstelling, dat de stikstof uitgespoeld zou zijn, want de stikstofoogsten stijgen resp. van 408—525—582 gram bij de ammoniumsulfaatpotten en van 388—431—490 gr. bij de ammoniumpermutietpotten.

Ter verklaring van deze resultaten zij hier gewezen op de uitkomsten van eenige vegetatieproeven van HELRIEGEL ¹⁾. HELRIEGEL vond, dat eene stikstofbemesting (bij gerst) van 0,28 gram *bij beperkte watervoorziening* een normalen oogst van 28,44 gram droge stof gaf, terwijl de dubbele stikstofbemesting nog slechts eene vermeerdering van den oogst met 1,54 gr. ten gevolge had en de driedubbele stikstofbemesting de opbrengst reeds met 4,11 gram deed dalen. Gezien de geringe watercapaciteit van het gebruikte zand, ligt het voor de hand de oorzaak van de daling der oogstopbrengst bij vermeerderde stikstofbemesting in het gebrek aan voldoende water, vooral in de periode van den krachtigsten groei, te zoeken. Bij eene bemesting met ammoniumpermutiet doet zich dat watergebrek dan eerder gevoelen, dan bij zwavelzuren ammoniak. Aangezien bij de vermeerdering van de stikstofbemesting van 0,6 gram N tot 0,8 gram N. in den vorm van zwavelzuren ammoniak de oogst aan droge stof nog van 51,57 gr tot 55,62 gr. stijgt, is de onderstelling gewettigd, dat de hoeveelheid water van 650 gr. per pot voor de bemesting van 0,8 gr. N in den vorm van $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nog niet ver van de optimale hoeveelheid aflight.

Intusschen moet eene tweede omstandigheid, welke het watergebrek vooral bij de seriën met hooge stikstofbemesting grooter gemaakt heeft, niet uit het oog verloren worden. Deze seriën waren meer aan de zuidzijde van het glashuis opgesteld en moeten daar, ten gevolge van de gebrekkige inrichting van dit glashuis, wel meer onder de slechte waterverzorging geleden hebben. Tot goed begrip van de zaak volgt hier het schema (fig. 4) van de opstelling der proefpotten (de romeinsche cijfers hebben betrekking op de Seriën, de arabische op de nummers der potten).

1) Beiträge zur Stickstofffrage, Berlin 1897; geciteerd naar PFEIFFER, Vers. St. 76 blz 190/191.

Fig. 4.



Het glashuis was slechts 4,93 M. lang en 4,76 M. breed; aan de zijden 1,57 M. en in het midden 2,62 M. hoog; van boven was het met dik, ondoorschijnend glas bedekt, aan de zijden met gaas afgesloten, terwijl ten slotte aan de zuid- en zuidwestzijde vensters aangebracht waren ter bescherming tegen de heerschende zuidwesten regenwinden. In den zomer heerschte in deze kleine ruimte eene hooge temperatuur en verbruikten de planten dientengevolge veel water, vooral de planten, welke aan de directe zonnestrallen blootgesteld waren. Hoe dichter de potten derhalve bij AD stonden, in des te ongunstiger omstandigheden verkeerden ze. De resultaten van de in 1910 genomen proeven leveren het ontwijfelbare bewijs voor deze onderstelling. (Zie blz. 33).

Wat de bemesting met ammoniumpermutiet betreft, valt direct in het oog, dat serie VIII ongunstiger ligt dan serie V en deze weer minder gunstig dan serie II. Van de ammoniumsulfaat-potten zijn

vooral de seriën IX en X aan de directe warmtestralen van de zon blootgesteld.

Ook het verschil tusschen de seriën III en IV, VI en VII en IX en X kan uit de opstelling der potten in het glashuis verklaard worden. Seriën III en VI liggen ongunstiger dan II en V, terwijl er tusschen IX en X niet veel onderscheid in dit opzicht is.

De verkregen resultaten — daling van den oogst aan droge stof bij vermeerderde stikstofbemesting — worden derhalve voldoende verklaard door de slechte watervoorziening, welke haar oorzaak vindt in de geringe watercapaciteit van het gebruikte zand en doordat de planten in de verschillende deelen van het glashuis niet onder dezelfde omstandigheden gegroeid zijn.

Ten gevolge van deze laatste omstandigheid, dat derhalve in het glashuis verschillende groeivoorwaarden geheerscht hebben, moet ik er mij wel toe bepalen mijne conclusies te trekken uit het overzicht, verkregen door de gemiddelden van alle ammoniumsulfaat-potten en van alle ammoniumpermutiet-potten te berekenen. In tabel c zijn deze gemiddelden opgenomen:

Tabel c.

Bemesting. (Düngung).	De gemiddelde oogst per pot bedraagt in grammen. (Die Durchschnittsernte pro Gefäss beträgt in g).		Gehalte van de droge stof aan stikstof (N). (Prozentualer Stickstoffgehalt der Trocken- substanz).
	Droge stof. (Trocken- substanz).	Stikstof. (Stickstoff).	
Zonder stikstof (Ohne Stickstoff).	4,0	17	0,43
Seriën III, IV, VI, VII, IX en X, Ammoniumsulfaat (gem. 0,8 gr. N per pot).	52,9	505	0,95
Seriën II, V, VIII permutiet . . (gem. 0,8 gr. N per pot).	49,4	436	0,88

CONCLUSIE. In het jaar 1909 heeft de bemesting met ammoniumsulfaat iets meer droge stof opgebracht dan de ammoniumpermutietbemesting (ongeveer 7 pct. meer).

Aan stikstof is bij de ammoniumsulfaatserie gemiddeld per pot 488 mgr. stikstof (N) geoogst boven onbemest; van de gegeven stikstofbemesting (gemiddeld 800 mgr. per pot) is derhalve $\frac{100}{80} \times 488 = 61$ pct. door de planten opgenomen ¹⁾. Bij de ammonium-

¹⁾ Dit cijfer van 61 pCt. is dus de „prozentuale Ausnutzung des Stickstoffs“. Ik heb gemeend dit te kunnen vertalen met het nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten; (zie verder blz. 36—38).

permutietserie is gemiddeld per pot 419 mgr. N geoogst boven onbemest; dat is 53 pct. van de gegeven bemesting (eveneens gemiddeld 800 mgr. per pot) Van de stikstof van den zwavelzuren ammoniak is derhalve in het jaar 1909 een iets beter gebruik gemaakt dan van de permutietstikstof; de verhouding is $\frac{53}{61} = 0,87$

Stikstofbalans.

Tot mijne spijt ben ik niet in staat de volledige stikstofbalans van de geheele proef op te maken. Alleen van het zand van de eerste 25 potten (Serie I tot en met V) is het gehalte aan stikstof na afloop der proef bepaald. Ten einde eene juiste stikstofbalans te verkrijgen ware het noodig geweest na afloop der proef het stikstofgehalte van het zand van elken pot nauwkeurig te bepalen. Hoeveel stikstofbepalingen per pot daarvoor vereischt worden, is niet bekend, maar dat dit aantal vrij groot is en dat men in geen geval met een paar bepalingen kan volstaan, zonder gevaar te loopen grove fouten te maken, wordt door PFEIFFER naar aanleiding van zijne onderzoekingen beweerd. Wij bezitten, zegt PFEIFFER (Breslauer Mitteilungen, Band IV, blz. 328 en 329) „keine genaue Anhaltspunkte für die Fehlergrösse der Stikstoffbestimmungen in Boden und eben darum nicht, weil die Entnahme der grösseren Durchschnittsprobe aus dem Inhalte eines Versuchsgefässes mit einem Fehler behaftet ist, der nur durch Entnahme mehrerer Proben festgestellt bezw. ausgeglichen werden kann. Das uns aus diesjährigen Versuchsreihen bislang zur Verfügung stehende Material beweist mit voller Schärfe, dass diese neue Fehlerquelle schon bei der ersten Probenahme oft stärker ins Gewicht fällt, als die Abweichungen von 10 Parallel-Stickstoffanalysen wie viel mehr muss dies der Fall sein, wenn nach Beëndigung der Versuche zur Probenahme aus den mit Wurzelfasern durchsetzten Sande geschritten wird”

Ruw geschat hadden per pot drie monsters zand getrokken moeten worden en in elk zandmonster 10 bepalingen verricht moeten worden, een arbeid, neerkomende op 1500 stikstofbepalingen, waarvoor de tijd absoluut ontbrak. Ik volsta hier met mede te deelen, dat gevonden is gemiddeld per pot van serie I (No. 1—5) 0,0032 pct. N; van serie II (No. 6—10) 0,0052 pct. N; van seriën III en IV (No. 11—20) 0,0043 pct. N; en van serie V (No. 21—25) 0,0048 pct. N. Ik voeg hier echter uitdrukkelijk aan toe, dat uit elken pot slechts één monster genomen is en in elk monster slechts één stikstofbepaling verricht is. De opgegeven procentische gehalten zijn derhalve het gemiddelde telkens van 5 bepalingen.

In tabel *d* is nu de stikstofbalans opgemaakt voor de eerste 5 seriën; alle getallen stellen milligrammen stikstof (N) voor:

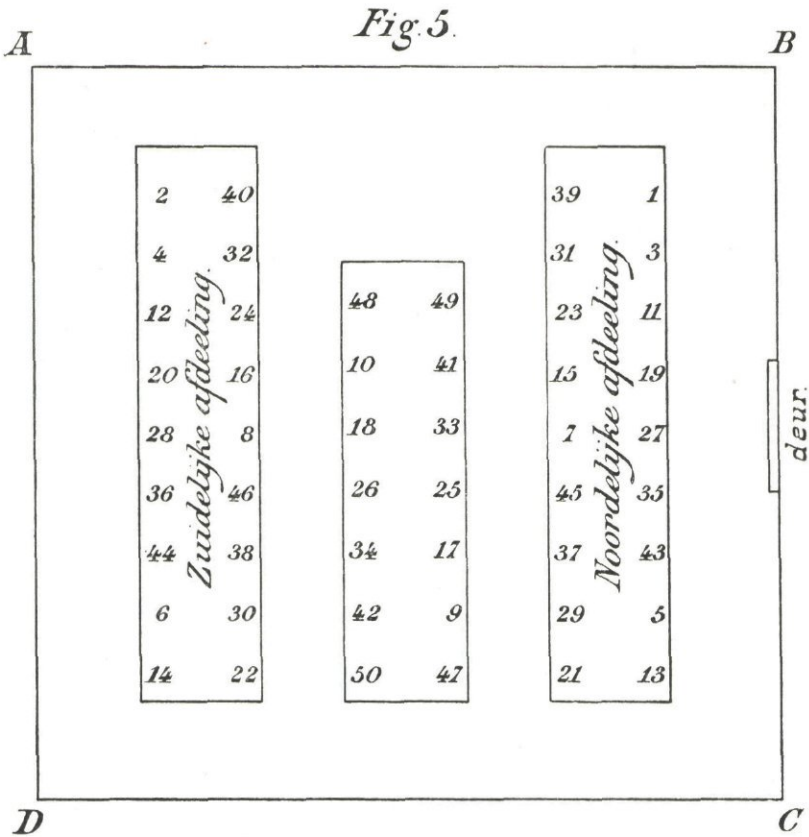
Tabel *d*.

SERIE.	Meerdere stikstofbesteding in mgr. N boven onbested. (In der Düngung mgr. N mehr verabreicht als in Serie I).	Aan het einde der proef milligrammen N per pot. (Am Schluss der Versuche Milligramme N) pro Gefäss.			Verschil met serie I in mgr. N. (Differenz mit Serie I in mgr N).
		in het zand. (im Boden).	in den oogst. (in der Ernte.)	som van deze twee. (Summe Boden und Ernte).	
I	—	352	17	369	—
II	600	572	388	960	591
III en IV	600	473	408	881	512
V	800	528	431	959	590

De 600 mgr. per pot bij Serie II gegeven, worden nagenoeg geheel teruggevonden (591 mgr.; zie laatste kolom); van de 600 en de 800 mgr., welke bij de volgende serie gegeven is, kan slechts 512 en 590 mgr. verantwoord worden. Ik volsta met de mededeeling van deze gegevens en wensch mij uit den aard der zaak van het trekken van verdere conclusies te onthouden.

Proeven in het jaar 1910.

De proeven, welke in het jaar 1910 genomen werden, onderscheidden zich in hoofdzaak van die van 1909, doordat per pot in plaats van 20, slechts 15 korrels uitgeplant zijn en eene zandsort met hooger watercapaciteit (12,2 pct. in plaats van 9,8 pct. in 1909) gebruikt is. Per pot met 11 K.G. zand werd thans $0,6 \times 110 \times 12,2$ gr. = 805 gr. water toegevoegd, in plaats van 647 gr. in 1909. Verder werd iets meer P_2O_5 , K_2O en MgO en ook iets meer stikstof gegeven en vielen de seriën ammoniumsulfat in 8 keer weg. Ten slotte werden de verschillende potten van eene zelfde serie, in dit jaar niet minder dan 8, zoo gelijkmatig mogelijk over het glashuis verdeeld, ten einde het verschil in groeivoorwaarden zooveel mogelijk op te heffen (zie fig. 5).



