

VORDERINGEN DER LANDBOUWSCHEIKUNDE

IN DE LAATSTE 25 JAREN,

BEWERKT NAAR PROF. M. MAERCKER

DOOR

Dr. R. S. TJADEN MODDERMAN.

In de vergaderingen van het Duitsch Chemisch Genootschap te Berlijn worden van tijd tot tijd voordrachten gehouden, waarin de uitkomsten geschetst worden, in belangrijke onderdeelen der chemie verkregen. Daartoe worden de meest bevoegde sprekers uitgenoodigd, bij voorkeur zij, die zelf het door hen te bespreken onderwerp met vrucht bewerkt hebben.

In 1897 is een dergelijke voordracht gehouden door prof. M. MAERCKER van Halle, over de vorderingen der landbouwscheikunde in de laatste 25 jaren. Hoewel dus reeds drie jaar oud, is die in het tijdschrift van het genootschap afgedrukte verhandeling¹ van blijvende waarde en meen ik aan de lezers van het *Album* geen ondienst te doen daaruit het een en ander mede te deelen.

De schrijver begint met de opmerking, dat hij zich wegens de uitgebreidheid van zijn onderwerp bepalen zal tot de toepassingen der zuivere chemie op den landbouw. Het begrip »Agricultuurchemie" toch is allengskens verruimd en omvat thans ook gewichtige toepassingen op het landbouwbedrijf van aan de chemie verwante vakken, met name van de physiologische wetenschappen.

Allereerst worden de vorderingen besproken in de voedingsleer der planten.

De taak, die de landbouwscheikundige ten dien opzichte te vervullen heeft, is opsporen in welke vormen en hoeveelheden voedsel

¹ *Ber. d. D. Chem. Ges.* XXX, 464—477.

aan de planten te geven is, ter verkrijging van de beste en overvloedigste oogsten. Proeven hierover zijn reeds van ouden datum, doch eerst in de laatste kwart-eeuw is men veel verder gekomen door toepassing van de water- (SACHS, KNOOP, NOBBE) en de zandcultuur (HELLRIEGEL). Door deze proeven, waarin planten in zuiver water of zand gekweekt worden, al en niet onder bijvoeging van de stoffen, waarvan men de werking bestudeeren wil, is men ten slotte vrij nauwkeurig aan de weet gekomen welke stoffen de planten voor haar ontwikkeling behoeven, en van vele (niet van alle) is tevens uitgemaakt welke rol zij vervullen, waartoe zij der plant dienstig zijn. Zoo weet men b. v. met zekerheid, dat het phosphorzuur onmisbaar is ter vorming van stikstofhoudende organische stoffen in de plant. De eiwitlichamen toch, waarvan de stofwisseling uitgaat, ontstaan klaarblijkelijk uit een phosphorzuur houdende tusshenverbinding, zooals blijkt uit het lecithine, dat geregeld in het protoplasma voorkomt.¹ Al wordt door sommigen beweerd (GAUTIER, MOLISCH, STOKLASA) dat chlorophyl ijzervrij is, zoo weet men toch stellig, dat voor de vorming van bladgroen de plant verbindingen van dit metaal behoeft en uit het constant voorkomen van zwavel in de eiwitstoffen volgt, dat haar ook dit element moet worden aangeboden.² Naar men weet moet dit geschieden in den vorm van zwavelzure zouten, oplosbaar in het bodemwater.

Langen tijd was de rol van het calcium twijfelachtig, dat stellig een voor de plant onontbeerlijk element is, maar nieuwere onderzoekingen hebben aan 't licht gebracht, dat die onontbeerlijkheid minder toe te schrijven is aan de vorming van de noodige kalkverbindingen, dan wel aan een om zoo te zeggen geneeskrachtige werking,

¹ Het lecithine, een wasachtige stof die, oplosbaar in alcohol en aether, tot een slijm opzwellt in water, komt behalve algemeen in 't plantenrijk ook in het dierlijk organisme voor (hersenen, eidojer). Dat het buitengewoon samegesteld is, blijkt uit de ontleding door een base. Gekookt met barytwater valt het, onder opname van water, uiteen tot glycerinephosphorzuur, stearinezuur en choline, welke laatste stof tegelijk amine en alcohol is.