Elke pot ontving de volgende bemesting :

- 5 gr calciumcarbonaat;
- 1,1 „ magnesiumchloride;
- 3,0 „ monocalciumphosphaat;
- 3,0 „ kaliumsulfaat;
- 10,0 „ tuinaarde (met ongeveer 35 mgr. N).

Voor de samenstelling van deze meststoffen zij verwezen naar blz. 21.

De potten 1 en 2 ontvingen geen stikstofbemesting; verder werden toegediend bij:

- | | | |
|-------------------------------|---|---|
| Serie II (No. 3—10) 0,8 gr. N | } | in den vorm van ammoniumsulfaat en wel opgelost in 4 malen. |
| „ III (No. 11—18) 1,0 gr. N | | |
| „ IV (No. 19—26) 1,2 gr. N | | |
| „ V (No. 27—34) 0,8 gr. N | | |
| „ VI (No. 35—42) 1,0 gr. N | } | in den vorm van ammoniumpermutiet met 5,22 pct. N. |
| „ VII (No. 43—50) 1,2 gr. N | | |

De vulling der potten en de waterverzorging vond plaats als in 1909.

Aanteekeningen tijdens de proef:

- 13 April. 29 haverkorrels uitgeplant.
 17 April. De haver komt, hoewel vrij ongelijkmatig, op.
 20 April. De seriën II, III en IV (potten 3—23) ontvangen de eerste bemesting met ammoniumsulfaat, derhalve 0,2 gr. — 0,25 gr. — en 0,3 gr. N per pot in oplossing; de overige potten worden met dezelfde hoeveelheid gedestilleerd water begoten.
 27 April. Het aantal planten wordt op 15 gebracht. In 15 haverkorrels is aanwezig 8 mgr. N.
 4 Mei, 18 Mei en 1 Juni, tweede, derde en vierde bemesting met ammoniumsulfaat als boven.

Einde Juli zijn eenige potten gefotografeerd (zie fig. 6).

Begin Augustus werd geoogst op dezelfde wijze als in 1909. De resultaten zijn in de tabellen 6—10 opgenomen; tabellen 6, 7, 8 en 9 zijn achter den text opgenomen; tabel 10 is hieronder afgedrukt.

Tabel 10.

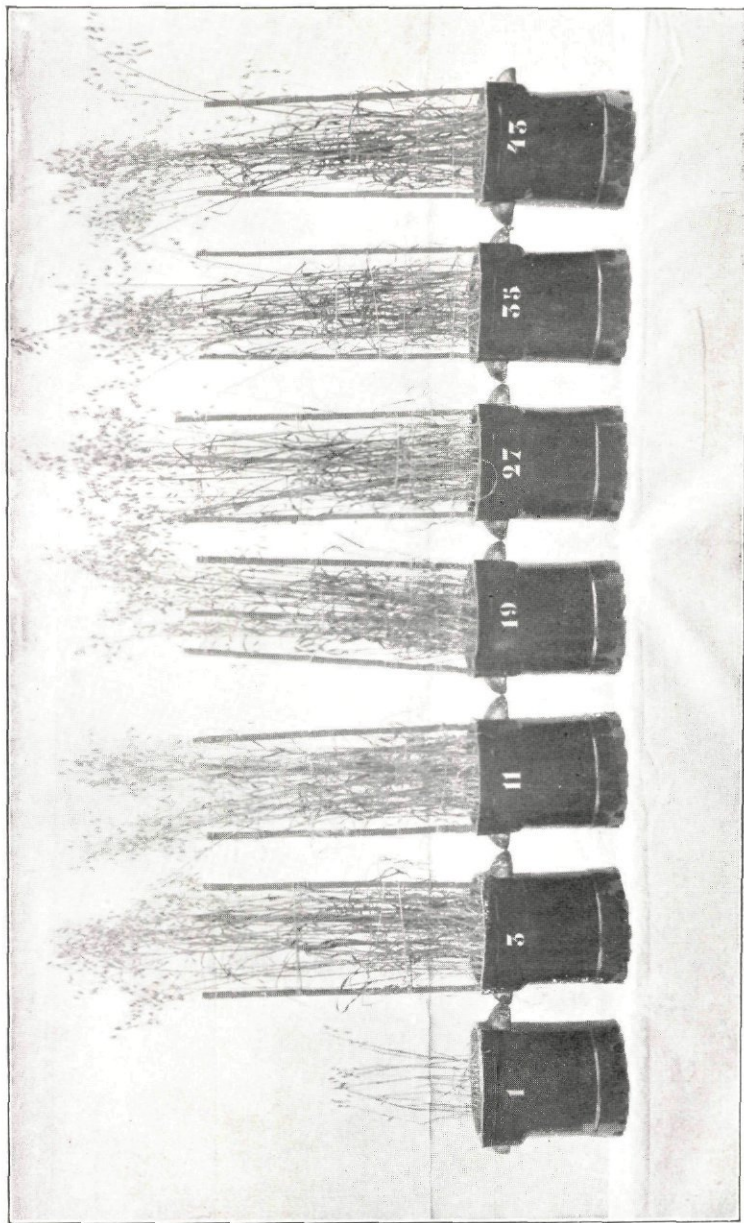
Oogst 1910.

(Ernte 1910).

Serie (N ^o der potten). Serie (N ^o der Gefasse).	Stikstofbemesting. (Stickstoffdüngung)	Gemiddelde opbrengst per pot: (Durchschnittsernte pro Gefass).								Percentage stikstof (N) in droge stof.			
		aan droge stof in grammen. (an Trockensubstanz in g).				aan stikstof (N) in milligrammen. (an Stickstoff (N) in mg).				[Prozentualer Gehalt der Trockensubstanz an Stickstoff (N)]			
		wortels (Wurzeln).	stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	korrels. (Körner).	geheele plant. (Gesamternte).	wortels. (Wurzeln).	stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	korrels. (Körner).	geheele plant. (Gesamternte).	wortels. (Wurzeln).	stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	korrels. (Körner).	geheele plant. (Gesamternte).
I (1—2)	geen. (ohne)	1,21	2,19	1,25	4,65 ±0,09	8	8	15	31 ±0,76	0,66	0,37	1,20	0,67
II (3—10)	0,8 Gr. N A. S.	7,38	28,88	19,72	55,98 ±0,61	72	158	406	636 ±1,80	0,98	0,55	2,05	1,14
III (11—18)	1,0 Gr. N A. S.	6,90	27,74	19,91	54,55 ±0,81	81	182	468	731 ±4,52	1,17	0,66	2,35	1,34
IV (19—26)	1,2 Gr. N A. S.	6,58	27,71	19,58	53,87 ±0,53	91	218	512	821 ±4,65	1,38	0,79	2,61	1,52
V (27—34)	0,8 Gr. N A. P.	6,76	27,02	21,49	55,27 ±0,71	64	123	425	617 ±5,23	0,95	0,47	1,98	1,12
VI (35—42)	1,0 Gr. N A. P.	6,42	28,12	23,16	57,70 ±0,72	71	167	516	754 ±5,23	1,11	0,59	2,23	1,31
VII (43—50)	1,2 Gr. N A. P.	7,09	27,66	25,16	59,91 ±0,48	84	181	599	864 ±7,57	1,18	0,65	2,38	1,44

A. S. = Ammoniumsulfaat; A. P. = Ammoniumpermutiet.

Fig. 6.



Vegetatieproeven 1910, gewas haver. Pot 1 — onbemest; 3, 11, 19 — zwavelzure ammoniak; 27 — 35 — 43 — ammoniumpermutiet.

De overeenstemming tusschen de parallelpotten is zeer goed. De gemiddelde fout voor den oogst per plant aan droge stof en aan stikstof is in tabel 10 opgenomen; ze bedraagt, in procenten van den oogst uitgedrukt, in maximum slechts 1,49 (droge stof, serie III); voor de stikstofoogsten blijft ze zelfs, met uitzondering van serie I, onder de 1 pct.

Duidelijk treedt thans, nu de verschillende parallelpotten van eene zelfde serie regelmatig over het geheele glashuis verdeeld zijn, het verschil tusschen de onderscheidene deelen van het glashuis aan het licht, vooral wanneer de opbrengsten aan droge stof (tabel 8) van de noordelijke en zuidelijke helft met elkander vergeleken worden.

Noordelijke helft:

Serie II.

No. 3	57,6 gr.
„ 5	55,0 „
„ 7	58,5 „
	<hr/>
	171,1 gr.

Serie III

No. 11	57,7 gr.
„ 13	59,9 „
„ 15	51,3 „
	<hr/>
	168,9 gr.

Serie IV

No. 19	52,1 gr.
„ 21	55,8 „
„ 23	52,9 „
	<hr/>
	160,8 gr.

Serie V

No. 27	57,2 gr.
„ 29	56,9 „
„ 31	58,6 „
	<hr/>
	172,7 gr.

Serie VI

No. 35	56,8 gr.
„ 37	57,3 „
„ 39	59,0 „
	<hr/>
	173,1 gr.

Serie VII

No. 43	59,6 gr.
„ 45	60,2 „
	<hr/>
	119,8 gr.

Zuidelijke helft:

Serie II

No. 4	52,6 gr.
„ 6	53,3 „
„ 8	55,5 „
	<hr/>
	161,4 gr.

Serie III

No. 12	53,0 gr.
„ 14	53,4 „
„ 16	52,8 „
	<hr/>
	159,2 gr.

Serie IV

No. 20	53,1 gr.
„ 22	52,6 „
„ 24	52,0 „
	<hr/>
	157,7 gr.

Serie V

No. 28	51,0 gr.
„ 30	55,1 „
„ 32	53,4 „
	<hr/>
	159,5 gr.

Serie VI

No. 36	52,6 gr.
„ 38	56,1 „
„ 40	56,7 „
	<hr/>
	165,4 gr.

Serie VII

No. 44	59,3 gr.
„ 46	56,6 „
	<hr/>
	115,9 gr.

Zooals blijkt, is de opbrengst van de potten van de zuidelijke afdeeling van een serie altijd lager dan die van dezelfde serie in de noordelijke afdeeling. Aangezien echter elke serie niet minder dan 8 potten bevatte, welke gelijkmatig over het geheele glashuis verdeeld waren, kunnen uit de gemiddelde resultaten van tabel 10 met vrij groote zekerheid conclusies getrokken worden.

Ter vergemakkelijking van het overzicht is uit tabel 10 de volgende tabel *e* samengesteld :

Tabel e.

SERIE.	Stikstof- bemesting. (Stickstoff- dungung). A.S. = (NH ₄) ₂ SO ₄ A.P. = Ammo- niumpermutiet	Gemiddeld aantal planten per pot. (Durch- schnitts- anzahl Pflanzen pro Gefäss).	Lengte der halmen in cM. (Länge der Halme in cm).	Totaalooft per pot aan (Gesamternte pro Gefäss)		Gehalte van de droge stof aan stikstof (N), in procenten. (Prozentu- aler Gehalt der Gesamt- trocken- substanz an Stick- stoff).
				droge stof in gr. (Trocken- substanz in g).	stikstof in mGr. (Stickstoff in mg).	
I	zonder N(ohne N)	15,—	27	4,65	31	0,67
II	0,8 gr. N. (A.S.)	14,6	69	55,98	636	1,14
III	1,0 „ „ „	14,8	66	54,55	731	1,34
IV	1,2 „ „ „	14,6	63	53,87	821	1,52
V	0,8 gr. N. (A.P.)	14,8	67	55,27	617	1,12
VI	1,0 „ „ „	13,4	65	57,70	754	1,31
VII	1,2 „ „ „	13,4	64	59,91	864	1,44

Terwijl in het jaar 1909 per pot van 20 haverplanten als gemiddelde van alle met stikstof bemeste potten 51,7 gram droge stof geoogst werd, bedroeg dit cijfer in 1910 per pot van 15 planten 56,2 gram Deze meerdere oogst aan droge stof moet misschien voor een deel verklaard worden door de hoogere bemesting, maar wordt naar mijne meening voornamelijk veroorzaakt door de grootere hoeveelheid water, waarover in 1910 per pot beschikt kon worden.

De oogst aan droge stof bij eene bemesting met 0,8 gr. N is bij de seriën II en V nagenoeg gelijk, nl. 55,98 gr. en 55,27 gr. en stemt overeen met den gemiddelden oogst van 55,62 gr. in het jaar 1909 van de seriën VI en VII, dat zijn de seriën, welke 0,8 gr. N ontvingen in den vorm van zwavelzuren ammoniak. Het feit, dat eene bemesting van 0,8 gram N in den vorm van zwavelzuren ammoniak in 1909 en 1910 evenveel droge stof opbrengt, is een steun voor de op

blz. 26 geopperde onderstelling, dat de haver in 1909 voor eene bemesting van 0,8 gr. N in den vorm van $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nog over eene hoeveelheid water beschikken kon, welke niet ver van de optimale hoeveelheid aflight. Eene stikstofbemesting van 1 gram N als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kon echter in de gegeven omstandigheden in 1909 met 650 gram water niet meer toe — de opbrengst daalde.

Bij verhooging van de stikstofbemesting stijgt de opbrengst bij de ammoniumpermutiet-potten van 55,27 gram op 57,70 gram droge stof bij 1,0 gram en 59,91 gram droge stof bij 1,2 gram stikstofbemesting; doch daalt bij de ammoniumsulfaatpotten tot 54,55 gram droge stof bij 1,0 gram en 53,87 gram droge stof bij 1,2 gram stikstofbemesting.

Deze afname wordt veroorzaakt in hoofdzaak door een minderen oogst aan wortels en stroo en kaf; de opbrengst aan korrels is bij de seriën II, III en IV nagenoeg gelijk (zie tabel 10). Waaraan deze daling valt toe te schrijven, is mij niet duidelijk. Er moet de een of andere vegetatiefactor naast de stikstof mede in het minimum gekomen zijn, zoodat de gegeven stikstofbemesting niet hare optimale werking kon doen gelden — en zelfs is de invloed van dezen tweeden factor zoo sterk geweest, dat de oogst aan droge stof iets daalde. Welke deze tweede factor geweest is, is mij onbekend. Het komt mij voor, dat het niet de vegetatiefactor water kan zijn, omdat bij de ammoniumpermutiet-potten de opbrengst aan droge stof stijgt en een gebrek aan water zich in 1909 bij de ammoniumpermutietbemesting eerder deed gevoelen dan bij de bemesting met zwavelzuren ammoniak. Ik vestig er hier nog de aandacht op, dat de stikstof-oogst bij vermeerderde ammoniumsulfaatbemesting regelmatig stijgt van 636 op 731 tot 821 mgr. N (seriën II, III en IV), evenals dit het geval is bij stijgende permutietbemesting.

Een overzicht over het verschil tusschen de bemesting met ammoniumsulfaat en ammoniumpermutiet geeft tabel f.

Tabel f.

Bemesting. (Düngung).	De gemiddelde oogst per pot bedraagt in grammen. (Die Durchschnittsernte pro Gefass beträgt in g).		Gehalte van de droge stof aan stikstof (N). (Prozentualer Stickstoffgehalt der Trocken- substanz).
	Droge stof. (Trocken- substanz).	Stikstof. (Stickstoff).	
Serie I (onbemest)	4,6	0,03	0,65
Serie II, III, IV, Ammonium- sulfaat (No. 3—26) (gem. 1 gr. N per pot).	54,7	0,73	1,33
Serie V, VI, VII, Ammonium- permutiet (No. 27—50) (gem. 1 gr. N per pot).	57,6	0,75	1,30

In 1910 heeft derhalve de bemesting met ammoniumpermutiet meer droge stof opgebracht dan de ammoniumsulfaatbemesting (ongeveer 5 pct. meer), terwijl de ammoniumpermutiet-stikstof eveneens iets beter wordt benut dan de ammoniumsulfaat-stikstof. Van de 1000 mgr. stikstof, gemiddeld per pot gegeven, nemen de planten boven onbemest op bij de seriën II, III en IV gemiddeld 700 mgr. bij de seriën V, VI en VII gemiddeld 720 mgr.; van de gegeven permutiet- en ammoniumsulfaatbemesting wordt derhalve resp. 72 pct. en 70 pct. door de planten opgenomen.

Het zand van de proefpotten is noch voor, noch na den oogst op stikstof onderzocht. Een stikstofbalans kan derhalve niet gegeven worden.

Het nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten.

De stikstof oogsten maken het mogelijk datgene te bepalen, wat men noemt de „prozentuale Ausnutzung der Stickstoffdüngung” en wat ik zou willen vertalen met „het nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten,” kortweg het nuttig effect. Het is van belang dit nuttig effect na te gaan bij stijgende bemesting, bij de beide gebruikte meststoffen en in de beide jaren.

Het nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten heb ik berekend door den stikstof oogst per pot in milligrammen te verminderen met den gemiddelden stikstof oogst van de onbemeste potten, het verschil met 100 te vermenigvuldigen en ten slotte dit product te deelen door de gegeven stikstofbemesting in milligrammen. Deze berekening laat zich voor 1909 uitvoeren aan de hand van tabel *b* (blz. 25) en voor 1910 van tabel *c* (blz. 34) zooals uit het volgende voorbeeld moge blijken. In 1909 is geoogst gemiddeld per pot van serie V 431 mgr. N, dat is 414 mgr. N boven onbemest; de gegeven stikstofbemesting is 800 mgr. N per pot, zoodat het nuttig effect in procenten bedraagt $\frac{100}{800} \times 414 = 52$. De uitkomsten van deze berekeningen zijn in tabel *g* opgenomen:

Tabel *g*.

Nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten. (Prozentuale Ausnutzung des Stickstoffs).			
Bemesting. (Düngung).	1909.	Bemesting. (Düngung).	1910.
0,6 gr. N (A.P.)	62	0,8 gr. N (A.P.)	73
0,8 „ „ „	52	1,0 „ „ „	72
1,0 „ „ „	47	1,2 „ „ „	69
0,6 gr. N (A.S.)	65	0,8 gr. N (A.S.)	76
0,8 „ „ „	63	1,0 „ „ „	70
1,0 „ „ „	56	1,2 „ „ „	66

Het nuttig effect is in het jaar 1910 veel grooter geweest dan in 1909. Nauwkeurig berekend, werd in 1909 over 45 potten per pot gemiddeld 800 mgr. N gegeven en 482 mgr. N geoogst; in het jaar 1910 werd per pot gemiddeld 1000 mgr. N gegeven en 737 mgr. N geoogst. Na aftrek van den stikstof oogst der onbemeste potten (resp. 17 mgr. en 31 mgr.) is het nuttig effect in het jaar 1909 afgerond 58 pct. tegen 71 pct. in 1910. Deze cijfers kunnen ook uit tabel *g* berekend worden.

Het nuttig effect van het jaar 1910 (minimum 66 pct., maximum 76 pct., gemiddeld 71 pct.) is voor alle seriën normaal. Het lage nuttig effect in het jaar 1909 is een bewijs te meer voor de reeds meermalen uitgesproken onderstelling, dat de haverplanten in 1909 niet over voldoende water beschikken konden. Niet alleen de oogst aan droge stof heeft onder dit tekort aan water geleden; ook de gegeven stikstof-bemesting kon onder deze omstandigheden niet op de meest gunstige, dat is op de optimale wijze verwerkt worden.

Tusschen de beide stikstof-bemestingen is niet veel onderscheid op te merken. In 1910 is het nuttig effect van de ammoniumpermutiet-stikstof iets hooger, in 1909 wint de ammoniumsulfaat-stikstof het.

Verder blijkt uit tabel *g* het nuttig effect der stikstofbemesting in beide jaren en bij beide meststoffen, bij stijgende bemesting niet constant te zijn, doch af te nemen. In zijne vierde mededeeling ¹⁾ komt MITSCHERLICH tot de conclusie (blz. 147): „dass die Ausnutzung „der Phosphorsäure durch die Haferpflanze bei ein und demselben „Düngemittel konstant ist; d. h. dass sie unabhängig ist von der „Menge des verabfolgten Düngemittels, sofern dieses sich in Minimum „befindet und alle übrigen Vegetationsbedingungen konstant sind.”

Aan de voorwaarde, door MITSCHERLICH gesteld, dat geen andere factor mede in het minimum komt, is in 1909 zeer waarschijnlijk niet voldaan, doordat in dat jaar de planten, naar ik meen, gebrek aan water geleden hebben. De resultaten van dit jaar blijven hier derhalve verder buiten beschouwing. Voor zoover ik dit echter kan nagaan, is aan de door MITSCHERLICH gestelde voorwaarde in 1910 wel voldaan en toch neemt ook in dat jaar bij beide meststoffen het nuttig effect bij stijgende stikstofbemesting af. Dit resultaat klopt derhalve niet met dat, wat MITSCHERLICH gevonden heeft.

Ook SIMMERMACHER komt bij zijne proefnemingen ²⁾ tot de conclusie, (zie blz. 464, Tabel X) „dass mit steigender Düngung eine Abnahme „in der Ausnutzung der Phosphorsäure durch die Pflanze eintritt.”

¹⁾ Landw. Jahrbücher, 39 (1909), Seite 147.

²⁾ Einwirkung des kohlensauren Kalkes bei der Düngung von Haferkulturen mit Mono- und Dicalciumphosphat, von W. SIMMERMACHER; Die Landw. Versuchstationen Bnd LXXVII, Seite 441—471.

Hij meent zelfs, „dass seine Versuche den klaren Beweis dafür „erbringen, dass das Gesetz des Minimums in der von E. A. MIT-SCHERLICH zuerst ausgesprochenen quantitativen Formulierung (also „als logarithmische Funktion) nicht nur für die Erträge an Korn, „Stroh und Wurzeln, sowie für die Summen dieser Produkte Gültigkeit „hat, sondern sich auch auf die Nährstoffaufnahme, die Ausnutzung „der Nährstoffe, sowie den Prozentgehalt der Nährstoffe in der „Pflanzentrockensubstanz erstreckt.“ Ik kom op deze laatste gevolgtrekking in de volgende paragraaf terug.

De stikstofgehalten van de haver.

In 1909 was van alle met stikstof bemeste seriën het gemiddelde stikstofgehalte van stroo (+ kaf) en korrel resp. 0,39 pct. en 1,61 pct.; in 1910 resp. 0,62 pct. en 2,27 pct. Het stroo bevat derhalve in vergelijking met de korrels in beide jaren betrekkelijk weinig stikstof, waaruit blijkt, dat de planten in beide jaren de aangeboden stikstof zoo gunstig mogelijk gebruikt hebben.

Tusschen de beide bemestingen bestaat weinig onderscheid in beide jaren. Het gemiddelde gehalte van de plant bedraagt in 1909 bij de ammoniumsulfaatbemesting 0,95 pct. en bij de ammoniumpermutietbemesting 0,88 pct., in 1910 resp. 1,33 pct. en 1,30 pct. (zie tabellen *c* en *f*).

Een groot verschil valt echter in de gehalten der beide jaren waar te nemen, wat m. i. alleen door het groote verschil in de watervoorziening veroorzaakt kan worden. Gemiddeld is het gehalte van de geheele plant van alle met stikstof bemeste potten 0,9 pct. in 1909, tegen 1,3 pct. in 1910. Het is overigens bekend, dat het watergehalte van den bodem een zeer grooten invloed uitoefent op de opbrengst en de samenstelling van den oogst ¹⁾. Ik kom hierop in de volgende paragraaf terug.

Zonder eene enkele uitzondering stijgen de stikstofgehalten van de droge stof bij vermeerdering van de stikstofbemesting, zoowel in 1909 als in 1910 en zoowel bij ammoniumpermutiet- als bij ammoniumsulfaatbemesting. Ook SIMMERMACHER constateert dit feit in zijne reeds vermelde publicatie (zie blz. 37). Hij meent zelfs, zooals reeds werd opgemerkt, dat deze stijging een logaritmisch verloop moet hebben. Uit verschillende onderzoeken ²⁾

1) Zie bijv. mijne „Studie über Delitabak“, Journal für Landwirtschaft, 1905, blz. 163—165. Ook PFEIFFER, BLANCK en FLÜGEL; die land. Versuchsstationen, 76, 235.

2) Zie bijv. „Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme der Haferpflanze bei verschiedenem Wassergehalte des Bodens und bei verschiedener Düngung“, door Dr. L. LANGER; medegedeeld door Prof. Dr. B. TOLLENS; Journal für Landwirtschaft, 1901, blz. 209. Verder „Eine Studie über Delitabak“, door Dr. D. J. HISSINK, Journal für Landwirtschaft, 1905, blz. 163. Tenslotte „Wasser und Licht als Vegetationsfaktoren und ihre Beziehungen zum Gesetze vom Minimum“, door TH. PFEIFFER, E. BLANCK en M. FLÜGEL, die landw. Versuchsstationen, 76 (1912) 169—236; vooral het zeer belangrijke tweede hoofdstuk (en de daarin op blz. 195—196 medegedeelde proeven van WAGNER).

blijkt echter, dat de gehalten bij toenemende bemesting soms kunnen afnemen. Dit kan ons trouwens niet verwonderen, omdat de gehalten afhangen van den oogst aan droge stof en aan de betrokken voedingsstof, in dit geval de stikstof. Wanneer derhalve deze beide laatste grootheden met toenemende bemesting grooter worden, dan nemen daarom de gehalten nog niet toe. Ze kunnen zoowel grooter als kleiner worden, of nagenoeg gelijk blijven; en wanneer ze grooter worden, dan behoeft de stijging van het gehalte volstrekt niet op dezelfde wijze te verlopen als de stijging bijv. van den oogst aan droge stof.