Het nauw verband tusshen lecithine en 't ontstaan van eiwitstoffen en chlorophyl in de planten is door cultuurproeven aangetoond.

² MAERCKER zegt: »de rol van het ijzer en de zwavel is *vanzelf duidelijk*, omdat het ijzer een bestanddeel van het chlorophyl en de zwavel er een van de eiwitstoffen is.» Waarschijnlijk heeft hij hierbij weinig nagedacht en heb ik althans gemeend daarvoor iets dat minder afdoende, maar beter verdedigbaar is in de plaats te moeten stellen.

Als het zoo gemakkelijk was uit te maken welke rol een element in plant of dier vervulde, dan zou de leer der stofwisseling veel vereenvoudigd zijn. Dat de schrijver het overigens zelf niet geloof, blijkt uit 't geen hij over het calcium laat volgen.

hierin bestaande dat het voor de planten giftige zuringzuur, dat geregeld als intermediair oxydatieproduct der koolhydraten optreedt, door het calcium gebonden wordt tot het onschadelijke calcium-oxalaat. Vroeger werd aan 't calcium een gewichtige functie toegeschreven in de bladeren, doch daar in deze laatste vooral het zuringzuur gevormd wordt, is het begrijpelijk dat zich hier ook het calcium voornamelijk ophoopt.

Reeds lang wist men, dat planten die veel koolhydraten voortbrengen voor haar ontwikkeling rijkelijk kalium behoeven. Doch het zekere bewijs, dat dit element bepaald verband houdt met de vorming van genoemde organische groep, is eerst voor eenige jaren geleverd door HELLRIEGEL. Deze toonde door nauwkeurige cultuurproeven aan, dat, als men suikerbieten trapsgewijze kali-zouten in de bemesting onthield, op een bepaald punt van ontwikkeling de suikervorming eenzijdig daalde, in verhouding tot de geheele productie aan droge stof. Natuurlijk wordt hiermede niet beweerd, dat dit de eenige functie van 't kalium zijn zou: vindt men toch in het protoplasma steeds aanzienlijke hoeveelheden kali-zouten en is zonder kalium werkzaamheid in het protoplasma ondenkbaar.

Het magnesium schijnt een rol te spelen in de vorming van de stikstofverbindingen der graankorrels, omdat deze geregeld groote hoeveelheden magnesium-phosphaat bevatten, maar dit element bewijst aan de plant vermoedelijk nog andere diensten, die nog niet opgehelderd zijn.

De onontbeerlijkheid der stikstof volgt reeds hieruit, dat dit element in de eiwitstoffen voorkomt. Zonder deze laatsten kan geen protoplasma ontstaan, dat met zijn menigvuldige fijn georganiseerde stikstofverbindingen de draad is waarvan alle stofwisseling in de plant uitgaat.

Onverklaard is nog de rol van het chloor in de plant. De bewering, dat dit element voor de vorming en het vervoer van het zetmeel noodig zou zijn, wordt door onderzoekingen van den laatsten tijd eenigszins tegengesproken.

Aan het natrium en het kiezelzuur schijnen in de plant geen bepaalde werkzaamheden opgedragen te zijn; toch kunnen zij in sommige gevallen nut doen. Zoo heeft P. WAGNER aangetoond, dat het kalium ten deele door natrium vervangbaar is, zoodat men met beperkte hoeveelheden kalium niettemin een weelderigen plantengroei kan verkrijgen, mits er tevens bepaalde hoeveelheden natrium beschikbaar zijn. Het nut van de genoemde stoffen schijnt overigens vooral hierin te bestaan, dat ze op voor den landbouwer goedkope wijze den zoogenoemden asch-honger (Mineralstoffhunger) der plant kunnen be-