In hoeverre de onderstelling van MITSCHERLICH, dat de wet van het minimum onder den vorm van eene logarithmische functie kan worden weergegeven ¹⁾, juist is, moge hier verder buiten beschouwing blijven; voor daarover een oordeel uitgesproken kan worden, zal men over de resultaten van meerdere proefnemingen moeten kunnen beschikken dan thans het geval is. Maar wel kan er reeds hier de aandacht op gevestigd worden, dat de onderstelling van SIMMERMACHER, als zouden ook de gehalten aan de zich in het minimum bevindende voedingsstof logarithmisch met toenemende bemesting van deze voedingsstof stijgen, onjuist is.

Het water als vegetatiefactor.

Het is de groote beteekenis, welke het watergehalte van den bouwgrond voor de grootte en voor de samenstelling van den oogst bezit, welke mij aanleiding geeft de resultaten in de jaren 1909 en 1910 nogmaals kort met elkander te vergelijken. Er heeft toch tusschen de watervoorziening van de haverplanten in beide jaren een groot verschil geheerscht als gevolg van het verschil in watercapaciteit van de beide soorten zand.

Om de reden, welke reeds op blz. 28 uitvoerig uiteengezet is, (zie aldaar de cursieve zinsnede) moet ik mij er toe bepalen den totalen oogst van beide jaren, waarbij alleen de onbemeste potten worden weggelaten, met elkander te vergelijken ²⁾. We krijgen dan het volgende beeld:

¹⁾ In 1909 is door MITSCHERLICH deze stelling verkondigd, welke sinds dien vele pennen in beweging gebracht heeft. Een goed overzicht van den stand van dit vraagstuk geven de drie volgende artikelen, alle voorkomende in Heft I en II van Band LXXVIII van de Landw. Versuchsstationen (blz. 115—132): Das Gesetz des Minimums eine logarithmische Funktion? van ADOLF MAYER; Entgegnung auf vorstehende Abhandlung von E. A. MITSCHERLICH; Bemerkungen zu dem Aufsätze von ADOLF MAYER, von TH. PFEIFFER.

²⁾ Bij deze vergelijking moet natuurlijk bedacht worden, dat de proeven 1909 en 1910 niet alleen in watervoorziening, doch ook in stikstofbemesting verschilden. Intusschen doet dit laatste feit aan de op blz. 41 getrokken conclusies weinig af.

Tabel h.

	1909	1910
Watervoorziening (Wassergabe)	matig (mässig)	voldoende (genügend)
Watercapaciteit van het zand (Wasserkapazität des Sandes)	9,8	12,2
Grammen water per pot (Gr. Wasser pro Gefäss)	647	805
Aantal planten, geoogst per pot (Anzahl geerntete Pflanze pro Gefäss)	19,9	14,3
Gemiddelde stikstofbemesting per pot (Mittlere Stickstoffdüngung pro Gefäss)	0,8 gr. N	1,0 gr. N
Oogst aan droge stof in grammen. (Geerntete Trocken-substantz in g).		
wortels (Wurzeln)	8,53	6,86
stroo + kaf (Stroh + Spreu)	22,99	27,85
korrels (Körner)	20,20	21,50
totaal (Gesamternte)	51,72	56,21
Oogst aan stikstof in milligrammen. (Stickstoff-ernte in Milligrammen)		
wortels (Wurzeln)	69	77
stroo + kaf (Stroh + Spreu)	88	172
korrels (Körner)	325	488
totaal (Gesamternte)	482	737
Stikstofgehalten van de droge stof in procenten. (Stickstoff-gehalte).		
wortels (Wurzeln)	0,81	1,12
stroo + kaf (Stroh + Spreu)	0,38	0,62
korrels (Körner)	1,61	2,27
totaal (Gesamternte)	0,93	1,31
De oogst bevat in procenten aan (Prozentgehalt der Gesamternte)		
wortels (Wurzeln)	16,5	12,2
stroo + kaf (Stroh + Spreu)	44,5	49,5
korrels (Körner)	39,0	38,3
totaal (Gesamternte)	100,0	100,0
Verhouding van oogst aan korrels = 100 : oogst aan stroo + kaf (Verhältnis von Korn = 100 zu Stroh + Spreu).	114	130
Nuttig effect van de stikstofbemesting in procenten (Prozentuale Ausnutzung der Stickstoffdüngung).	58	71

In de eerste plaats treedt nu de gunstige invloed van eene beperkte watervoorziening op de ontwikkeling van het wortelstelsel duidelijk aan het licht. De planten hebben blijkbaar beproefd in hare behoefte aan het noodige water zoo goed mogelijk te voorzien, wat tot krachtige ontwikkeling van het wortelstelsel geleid heeft. Het wortelstelsel heeft zich vooral ten koste van „stroo en kaf” ontwikkeld.

Wat de invloed van het water op het gehalte van den oogst aan korrels betreft, hierover loopen de meeningen uiteen. SEELHORST en FRECKMANN komen op grond van hunne onderzoekingen tot de conclusie, dat haver relatief veel korrels voortbrengt bij een hoogen vochtigheidstoestand van den bodem, terwijl daarentegen ADOLF MAYER voor gramineeën den algemeenen regel geeft: „je weniger Feuchtigkeit, desto grösser der relative Körnerertrag” ¹⁾. Ik vind voor den relatieven korreloogst in beide jaren nagenoeg hetzelfde bedrag (39,0 en 38,3 pct.).

Er bestaat een groot verschil tusschen de verhouding korrels: stroo + kaf; 1909 geeft het cijfer 114, 1910 het cijfer 130. Bij betere watervoorziening wordt derhalve dit getal grooter, eene uitkomst, die klopt met de resultaten van VON SEELHORST en WILMS ²⁾.

Zooals reeds werd opgemerkt is het nuttig effect van de voedingsstof, welke zich in het minimum bevindt, dat is in dit geval de stikstof, bij betere watervoorziening grooter (58 pct. in 1909 tegen 71 pct. in 1910), terwijl de gehalten aan deze voedingsstof in den oogst stijgen (in 1909 resp. 0,81 pct. wortels, 0,38 pct. stroo + kaf 1,61 pct. korrels, 0,93 pct. geheele plant; in 1910 resp. 1,12 pct. — 0,62 pct. — 2,27 pct. — 1,31 pct.).

Ook deze proeven leveren derhalve wederom het bewijs, dat de factor water een beslissenden invloed op den geheelen groei en ten gevolge daarvan op de grootte en op de samenstelling van den oogst uitoefent. Bovendien leeren deze proeven, dat het, alvorens tot de eigenlijke bemestingsproef over te gaan, noodig is door middel van afzonderlijke proefnemingen de beste wijze van watervoorziening van de planten onder de heerschende omstandigheden ³⁾ vast te

¹⁾ Zie de literatuur bij PFEIFFER, Versuchsstationen, 76, 225.

²⁾ Journal für Landwirtschaft, Bd. 46 (1898), blz. 413.

³⁾ Hiermede wordt vooral de factor bodem bedoeld. Wanneer door afzonderlijke proeven de beste watervoorziening van eene bepaalde zandsort vooraf is vastgesteld, moet er vooral voor gezorgd worden, dat bij de nu volgende bemestingsproeven dezelfde zandsort gebruikt wordt. Dat men inderdaad met verschillende soorten zand zeer verschillende resultaten verkrijgen kan, is bekend; ook mijne onderzoekingen bewijzen het. Ik verwijs hier verder naar de publicatie van PFEIFFER (Versuchsstationen, Bnd. 76, blz. 192). Ik begrijp alleen niet hoe PFEIFFER beweren kan, dat de planten bij zijne proeven, derhalve ook die, welke eene „überschüssige Wassergabe” gekregen hebben, onder gebrek aan water geleden hebben. Meer water dan 100 pCt. van de watercapaciteit verdragen de planten eenvoudig niet, wat uit den groei viel op te merken (bei höherer Wassergaben beginnen die Pflanzen zu kümmern, schrijft PFEIFFER). Wanneer andere

stellen. Tot nu toe werd algemeen aangenomen, dat de planten eenen maximaal oogst geven bij eene watervoorziening, overeenkomende met 60 pct. van de watercapaciteit van het gebruikte zand. Uit de onderzoekingen van PFEIFFER blijkt echter duidelijk, dat dit niet steeds het geval is en dat in sommige gevallen 100 pct. van de watercapaciteit grootere oogsten oplevert. Ook MITSCHERLICH komt in zijne dertiende mededeeling ¹⁾ tot hetzelfde resultaat.

De watervoorziening van de planten moet zoo goed mogelijk geschieden; ook deze factor dient bij vegetatieproeven gedurende, den ganschen groei in het optimum te blijven. Ik vraag me nu af of deze voorwaarde wel verwezenlijkt wordt door gedurende de geheele vegetatie steeds dezelfde hoeveelheid water per pot toe te dienen. Men vergroot de hoeveelheid water soms iets in de periode van den krachtigsten groei, doch het ware mogelijk, dat ook een minder groote watergift in de eerste 4 à 6 weken van den groei aanbeveling verdient, omdat ze tot beter ontwikkeling van het wortelsysteem en dientengevolge tot verhoogde opbrengst leiden kan. Bij het nemen van bemestingsproeven in potten dienen m. i. deze vragen vooraf zoo goed mogelijk beantwoord te worden. Bij gebrek aan een geschikt glashuis en aan den noodigen tijd, ben ik zelf niet in staat proeven in deze richting te nemen.

Mijne proeven geven nog aanleiding tot de volgende opmerking. Het zal in vele gevallen, vooral bij het gebruik van zand met eene geringe watercapaciteit, noodig zijn de potten met betrekkelijk groote hoeveelheden water te begieten; tijdens den krachtigsten groei moet het verdampte water 2, soms zelfs 3 keer per dag worden aangevuld. Onder deze omstandigheden bestaat er bij bemestingsproeven met stikstof groot gevaar voor het verlies van gemakkelijk oplosbare stikstofverbindingen, als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaNO_3 , NH_4NO_3 , vooral bij het gebruik van zand met een zeer klein absorptievermogen. Ter vermijding van deze stikstofverliezen kan men de stikstofbemesting over eenige keeren verdeeld geven. Het verdient misschien aanbeveling in dit geval in de plaats van gemakkelijk oplosbare stikstofverbindingen ammoniumpermutiet te gebruiken. Zooals uit mijne onderzoekingen volgt, is de stikstof van het ammoniumpermutiet even goed opneembaar voor de planten als die van $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, vooral wanneer de potten met veel water begoten worden, terwijl voor het uitwassen van de ammoniumpermutiet-stikstof geen gevaar bestaat.

onderzoekers andere soorten zand gebruiken en ten gevolge daarvan grootere oogsten verkrijgen, dan behoeft daarom bij de proeven van PFEIFFER nog geen watergebrek geheerscht te hebben. De zaak staat m. i. eenvoudig zoo, dat de zandsort, welke PFEIFFER gebruikt heeft, zelfs bij optimale watervoorziening nu eenmaal niet dien oogst geeft, welke andere zandsorten met grooter absorptievermogen geven kunnen.

¹⁾ Landw. Jahrbücher Bnd. 42 (1910) blz. 705.

CONCLUSIES. *Het voornaamste resultaat van deze proeven is wel dit, dat de permutietstikstof onder normale groeivoorwaarden, of nauwkeuriger uitgedrukt, bij aanwezigheid van eene optimale hoeveelheid water, voor de planten even goed opneembaar is als de ammoniumsulfaatstikstof. Permutiet absorbeert derhalve de ammoniakstikstof niet zoo sterk, dat ze slechts gedeeltelijk in de loopende vegetatieperiode voor de planten toegankelijk is. Alleen in een droog jaar, zooals het jaar 1909 voor de planten in het Wageningsche glashuis geweest is, moet met de bindende kracht van het permutiet voor ammoniakstikstof rekening gehouden worden.*

Het ware zonder twijfel interessant den invloed van verschillende hoeveelheden water op de opneembaarheid van de permutietstikstof na te gaan.