vredegen. Want behalve dat sommige anorganische stoffen bepaalde functies te verrichten hebben, schijnt het dat de planten in 't algemeen voor haar gedijen behoefte hebben aan een zekere hoeveelheid minerale stoffen. De aard van deze schijnt tamelijk onverschillig te zijn, ze kunnen elkander althans binnen zekere grenzen vervangen. Een voorbeeld, aan proeven van EMIL WOLFF ontleend, moge dit ophelderen. Deze besloot uit cultuurproeven, dat er voor de productie van 100 gram droge stoffen der haverplant 0,5 gram phosphorzuur vereischt werd, wanneer er overvloed was van de overige noodige minerale stoffen, met name van kalium, calcium, magnesium en zwavelzuur. Was dit het geval, dan moest in de asch van 100 gram der gedroogde haver minstens zijn:

0,50	gram	phosphorzuur.
0,80	»	kaliumoxyde.
0,25	»	calciumoxyde.
0,20	»	magnesiumoxyde.
0,20	»	zwavelzuur.

Som 1,95 gram.

Diensvolgens waren er dus 1,95 gram van de genoemde minerale stoffen noodig om 100 gr. droge haverstof voort te brengen. Doch een haverplant met zoo weinig aschbestanddeelen komt in de natuur niet voor, en het minste, dat een normale haverplant bevat is 3 procent asch en van daar dan ook, dat men met bovenstaande 1,95 gram niet meer dan omstreeks 65 gr. droge haverstof kan voortbrengen. Als men nu evenwel aan de haverplant, behalve die 1,95 gr. aan phosphorzuur, kali, enz., nog 1,05 gr. mineraalstoffen geeft, onverschillig welke, b. v. natronzouten en kiezelzuur, dan zal men de volle opbrengst van 100 gr. droge haverstof kunnen verkrijgen. Die 1,05 gram hebben derhalve geen bepaald werk in de plant te verrichten, ze dienen slechts om te voldoen aan 't geen men den aschhonger der plant genoemd heeft. Deze waarneming is van belang voor de praktijk, want er volgt uit, dat men verkwistend te werk zou gaan, als men met de kostbare meststoffen niet alleen de wezenlijke behoeften der plant aan phosphorzuur, kali, enz. vervullen, maar daarmede ook nog haar aschhonger bevredigen wilde, die veel goedkooper te stillen is door zulke indifferente stoffen als natronzouten en kiezelzuur. Er volgt onmiddellijk uit, dat b. v. het mesten met dure zuivere kalizouten irrationeel is, aangezien men even ver komt met de veel goedkoopere, ruwe kali-zouten, die in hun verontreinigingen genoeg indifferente stoffen meebrengen voor den aschhonger der plant.

De onderzoekingen over de stofwisseling der planten zijn in de laatste jaren door fraaie proefnemingen, vooral van ERNST SCHULZE, in Zurich, aangevuld, die het uiteenvallen van stikstofhoudende stoffen tot eenvoudiger verbindingen ophelderden. Met name heeft men daardoor een rijk materiaal verkregen voor de kennis der splitsingsproducten van de eiwitlichamen in de plantencellen. Dit zal later zeer te stade komen om de constitutie der eiwitstoffen vast te stellen. Als algemeene uitkomst van SCHULZE's onderzoekingen zij vermeld, dat de stofwisselingsproducten van de niet-groene plantencel in hoofdzaak dezelfde zijn als door BAUMANN en anderen in de dierlijke cel zijn aangetoond. De stofwisseling der cel schijnt dus in de twee groote afdeelingen der levende natuur zeer veel overeenkomst te bezitten en aan dezelfde wetten te gehoorzamen.

Onze kennis van den bouwgrond is niet in gelijke mate vooruitgegaan, als die van de daarop groeiende planten. Aan onderzoekingen op dit overigens zeer moeilijk gebied heeft het wel is waar niet ontbroken, maar men kwam langzamerhand tot de overtuiging, dat chemische analyses alleen van weinig nut zijn en het volstrekt noodig is tegelijkertijd de mechanische en physische toestanden te bestudeeren.