Zooals in Hoofdstuk I aangetoond is, gelden dezelfde wetten voor de oplosbaarheid van de stikstof van ammoniumpermutiet en van met ammoniak verzadigden kleigrond in koolzuurhoudend water; op beide

systemen is de absorptie-isotherm van FREUNDLICH $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ van toepassing. Al mogen de resultaten van vegetatieproeven nu zonder meer ook niet op de praktijk worden aangewend, zoo meen ik toch, dat mijne proeven mij recht geven den landbouwer er op te wijzen, dat in droge jaren met de bindende kracht van den kleigrond voor ammoniakstikstof rekening gehouden moet worden, want het is niet onwaarschijnlijk, dat een kleigrond bij gebrek aan water de ammoniakstof zoo sterk absorbeert dat een gedeelte van deze voedingsstof gedurende de loopende vegetatieperiode niet voor de plantenwortels toegankelijk is.

Ten slotte leveren deze proeven, door vergelijking van de resultaten in de jaren 1909 en 1910 verkregen (zie tabel h, blz. 40), het bewijs, dat de factor water een beslissenden invloed op den geheelen groei en tengevolge daarvan op de grootte en op de samenstelling van den oogst uitoefent. Het zal noodig zijn, alvorens tot de eigenlijke bemestingsproef over te gaan, door middel van afzonderlijke proefnemingen de beste wijze van watervoorziening van de planten onder de heerschende omstandigheden, waarmede vooral de factor bodem bedoeld wordt, vast te stellen.

HOOFDSTUK III.

Beschouwingen over de methode Mitscherlich van het meststoffenonderzoek.

MITSCHERLICH heeft de meening uitgesproken, dat het onderzoek van de meststoffen op dezelfde wijze dient te geschieden als het bodemonderzoek, m. a. w. dat de oplosbaarheid van de waardegevende bestanddeelen van de meststoffen ook bepaald moet worden [in met koolzuur verzadigd water. In 1907 publiceerde KUNZE ¹⁾ eene eerste bijdrage tot de kennis van deze methode van het meststoffenonder-

¹⁾ Beiträge zur Wertbestimmung der Phosphorsäure der Thomasmehle, Inaugural Dissertation von RICHARD KUNZE, 1907.

zoek, waarna MITSCHERLICH zelf in 1910 in zijne zesde mededeeling ¹⁾ zijne opvattingen nader uiteenzette.

Intusschen waren na mijn bezoek aan het laboratorium van MITSCHERLICH in 1908 ²⁾ reeds in 1909 verschillende phosphorzuurhoudende meststoffen aan het Rijkslandbouwproefstation te Wageningen volgens de methode MITSCHERLICH onderzocht ³⁾, waarbij bepaald werd de oplosbaarheid van het phosphorzuur in met koolzuur verzadigd water, bij 30° C. gedurende 24 uur en bij verschillende verdunningen. Ik heb de resultaten dezer onderzoekingen niet gepubliceerd, hoofdzakelijk daarom niet, omdat men weinig aan deze cijfers heeft, zoolang niet is uitgemaakt, met welke hoeveelheid koolzuurhoudend water (bij 30° C. en gedurende 24 uur) de meststoffen behandeld moeten worden. Wil de methode van het meststoffenonderzoek toch van algemeene geldigheid zijn, dan is het noodig alle meststoffen met dezelfde hoeveelheid water uit te trekken. En aangenomen, dat er eene algemeen geldende methode is, is het dus verder de groote vraag, welke deze hoeveelheid water is.

Ook MITSCHERLICH is op deze vraag gestuit en in zijne zesde mededeeling geeft hij aan, op welke wijze hij deze vraag door middel van vegetatietieproeven denkt op te lossen (blz. 326) Uit eenige proefnemingen met haver is het nuttig effect in procenten van het phosphorzuur (P₂O₅) in tweebasisch phosphorzure kalk op 45,7 pct., in driebasisch phosphorzure kalk op 14,9 pct. bepaald. Vervolgens is nagegaag met hoeveel koolzuurhoudend water (bij 30° C. en gedurende 24 uur) deze meststoffen geroerd moeten worden om van tweebasisch phosphorzure kalk (gehalte aan totaal P₂O₅ 43,29 pct.) $\frac{45,7}{100} \times 43,29$ pct. en van driebasisch phosphorzure kalk (gehalte aan totaal P₂O₅ 43,22 pct.) $\frac{14,9}{100} \times 43,22$ pct., d.i. resp. 19,78 pct. P₂O₅ en 6,44 pct. P₂O₅ in oplossing te brengen. Met behulp van de oplosingsformules vindt MITSCHERLICH resp. 542 en 475, zoodat derhalve door behandeling van twee- en driebasisch phosphorzure kalk met de resp. 542- en 475-voudige hoeveelheid water (CO₂-houdend, bij 30° C. gedurende 24 uur) evenveel P₂O₅ wordt opgelost, als de wortels der haverplanten, onder de groeivoorwaarden, welke bij de proeven van MITSCHERLICH heerschten, aan deze twee meststoffen ontnamen.

MITSCHERLICH meent nu, dat de verschillende phosphorzuurhoudende meststoffen onderling vergeleken kunnen worden door behan-

1) Landw. Jahrbücher, 1910, 299—334.

2) Zie verslag eener in den zomer van 1908 gemaakte studiereis naar Duitschland; deze Verslagen No. VI, 1909.

3) Onderzocht werden thomasphosphaatmeel, beendermeel (2 soorten), ontlijmd beendermeel, algiersphosphaat, tricalciumphosphaat. Dit onderzoek werd uitgevoerd door den assistent J. A. G. MAURENBRECHER.

deling met de 500-voudige hoeveelheid water (CO_2 -houdend, bij 30°C . en gedurende 24 uur).

In Hoofdstuk I van deze publicatie is de oplosbaarheid van de permutietstikstof volgens MITSCHERLICH bepaald, terwijl de proeven in Hoofdstuk II het nuttig effect in procenten van de permutietstikstof leeren kennen, wel te verstaan *alleen voor haver en onder de omstandigheden der proefnemingen*.

Wanneer men nu uit deze gegevens berekenen wil, welke hoeveelheid koolzuurhoudend water, bij 30°C . in 24 uur tijds, dezelfde hoeveelheid stikstof uit ammoniumpermutiet oplost als de haverwortels gedurende de geheele vegetatieperiode, dan stoot men direct op deze moeilijkheid, dat het nuttig effect van de permutietstikstof in beide jaren zeer uiteenloopt en bovendien met stijgende stikstofbemesting afneemt (zie tabel *g*, blz. 36).

De proeven van 1909 blijven om redenen, reeds meermalen uiteengezet, buiten beschouwing; door nu verder het gemiddelde van de proeven in 1910 (73—72—69, zie tabel *g*, blz. 36) te nemen, komen we tot een nuttig effect (in procenten) van de permutietstikstof van 71 pct. Het gebruikte ammoniumpermutiet bevatte 5,68 pct. N, zoodat thans verder moet worden nagegaan met hoeveel water ammoniumpermutiet geroerd moet worden om $\frac{71}{100} \times 5,68 = 4,03$ pct. N. in oplossing te doen gaan.

In tabel III, (blz. 8) is de oplosbaarheid van ammoniumpermutiet in koolzuurhoudend water opgenomen. Uitgaande van de formule van MITSCHERLICH, $\log. (A - y) = \log. A - c w^n$, welke voor dit geval wordt $\log. (5,68 - y) = 0,7543 - 0,0303 w^{0,393}$, verkrijgen we voor $y = 4,03$ voor w de waarde 1370. Dat wil derhalve zeggen, dat door behandeling van 1 gram ammoniumpermutiet met 1370 cm^3 . water evenveel milligrammen stikstof worden opgelost, als de haverplanten in 1910 bij de proeven in het Wageningsche glashuis per gram aan het ammoniumpermutiet onttrokken hebben.

Uitdrukkelijk zij hier in de eerste plaats herhaald, dat dit resultaat om de hierbovengenoemde redenen van zeer beperkte beteekenis is, waarbij nog bovendien komt, dat in het geheel geen rekening gehouden is met den invloed, welchen de bodem op de meststoffen uitoefent en omgekeerd (in dit geval bijv. de omzettingen van de stikstof). Ten slotte merkt MITCHERLICH zelf op, „dass die Aufnahme-, fähigkeit (der phosphorsäurehaltigen Düngemittel) noch keineswegs „bedingend ist für den Pflanzenertrag, da die Pflanze die verschieden „gebundene Phosphorsäure für sich noch ganz verschieden zum „Aufbau ihrer Trockensubstanz verwertet oder ausnutzt“.

Op geheel dezelfde wijze is nu de berekening voor den zwavelzuren ammoniak uit te voeren. Ook hier stuit men op dezelfde moeilijkheden betreffende het verschil in beide jaren en de afname van

het nuttig effect met stijgende bemesting. Evenals voor het ammoniumpermutiet nemen we het gemiddelde van 1910 uit tabel *g* op ongeveer 71 pct. Vervolgens moet berekend worden met hoeveel koolzuurhoudend water (bij 30° C. en gedurende 24 uur) ammoniumsulfaat geroerd moet worden om $\frac{71}{100} \times 21,2 = 15,1$ pct. N in oplossing te brengen.

Dit cijfer is mij niet bekend, maar afgaande op de bekende oplosbaarheid van het ammoniumsulfaat zal men ongeveer een waarde van de orde 1 vinden. Dat wil derhalve zeggen, dat door behandeling van 1 gram ammoniumsulfaat met ongeveer 1 cM³. water evenveel stikstof wordt opgelost, als de haverplanten in 1910 bij de proeven in het Wageningsche glashuis per gram aan het ammoniumsulfaat onttrokken hebben.

Uit het groote verschil tusschen de cijfers 1370 en 1 volgt onmiddellijk, dat van eene vergelijking der beide meststoffen ammoniumpermutiet en zwavelzuren ammoniak volgens de methode MITSCHERLICH geen sprake kan zijn.

Wil deze methode van algemeene geldigheid zijn, dan moet de hoeveelheid koolzuurhoudend water, welke dezelfde oplossende werking bezit als de plantenwortels, voor alle meststoffen dezelfde zijn. Bij het voorbeeld van MITSCHERLICH (twee- en driebasisch phosphorzure kalk) kwam dit nagenoeg uit (475 en 525); bij ammoniumsulfaat en ammoniumpermutiet is er een zoo groot onderscheid, dat men zich afvraagt of de methode MITSCHERLICH wel ooit van algemeene toepassing kan zijn.

Trouwens, wanneer zelfs bij zoo eenvoudige proeven als bij deze zandcultures met één enkel gewas, geen sprake is van eene vergelijking van de twee gebruikte meststoffen volgens de methode MITSCHERLICH, dan komt men onwillekeurig tot de conclusie, dat in de practijk, waar gewas en bodem mede een zoo groote rol spelen, eene algemeen geldende methode voor het meststoffenonderzoek tot de onmogelijkheden behoort.

Terwijl ik deze publicatie voor den druk gereed maak, verschijnt in deze Verslagen eene mededeeling van mijn ambtgenoot, den Heer J. G. MASCHHAUPT te Groningen ¹⁾, waarin deze op grond zijner beschouwingen tot de conclusie komt „dat eene „allgemein gültige Düngemittelanalyse,” in den zin van MITSCHERLICH een *droombeeld* is en blijft, dat men tevergeefs zal najagen.” Het behoeft niet gezegd

1) Over de bepaling van de waarde voor den plantengroei van plantenvoedende stoffen in bodem en meststoffen, voor zoover deze afhankelijk is van de oplosbaarheid dier stoffen; deze Verslagen, deel XI, blz. 19.

te worden, dat ik mij op grond van de resultaten mijner proeven bij deze kritiek aansluit ¹⁾.

CONCLUSIE. *Uit de vegetatieproeven blijkt, dat de haver onder de omstandigheden van de proef in het jaar 1910 uit 100 gram stikstof in den vorm van ammoniumsulfaat en ammoniumpermutiet ongeveer dezelfde hoeveelheid stikstof opneemt, n.l. ongeveer 70 gram. De oplosbaarheid van deze beide stikstofverbindingen in met koolzuur verzadigd water (bij 30° C. en gedurende 24 uur) loopt echter enorm uiteen. Om dezelfde hoeveelheid stikstof als de haverplant onder de heerschende groeivoorwaarden opneemt op te lossen is bij ammoniumpermutiet ongeveer 1300 à 1400 keer zooveel koolzuurhoudend water noodig als bij zwavelzuren ammoniak. De methode MITSCHERLICH is derhalve voor de vergelijking van de bemestingswaarde van de stikstofverbindingen ammoniumpermutiet en ammoniumsulfaat totaal onbruikbaar. Wanneer nu bij zoo eenvoudige proeven als bij deze zandcultures met één enkel gewas, van eene vergelijking der gebruikte meststoffen volgens de methode MITSCHERLICH geen sprake kan zijn, dan schijnt mij de onderstelling gewettigd, dat eene algemeen geldende methode voor het onderzoek van meststoffen in den zin van MITSCHERLICH tot de onmogelijkheden behoort.*

De in Hoofdstuk I vermelde analyses zijn grootendeels verricht door den Heer G. B. VAN KAMPEN, hoofdassistent aan het Rijkslandbouw-proefstation te Wageningen. Bij de vegetatieproeven stond de Heer J. A. G. MAURENBRECHER, assistent aan het Rijkslandbouw-proefstation te Wageningen, mij ter zijde. Beiden Heeren betuig ik ook hier mijn dank.

Naschrift, Wageningen, Februari 1913. In den loop van het jaar 1912 zijn van de hand van DR. GEORG WIEGNER en DR. MARYAN GÓRSKI, resp. in het J. für Landwirtschaft en in het Z. für das Versuchswesen in Oesterreich, publicaties verschenen over hetzelfde thema, als door mij in Hoofdstuk I behandeld is. Tot nu toe ontbrak het mij aan tijd deze interessante mededeelingen anders dan vluchtig door te zien; er is derhalve bij het schrijven van deze publicatie geen rekening mee gehouden.

1) Dat intusschen de methode MITSCHERLICH ook voor het meststoffenonderzoek van praktische beteekenis is en in de toekomst nog meer zijn zal, volgt uit de onderzoekingen van SIMMERMACHER (Die landw. Versuchsstationen, 77) en ook uit de tweede mededeeling van MASCHHAUPT: „Vergelijkend onderzoek naar het gedrag van verschillende fosphaten bij voortgezette behandeling met koolzuurhoudend water (resp. met eene oplossing van citroenzuur). Eene bijdrage tot de kennis dezer stoffen als meststof”; door J. G. MASCHHAUPT en Dr. L. R. SINNIGE; deze verslagen deel XI, blz. 71—73.

Tabel 1.

Gewicht van den oogst in grammen in het jaar 1909.

(Gewicht der Ernte in Grammen im Jahre 1909).

Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wur- zeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Aantal planten per pot. (Anzahl Pflanzen pro Gefäss).	Gemiddelde halmlengte. (Mittlere Länge der Halme).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wur- zeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Aantal planten per pot. (Anzahl Pflanzen pro Gefäss).	Gemiddelde halmlengte. (Mittlere Länge der Halme).
1	1,65	1,87	0,83	20	26	26	12,34	29,78	27,53	20	71
2	1,74	1,74	0,69	20	26	27	9,37	25,08	22,08	20	72
3	1,71	2,03	0,88	20	28	28	11,82	28,90	26,75	19	73
4	1,73	1,95	1,00	20	26	29	12,24	29,32	27,42	20	71
5	1,91	2,13	1,13	20	28	30	13,62	29,80	28,67	20	72
6	13,08	27,18	17,05	20	78	31	14,60	28,25	28,90	20	71
7	11,99	27,88	24,60	20	80	32	12,70	25,52	24,12	19	71
8	13,60	27,63	24,52	20	86	33	10,20	27,77	26,67	20	70
9	12,93	28,63	22,49	20	82	34	12,21	27,25	19,18	19	67
10	16,52	29,23	24,80	20	83	35	12,23	26,95	26,85	19	65
11	11,70	29,78	27,84	19	78	36	10,25	23,17	16,71	20	67
12	12,50	23,60	18,28	19	79	37	11,06	25,22	23,91	20	72
13	12,62	27,50	24,73	20	75	38	10,63	25,57	22,37	20	70
14	11,47	23,63	24,18	20	75	39	10,82	22,67	17,32	20	67
15	12,99	27,08	26,10	20	75	40	10,57	23,70	17,87	20	70
16	13,12	25,47	22,33	20	79	41	10,39	23,70	19,67	20	63
17	11,71	22,62	22,28	20	72	42	10,94	25,12	21,65	20	59
18	11,01	22,65	22,46	19	72	43	10,78	25,30	22,10	20	62
19	12,31	26,02	26,81	20	73	44	11,77	28,05	25,75	20	65
20	11,11	24,61	23,80	20	73	45	10,12	25,75	24,14	20	62
21	12,06	27,65	27,45	20	76	46	10,35	28,70	28,20	19	66
22	10,72	22,42	19,17	19	74	47	9,08	25,82	27,58	20	61
23	10,19	24,20	17,50	20	77	48	10,59	28,35	26,86	20	62
24	12,98	26,47	15,32	20	75	49	9,11	26,98	24,45	18	63
25	11,76	27,32	22,72	20	74	50	9,86	23,70	22,32	20	58

Tabel 2.

Gehalte van den oogst (1909) in procenten.
(Gehalt der Ernte (1909) in Prozenten).

Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).		Stroo + kaf. (Stroh + Spreu). Vocht. (Wasser).	Korrels. (Korner). Vocht. (Wasser).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).		Stroo + kaf. (Stroh + Spreu). Vocht. (Wasser).	Korrels. (Korner). Vocht. (Wasser).
	Vocht. (Wasser).	Zand. (Sand).				Vocht. (Wasser).	Zand. (Sand).		
1	10,5	—	15,3	12,8	26	11,1	8,8	12,8	13,0
2	11,6	—	15,7	13,6	27	10,6	12,0	12,9	13,3
3	11,4	—	16,2	14,3	28	10,2	11,1	12,5	13,2
4	11,4	—	16,0	14,3	29	10,3	7,1	12,7	13,3
5	10,9	—	16,0	14,0	30	9,0	21,7	12,7	13,2
6	9,1	21,1	13,2	14,1	31	7,7	29,5	12,1	13,5
7	10,8	13,6	13,9	13,7	32	8,5	20,0	12,0	13,9
8	10,1	21,2	7,5	14,0	33	10,0	11,5	12,2	14,2
9	10,3	17,3	13,6	13,8	34	8,5	24,1	12,0	14,1
10	9,1	29,6	13,5	13,0	35	9,2	21,6	12,1	13,8
11	11,8	9,5	13,1	13,7	36	9,8	16,7	12,9	13,6
12	8,9	22,9	7,9	14,0	37	10,4	11,3	12,6	13,3
13	10,0	14,9	13,1	13,6	38	10,0	15,4	12,8	14,3
14	10,3	13,8	7,1	13,7	39	9,6	20,6	12,9	14,7
15	8,8	22,7	12,9	13,6	40	9,7	18,8	12,6	14,3
16	8,5	24,9	12,8	13,3	41	10,8	10,3	12,2	14,5
17	8,9	23,4	13,1	13,5	42	10,5	14,9	12,3	14,3
18	9,2	19,3	13,0	13,5	43	10,8	10,2	12,5	14,5
19	9,4	19,2	13,5	13,4	44	11,2	13,5	12,2	14,2
20	9,7	13,5	12,8	13,4	45	10,4	9,8	12,7	14,2
21	10,1	14,6	12,0	12,9	46	10,4	15,2	12,8	13,9
22	10,0	15,1	12,0	13,4	47	12,1	4,0	12,9	13,9
23	9,9	18,8	12,5	13,6	48	11,5	12,1	13,2	14,0
24	9,4	20,6	12,5	13,6	49	11,2	7,7	15,2	14,1
25	11,1	9,4	12,9	13,1	50	9,2	21,8	15,5	14,1

Tabel 3.

Opbrengst aan droge en zandvrije stof (oogst 1909) in Gr.

(Gesamternte an Trockensubstanz und sandfreie Stoff (Ernte 1909) in g).

Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Totaal gewicht. (Gesammt- gewicht).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Totaal gewicht. (Gesammt- gewicht).
1	1,48	1,58	0,72	3,78	26	9,88	25,97	23,95	59,80
2	1,54	1,47	0,60	3,61	27	7,25	21,84	19,14	48,23
3	1,52	1,70	0,75	3,97	28	9,30	25,29	23,22	57,81
4	1,53	1,64	0,86	4,03	29	10,11	25,60	23,77	59,48
5	1,70	1,79	0,97	4,46	30	9,44	26,02	24,89	60,35
gem.	1,55	1,63	0,78	3,96	gem.	9,20	24,94	22,99	57,13
6	9,13	23,59	14,65	47,37	31	9,17	24,83	25,00	59,00
7	9,06	24,00	21,23	54,29	32	9,08	22,46	20,77	52,31
8	9,34	25,56	21,09	55,99	33	8,01	24,38	22,88	55,27
9	9,36	24,74	19,39	53,49	34	8,23	23,98	16,48	48,69
10	10,13	25,28	21,58	56,99	35	8,46	23,69	23,14	55,29
gem.	9,40	24,65	19,58	53,63	gem.	8,59	23,87	21,65	54,11
11	9,21	25,88	24,03	59,12	36	7,53	20,18	14,44	42,15
12	8,53	21,74	15,72	45,99	37	8,66	22,04	20,73	51,43
13	9,48	23,90	21,37	54,75	38	7,93	22,30	19,17	49,40
14	8,71	21,95	20,87	51,53	39	7,55	19,75	14,77	42,07
15	8,90	23,59	22,55	55,04	40	7,56	20,71	15,31	43,58
gem.	8,96	23,41	20,91	53,28	gem.	7,85	21,00	16,88	45,73
16	8,74	22,21	19,36	50,31	41	8,20	20,81	16,82	45,83
17	7,93	19,66	19,27	46,86	42	8,16	22,03	18,55	48,74
18	7,87	19,71	19,43	47,01	43	8,52	22,58	18,90	50,00
19	8,79	22,51	23,22	54,52	44	8,86	24,63	22,09	55,58
20	8,53	21,46	20,61	50,60	45	8,07	22,48	20,71	51,26
gem.	8,37	21,11	20,38	49,86	gem.	8,36	22,51	19,41	50,28
21	9,08	24,33	23,91	57,32	46	7,70	25,03	24,28	57,01
22	8,03	19,73	16,60	44,36	47	7,62	22,49	23,75	53,86
23	7,27	21,18	15,12	43,57	48	8,09	24,61	23,10	55,80
24	9,09	23,16	13,24	45,49	49	7,39	22,88	21,00	51,27
25	9,35	23,80	19,74	52,89	50	6,80	20,03	19,17	46,00
gem.	8,56	22,44	17,72	48,72	gem.	7,52	23,01	22,26	52,79

Tabel 4.

Stikstofogst (N) in milligrammen (1909).
(Stickstofferte (N) in mg (1909)).

Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Geheele plant. (Gesamnt- erte).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Geheele plant. (Gesamnt- erte).
1	5,9	4,7	7,3	17,9	26	78,6	87,2	338,1	503,9
2	5,7	4,4	4,0	14,1	27	58,2	87,5	284,4	430,1
3	5,9	5,5	6,3	17,7	28	77,8	88,8	353,1	519,7
4	6,3	5,2	6,8	18,3	29	76,0	81,5	372,9	530,4
5	6,4	5,6	7,1	19,1	30	74,7	87,3	399,1	561,1
gem.	6,0	5,1	6,3	17,4	gem.	73,1	86,5	349,5	509,1
6	59,4	71,7	264,6	395,7	31	73,2	78,2	437,0	588,4
7	58,9	70,3	246,0	375,2	32	71,2	87,8	351,7	510,7
8	62,7	81,8	249,1	393,6	33	73,3	83,9	380,3	537,5
9	64,8	71,6	226,7	363,1	34	58,2	90,5	362,1	510,8
10	65,8	72,6	273,8	412,2	35	70,7	89,7	390,9	551,3
gem.	62,3	73,6	252,0	387,9	gem.	69,3	86,0	384,5	539,8
11	55,0	74,8	307,4	437,2	36	82,3	122,3	252,7	457,3
12	50,3	59,3	288,1	397,7	37	89,5	104,1	365,3	558,9
13	60,2	64,0	290,8	415,0	38	79,8	111,0	315,0	505,8
14	53,8	58,1	276,6	388,5	39	78,0	115,4	261,9	455,3
15	52,0	68,0	300,7	420,7	40	79,1	119,8	276,0	474,9
gem.	54,3	61,8	292,7	411,8	gem.	81,7	114,5	294,2	490,4
16	45,8	68,8	253,7	368,3	41	80,7	95,7	313,1	489,5
17	54,9	62,6	281,6	399,1	42	82,9	119,0	337,7	539,6
18	51,6	64,5	265,5	381,6	43	90,6	108,9	360,7	560,2
19	54,8	63,7	332,4	450,9	44	90,0	104,6	393,5	588,1
20	52,7	64,5	297,0	414,2	45	72,6	108,7	390,6	571,9
gem.	52,0	64,8	286,0	402,8	gem.	83,4	107,3	359,1	549,8
21	74,5	78,7	357,9	511,1	46	74,2	114,2	455,7	644,1
22	69,1	76,4	242,3	387,8	47	82,2	101,2	472,2	655,6
23	66,7	86,6	198,8	352,1	48	79,1	114,0	441,6	634,7
24	76,4	93,4	301,5	471,3	49	82,1	122,8	422,5	627,4
25	74,6	93,4	265,4	433,4	50	66,6	98,2	351,8	516,6
gem.	72,2	85,7	273,2	431,1	gem.	76,8	110,1	428,8	615,7

Tabel 6.

Gewicht van den oogst in grammen in het jaar 1910.

(Gewicht der Ernte in Grammen im Jahre 1910).

Pot. (Gefäss). No	Wortels. (Wur- zeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner)	Aantal planten per pot. (Anzahl Pflanzen Pro Gefäss).	Gemiddelde halmlengte. (Mittlere Länge der Halme).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wur- zeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner)	Aantal planten per pot. (Anzahl Pflanzen Pro Gefäss).	Gemiddelde halmlengte. (Mittlere Länge der Halme).
1	1,50	2,20	1,2	15	—	27	9,25	30,75	25,75	15	68
2	1,15	2,17	1,3	15	—	28	8,75	26,05	24,40	15	64
						29	9,05	30,85	28,35	14	70
3	10,85	35,47	22,45	15	67	30	8,90	31,05	25,80	15	68
4	10,85	28,52	23,95	15	64	31	10,65	33,65	26,50	14	66
5	10,05	30,20	24,55	15	69	32	9,40	29,70	24,55	15	62
6	10,40	27,00	25,25	14	66	33	9,60	30,20	23,65	15	70
7	10,75	36,50	21,05	14	73	34	8,65	35,87	22,80	15	66
8	10,70	33,60	20,80	14	68						
9	12,35	34,05	24,65	15	76	35	7,05	29,50	28,90	15	69
10	8,50	35,20	21,10	15	72	36	7,65	29,62	23,60	13	59
						37	7,55	31,90	26,70	14	69
11	9,25	32,37	25,10	15	66	38	7,65	30,70	26,60	13	67
12	8,50	27,50	26,50	15	63	39	8,65	34,15	25,75	12	64
13	9,95	33,60	22,40	15	69	40	8,65	33,70	23,80	14	62
14	8,65	28,37	25,30	15	65	41	8,05	34,45	25,40	13	64
15	8,45	29,22	23,35	14	70	42	9,70	36,25	23,70	13	66
16	8,60	30,35	22,10	15	62						
17	9,55	35,25	20,75	15	70	43	8,40	30,80	29,40	12	72
18	8,25	30,85	21,90	14	66	44	8,45	29,45	30,65	14	63
						45	8,50	30,80	29,75	13	66
19	8,90	31,80	21,50	15	64	46	9,90	32,35	23,15	12	62
20	8,20	27,10	21,55	15	57	47	8,70	32,30	30,00	15	61
21	11,00	31,80	23,15	15	66	48	8,85	34,30	25,35	12	59
22	8,65	27,90	24,60	15	64	49	9,20	32,00	27,15	14	64
23	8,15	38,92	22,35	15	64	50	9,80	31,35	32,30	15	63
24	6,90	31,32	21,35	12	61						
25	8,85	35,12	21,60	15	65						
26	7,90	31,20	23,90	15	64						

Tabel 7.
 Gehalte van den oogst (1910) in procenten.
 (Gehalt der Ernte (1910) in Prozenten).

Pot. (Gefäss).	Wortels. (Wurzeln).		Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Pot. (Gefäss).	Wortels. (Wurzeln).		Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).
	No.	Vocht. (Wasser).	Zand. (Sand).	Vocht. (Wasser).		Vocht. (Wasser).	No.	Vocht. (Wasser).	Zand. (Sand).
1	—	10,32	—	—	27	11,4	10,58	9,2	14,25
2	—	8,21	—	—	28	12,5	12,45	9,3	14,88
3	9,85	25,92	11,6	14,1	29	10,65	21,5	14,0	14,70
4	9,0	28,67	11,4	14,03	30	11,75	14,05	14,1	15,23
5	8,75	20,15	11,4	14,1	31	10,55	23,08	13,9	14,78
6	10,2	15,94	11,5	13,95	32	10,8	14,95	14,2	14,85
7	10,7	15,2	11,1	14,33	33	9,5	22,2	14,0	14,90
8	11,25	17,65	11,1	13,58	34	13,1	7,05	13,6	15,05
9	10,15	25,0	11,6	14,15	35	12,2	6,33	14,0	11,08
10	13,0	5,63	11,0	14,95	36	12,6	5,35	14,4	11,1
11	12,15	9,91	11,1	13,48	37	12,3	7,0	13,8	11,05
12	12,95	8,9	13,9	14,33	38	11,95	7,45	13,8	11,93
13	13,1	8,65	14,6	14,43	39	12,0	8,43	13,8	11,75
14	11,75	11,78	11,3	14,68	40	10,95	13,25	13,4	11,75
15	11,1	13,3	11,6	14,70	41	13,35	8,7	12,8	11,78
16	11,45	7,2	11,1	14,75	42	13,3	10,2	12,8	11,93
17	13,35	10,15	11,6	15,18	43	13,0	6,43	12,9	11,68
18	13,10	11,6	11,4	15,0	44	15,1	5,5	13,1	11,83
19	13,05	12,5	11,6	15,25	45	13,2	5,95	12,2	11,78
20	12,75	8,3	11,4	14,68	46	14,2	7,98	11,8	11,48
21	12,4	15,15	11,2	15,23	47	13,2	11,55	11,6	11,45
22	12,6	12,4	9,7	15,18	48	13,95	7,12	11,5	11,68
23	12,75	11,65	10,6	14,48	49	14,8	4,1	16,5	11,58
24	11,4	7,9	9,7	14,70	50	14,45	7,25	11,7	11,60
25	12,9	5,51	9,2	14,73					
26	12,15	10,05	9,4	14,70					

Tabel 8.

Opbrengst aan droge en zandvrije stof (oogst 1910) in Gr.

(Gesamternte an Trockensubstanz und Sandfreie Stoff (Ernte 1910) in g).

Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Totaal gewicht. (Gesammt- gewicht).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Totaal gewicht. (Gesammt- gewicht.)
1	1,35	2,20	1,20	4,75	27	7,22	27,92	22,08	57,22
2	1,06	2,17	1,30	4,53	28	6,57	23,63	20,77	50,97
gem.	1,21	2,19	1,25	4,65	29	6,14	26,53	24,18	56,85
					30	6,60	26,67	21,87	55,14
3	6,97	31,36	19,23	57,61	31	7,07	28,97	22,53	58,62
4	6,76	25,27	20,58	52,61	32	6,98	25,48	20,90	53,36
5	7,15	26,76	21,08	54,99	33	6,56	25,97	20,13	52,66
6	7,68	23,90	21,73	53,31	34	6,91	30,99	19,37	57,27
7	7,96	32,45	18,03	58,44	gem.	6,76	27,02	21,49	55,27
8	7,61	29,86	17,98	55,45					
9	8,01	30,10	21,16	59,27	35	5,74	25,37	25,70	56,81
10	6,92	31,32	17,95	56,19	36	6,28	25,35	20,98	52,61
gem.	7,38	28,88	19,72	55,98	37	6,09	27,50	23,75	57,34
					38	6,17	26,46	23,43	56,06
11	7,21	28,78	21,71	57,70	39	6,88	29,44	22,72	59,04
12	6,64	23,68	22,70	53,02	40	6,56	29,18	21,00	56,74
13	7,79	32,96	19,16	59,91	41	6,27	30,04	22,41	58,72
14	6,61	25,16	21,59	53,36	42	7,42	31,61	25,28	64,31
15	6,39	25,83	19,06	51,28	gem.	6,42	28,12	23,16	57,70
16	7,00	26,98	18,84	52,82					
17	7,31	31,16	17,59	56,06	43	6,77	26,83	25,97	59,57
18	6,21	27,33	18,62	52,16	44	6,71	25,59	27,02	59,32
gem.	6,90	27,74	19,91	54,55	45	6,87	27,04	26,25	60,16
					46	7,70	28,53	20,49	56,72
19	6,63	28,11	17,37	52,11	47	6,55	28,55	26,57	61,67
20	6,47	24,01	22,65	53,13	48	6,99	30,35	22,39	59,73
21	7,97	28,23	19,62	55,82	49	7,46	26,72	24,01	58,19
22	6,49	25,19	20,87	52,55	50	7,67	27,68	28,55	63,90
23	6,16	27,64	19,11	52,91	gem.	7,09	27,66	25,16	59,91
24	5,57	28,29	18,21	52,07					
25	7,22	31,89	18,42	57,53					
26	6,15	28,27	20,39	54,81					
gem.	6,58	27,71	19,58	53,87					

Tabel 9.

Stikstofogst (N.) in milligrammen (1910).
(Stickstoffernte (N) in mg (1910)).

Pot. (Gefäss) No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Geheele plant. (Gesammt- ernte).	Pot. (Gefäss). No.	Wortels. (Wurzeln).	Stroo + kaf. (Stroh + Spreu).	Korrels. (Körner).	Geheele plant. (Gesammt- ernte).
1	8,6	7,7	13,4	20,7	27	65,1	132,8	428,5	626,4
2	6,6	8,0	16,9	31,5	28	67,2	123,0	421,6	611,8
gem.	7,6	7,9	15,2	30,7	29	57,9	125,9	444,5	628,3
					30	61,2	116,8	425,2	603,2
3	69,4	178,8	380,8	629,0	31	68,2	137,3	445,2	650,7
4	69,4	132,3	429,2	630,9	32	69,2	117,6	412,4	599,2
5	75,6	143,8	420,3	639,7	33	59,9	118,4	408,7	587,0
6	76,5	125,3	440,4	642,2	34	65,1	149,2	412,2	626,5
7	72,2	179,6	390,7	642,5	gem.	64,2	127,6	424,8	616,6
8	77,0	177,4	382,7	637,1					
9	69,2	147,1	425,9	642,2	35	63,2	132,2	564,1	759,5
10	68,0	180,2	378,1	626,3	36	73,4	155,4	494,7	723,5
gem.	72,2	158,1	406,0	636,3	37	70,1	153,1	538,3	761,5
					38	67,3	141,2	523,5	732,0
11	84,4	183,9	504,0	772,3	39	77,5	183,5	510,9	776,9
12	76,2	140,8	510,9	727,9	40	77,5	210,3	468,4	756,2
13	90,7	222,3	430,1	743,1	41	63,1	170,9	508,0	742,0
14	80,3	149,8	489,9	720,0	42	79,2	179,9	523,5	782,6
15	75,7	168,3	475,6	719,6	gem.	71,4	166,4	516,4	754,2
16	81,2	182,1	456,1	719,4					
17	84,0	221,4	405,0	710,4	43	82,0	170,0	606,8	858,8
18	75,2	185,1	473,0	733,3	44	78,4	154,3	647,3	880,0
gem.	81,0	151,7	468,1	730,8	45	80,2	163,9	633,1	877,2
					46	91,9	214,8	514,9	821,6
19	94,0	251,9	462,5	808,4	47	80,7	178,3	604,8	863,8
20	84,0	159,4	560,7	804,1	48	82,1	212,7	535,4	830,2
21	110,9	208,6	496,3	815,8	49	89,8	192,0	569,1	850,9
22	92,7	169,6	539,2	801,5	50	89,4	163,0	677,0	929,4
23	90,0	215,2	523,1	828,3	gem.	84,3	181,1	598,6	864,0
24	79,5	253,1	481,7	814,3					
25	90,6	265,5	483,8	839,9					
26	82,2	222,1	546,8	851,1					
gem.	90,5	218,2	511,8	820,5					

**Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch Permutit und
Tonboden und die Aufnehmbarkeit des Permutit-Stickstoffs
durch die Pflanze ¹⁾,**

von

Dr. D. J. HISSINK,

Direktor der Reichslandwirtschaftlichen Versuchsstation, Wageningen.

(Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen).

Von VAN BEMMELN sind die Absorptionsgesetze an den einzelnen Gels von Kieselsäure, Tonerde, u. s. w. ermittelt worden. In der Ackererde sind aber als Sitz des Absorptionsvermögens neben Humussubstanzen hauptsächlich wasserhaltige Tonerde-, Eisenhydroxyde- und Kieselsäureverbindungen zu betrachten und es erscheint daher wünschenswert die Absorptionsgesetze an den Gelgemengen und zwar in erster Linie an den Gemischen der Gele von Tonerde und Kieselsäure zu studieren.

In der ersten Abteilung vorliegender Arbeit sind nun die Absorptionsgesetze auf die von GANS hergestellten Permutite geprüft worden und zwar wurde ermittelt in welcher Weise diese Permutite den Ammoniakstickstoff gebunden halten. Weiter wurde die Festlegung des Ammoniakstickstoffs von Tonboden untersucht.

Das Ammoniumpermutit war bereitet worden durch kontinuierliches Behandeln von Natriumpermutit mit einer 10-prozentigen Chlorammonlösung und nachfolgendes Auswaschen mit destilliertem Wasser. In derselben Weise waren die Basen (CaO, MgO, K₂O und Na₂O) im Tonboden durch Ammoniak ersetzt worden. Die Löslichkeit des Ammoniakstickstoffs wurde in einem Apparat nach MITCHERLICH bestimmt (bei 30° C., 24 Stunden) und zwar in destilliertem und in CO₂-haltigem Wasser.

Für die drei untersuchten Systeme:

I Ammoniumpermutit-Wasser,

II Ammoniumpermutit-Wasser-CO₂ und

III mit Ammoniak gesättigten Tonboden-Wasser-CO₂

lässt der Gleichgewichtszustand bei 30° C. sich innerhalb der untersuchten Konzentrationsgebieten und mit Ausnahme der grossen Konzentrationen durch die bekannte Formel von FREUNDLICH

$\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ ausdrücken. Das Statthaben dieser Beziehung wurde geprüft durch Eintragen der Logarithmen von $\frac{x}{m}$ und c gegeneinander in ein

¹⁾ Siehe weiter für diese Arbeit: Die landw. Versuchs-Stationen, Bnd. LXXXI (1913), Seite 189—243.

rechtwinkliges Koordinatensystem. Gemäss der Formel

$$\log. \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log. c + \log. a$$

erhält man, falls die FREUNDLICHsche Adsorptionsformel zutrifft, eine gerade Linie, was bei den drei untersuchten Systemen der Fall ist (siehe Figur 1, 2 und 3, Seite 7, 10 und 14).

Die Löslichkeit des Ammoniumpermutit-Stickstoffs ist in CO₂-haltigem Wasser viel grösser als in destilliertem Wasser (siehe Tabelle I und III, Seite 5 und 8).

Weiter wurde festgestellt, dass das Gleichgewicht bei der Behandlung von Ammoniumpermutit mit destilliertem und CO₂-haltigem Wasser sich innerhalb 24 Stunden einstellt. Bei der Behandlung von N-freiem Permutit (bereitet aus Ammoniumpermutit mittels wiederholter Extraktionen mit CO₂-haltigem Wasser) mit einer Lösung von NH₃ in Wasser wurde dagegen selbst innerhalb 5 Wochen nicht derselbe Endzustand erreicht wie bei der Behandlung von Ammoniumpermutit mit Wasser.

Bekanntlich tritt das Gleichgewicht bei den Adsorptionen beinahe momentan ein, während, wie gefunden, die Aufnahme des Ammoniaks von Permutit sehr langsam vor sich geht. Diese Tatsache macht es wahrscheinlich, dass sich hier keine reine Oberflächenverdichtung, sondern, wenigstens hauptsächlich, eine feste Lösung bildet, wobei die gelöste Substanz (NH₃) auch zum Teil chemisch im Permutit gebunden sein

kann. Das Zutreffen der FREUNDLICHschen Gleichung $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ ist also kein Kriterium für das Vorhandensein einer reinen Oberflächenverdichtung (Adsorption).

Vielleicht gehen auch bei den Permutiten, wie in vielen anderen Fällen, Adsorption und feste Lösung Hand in Hand. Für diesen dualistischen Vorgang hat Mc. BAIN den Ausdruck „Sorpton“ vorgeschlagen; Verfasser hat nach Vorgang von VAN BEMMELEN das Wort „Absorption“ beibehalten. Die Permutite sind also als „Absorptionsverbindungen“ im Sinne VAN BEMMELENS zu betrachten (Z. f. anorg. Chem. 23, Seite 324—327).

In den Jahren 1904 und 1907 sind von PFEIFFER und seinen Mitarbeitern Versuche gemacht worden über die Festlegung des Ammoniakstickstoffs durch die Zeolithe im Boden. Es wurde für diese Versuche eine künstlich hergestellte zeolithartige Verbindung benutzt und diese dem zum Füllen der Vergleichsgefässe verwendeten reinen Odersande zugesetzt. Da sämtliche mit Gerste angestellte Versuche stark unter dem Befall mit Meltau zu leiden hatten, wurde frühzeitig geerntet und nach drei Tagen Hafer ausgesät. Das Hauptergebnis war, dass das absorbierte Ammoniak vom Calciumzeolith so fest gebunden wurde, dass dieses zum Teil erst im Laufe einer

zweiten Vegetationsperiode (der des Hafers) für die Pflanzenwurzeln zugänglich wurde.

Man hat demnach bei diesen Breslauer Versuchen mit zwei abgekürzten Vegetationsperioden zu rechnen. Deswegen und auch weil die Versuche mit dem wenig wirksamen Apophyllit gemacht worden sind, so wurden an der Versuchsstation Wageningen im Sommer 1909 und 1910 Versuche mit Hafer angestellt unter Zugrundelegung der Breslauer Versuche, jedoch mit Benutzung der von Gans hergestellten Permutite. Und zwar wurde die Düngerwirksamkeit von Ammoniumsulfat und Ammoniumpermutit mit einander verglichen. Die Resultate dieser Versuche sind in der zweiten Abteilung vorliegender Arbeit mitgeteilt worden.

Die Versuche wurden in 11 kg. Sand fassenden, glasierten Tongefässen ausgeführt. Die im Jahre 1910 angestellten Versuche unterschieden sich von den Versuchen 1909 hauptsächlich dadurch, dass pro Gefäss statt 20 nur 15 Haferpflanzen ausgepflanzt wurden und dass ein Sand von höherer Wasserkapazität (12,2 pct gegen 9,8 pct. im Jahre 1909) gebraucht wurde. Dieser Unterschied in Wasserversorgung hat grosse Unterschiede in der Gestaltung der Ernteergebnisse zur Folge gehabt (siehe Tabelle h, Seite 40); die Pflanzen sind infolge der geringen Wasserkapazität des benutzten Sandes im Jahre 1909 bei „mässiger Wassergabe“ gewachsen.

Die Ernteresultate werden in den Tabellen 5 und 10 (Seite 24 und 32) mitgeteilt und in den Tabellen a, b, c, d, e, f, g und h (Seite 25—40) weiter verarbeitet.

Als Hauptergebnis der beiden Versuchsjahre kann mitgeteilt werden, dass der im Ammoniumpermutit vorhandene Stickstoff im Jahre 1910 in normalen Verhältnissen, also bei optimaler Wasserversorgung, wenn die Feuchtigkeit nicht mit ins Minimum gerät, ebenso gut für die Pflanzen zugänglich ist als der Stickstoff des Ammoniumsulfats; dass also das vom Permutit absorbierte Ammoniak nicht so fest gebunden wird, dass dieses zum Teil erst im Laufe einer zweiten Vegetationsperiode für die Pflanzenwurzeln zugänglich wird. Während einer sehr trockenen Vegetationsperiode, so wie diese im Jahre 1909 im Wageningschen Glashaus geherrscht hat, ist die bindende Kraft des Permutits für Ammoniak jedoch ein Faktor, dem Rechnung getragen werden muss; bei normaler Wasserversorgung löst sich dagegen genügend Ammoniakstickstoff, um ein üppiges Wachstum zu erzielen. Es wäre zweifelsohne interessant den Einfluss verschiedener Wassermengen auf die Aufnahmefähigkeit des Stickstoffs des Ammoniumpermutits zu studieren.

Wie wir im ersten Teil dieser Arbeit gesehen, ist die Löslichkeit des Ammoniakstickstoffs des Ammoniumpermutits und eines mit Ammoniak gesättigten Tonbodens in CO₂-haltigem Wasser denselben Gesetzen unterlegen; für die beiden Systeme trifft die bekannte

FREUNDLICHsche Absorptionsisotherme $\frac{x}{m} = a c^{\frac{1}{n}}$ zu. Wenn nun auch die Resultate obiger Vegetationsversuche nicht ohne weiteres auf die Praxis, d.h. in diesem Falle auf einen mit Ammoniak gedüngten Tonboden anwendbar sind, so geben diese Resultate mir dennoch das Recht den Landwirt mit voller Bestimmtheit zu warnen, in trocknen Jahren das Absorptionsvermögen des Tonbodens für Ammoniak zu berücksichtigen; denn es ist sehr wahrscheinlich, dass der Ammoniak aus Mangel an Feuchtigkeit von einem Tonboden so fest absorbiert wird, dass ein Teil dieses Nährstoffes, sei es auch ein kleiner Teil, über die Dauer einer Vegetationsperiode hinaus für die Pflanzenwurzeln unzugänglich bleibt.

Weiter wurde gefunden:

- a. dass die prozentuale Ausnutzung des Stickstoffs durch die Haferpflanzen (Tabelle *g*, Seite 36) bei beiden Düngemitteln in beiden Jahren nicht konstant ist, doch bei steigender Stickstoffdüngung abnimmt;
- b. dass die Prozentgehalte an Stickstoff ohne Ausnahme bei steigender Stickstoffdüngung, in beiden Jahren und bei beiden Stickstoffdüngungen steigen. (Siehe Tabellen *b* und *e*, Seiten 25 und 34).

Wie gesagt hat der Unterschied in Wasserversorgung zwischen den Jahren 1909 und 1910 grosse Unterschiede in der Gestaltung der Ernteergebnisse zur Folge gehabt. Wie aus der Tabelle *h* (Seite 40) hervorgeht, bestätigen diese Versuche also in mehrfacher Hinsicht die Ergebnisse mehrerer Forscher, dass der Vegetationsfaktor Wasser einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Vegetation ausübt. Verfasser hält es denn auch für unbedingt nötig, bevor zu einem Düngungsversuch geschritten wird, mittels eines besonderen Vegetationsversuches zu ermitteln in welcher Weise die Wasserversorgung unter den obwaltenden Vegetationsbedingungen, womit vor allem der Faktor Boden gemeint ist, möglichst günstig zu gestalten ist. Bis jetzt had man allgemein angenommen, dass die Maximalernte bei 60 pct. der Wasserkapazität erzielt wird. Aus den Untersuchungen von PFEIFFER geht aber deutlich hervor, dass dies nicht der Fall ist und dass bisweilen bei 100 pct. der Wasserkapazität höhere Erträge erreicht werden. Auch MIRSCHERLICH kommt in seiner dreizehnten Mitteilung zu demselben Ergebnis. Meine Versuche liefern eine Bestätigung dieser Resultate.

Schliesslich wird die Aufmerksamkeit auf das Ammoniumpermutit gelenkt als ein Stickstoff-haltiges Düngemittel, welches bei Vegetationsversuchen mit Sand zu benutzen ist. Bei nicht zu mässiger Wassergabe wird der Stickstoff des Ammoniumpermutites ebensogut verwertet wie der Stickstoff der leichtlöslichen Verbindungen, während die Gefahr, Stickstoffverluste zu erleiden, völlig ausgeschlossen ist.

In der dritten Abteilung wird der Frage näher getreten, welcher Zusammenhang zwischen dem von den Pflanzen assimilierten und dem nach der methode MITSCHERLICH in Kohlensäure-haltigem Wasser löslichen Stickstoff besteht.

Wie aus den Vegetationsversuchen hervorgeht, nimmt die Haferpflanze im Jahre 1910 unter den obwaltenden Versuchsbedingungen aus 100 gr. N in Form von Ammoniumpermutit ungefähr dieselbe Menge Stickstoff auf, nämlich rund 70 gr. Die Löslichkeit dieser beiden Stickstoffverbindungen in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser (24 Stunden Rührzeit, 30° C.) geht aber ausserordentlich weit auseinander; der Permutitstickstoff erfordert ungefähr eine 1300- bis 1400-fache grössere Wassermenge als der Ammoniumsulfatstickstoff, zur Lösung der von den Haferpflanzen aufgenommenen Stickstoffmenge. Die Methode MITSCHERLICH der Düngemittelanalyse ist also zur gegenseitigen Bewertung der Stickstoffverbindungen Ammoniumsulfat und Ammoniumpermutit als Düngemittel völlig unbrauchbar.

Wenn nun schon bei so einfachen Versuchen wie diese Sandkulturen mit einem einzigen Gewächse von einer Verwertung der zwei benutzten Düngemittel im Sinne MITSCHERLICHS im entferntesten Sinne keine Rede ist, so kommt man unwillkürlich zu der Schlussfolgerung, dass in der Praxis, wo Boden- und Pflanzenart auch eine Rolle spielen, eine allgemein gültige Düngemittelanalyse zu den Unmöglichkeiten gehört.