Tengevolge van die overtuiging hebben ORTH en anderen de mechanische bodem-analyse tot meerdere volkomenheid gebracht, in die mate zelfs, dat men daardoor een beteren grondslag ter beoordeeling van de vruchtbaarheid van den bouwgrond krijgt, dan de chemische analyse geven kan.

De hoofdfactor van de vruchtbaarheid van den bodem is en blijft het water. In welke hoeveelheden en op welke wijze dit voorhanden is, hangt in hooge mate van de physische gesteldheid van den grond af en de mechanische grond-analyse kan hierover inlichtingen geven en tevens de middelen aan de hand doen ter verbetering. Een chemische analyse van den geheelen bodem daarentegen geeft maar karig uitsluitel over de vruchtbaarheid, omdat van de totaal gevondene hoeveelheden voedingsstoffen slechts die onbekende fracties voor den plantengroei van belang zijn, die zich in zulk een gunstigen toestand (fijne verdeling vooral) bevinden, dat zij door het koolzuurhoudend bodemwater in oplossing kunnen komen. Die fijnverdeelde stoffen staan voorts in nauw verband tot de chemische gesteldheid van den bodem, zijn waterhoudend vermogen, samenhang, enz. en hierom is de bepaling van de hoeveelheid fijne bestanddeelen, d. i. van die zich laten afslibben, van 't hoogste belang. Dit nu leert ons de mechanische bodem-analyse.

Hiermede wordt evenwel niet beweerd, dat een chemische analyse,

met name van dit fijne, afslibbare deel, altijd overbodig zou wezen. Ongetwijfeld kan die van nut zijn, maar dan toch slechts van een beperkt nut. In één geval zelfs, dat dikwerf genoeg voorkomt, is de chemische analyse alleen beslissend, namelijk als daaruit blijkt, dat de bodem van een gewichtig plantenvoedsel slechts sporen bevat. Het spreekt dan wel van zelf, dat die stof door bemesting moet worden aangevoerd. Heeft daarentegen omgekeerd de analyse geleerd, dat de bodem betrekkelijk rijk is aan een of ander bestanddeel, dan volgt daaruit nog niet dat de planten daarvan genoeg kunnen krijgen; want die stof kan heel wel in zulk een moeilijk oplosbaren, of slecht verdeelden staat voorkomen, dat de plantenwortels haar niet kunnen opnemen. Dit geval doet zich dikwerf voor bij de stikstof. Deze komt in de akkeraarde grootendeels voor in humusstoffen, maar deze chemisch slecht gekarakteriseerde verbindingen gedragen zich in den bodem op zeer uiteenlopende wijze. Wel is waar zijn ze steeds stikstofhoudend, doch nu eens geven zij, onder medewerking van mikro-organismen, haar stikstof rijkelijk in voor de planten bruikbaren vorm af, dan eens blijken zij moeilijk ontleedbaar. En aangezien de chemische analyse daarover niet inlicht, is zij buiten staat uit te maken of een bodem al of niet stikstof behoeft. Dit is zoo waar, dat er veengronden voorkomen, die zeer rijk aan stikstof zijn, omdat zij bijna alleen uit humusstoffen bestaan, en die toch een stikstofbemesting behoeven.

't Zelfde geldt voor het phosphorzuur, dat in den bodem in licht en in moeilijk oplosbaren vorm voorkomen kan. Het in den mest voorhanden oplosbare phosphorzuur wordt door de bouwaaarde opgeslorpt, onder vorming van dicalciumphosphaat, dat betrekkelijk gemakkelijk in het koolzuurhoudend bodemwater oplost. Langzamerhand evenwel gaat het over in het veel moeilijker oplosbare tricalciumphosphaat en ten slotte zelfs in ijzer- en aluminium-phosphaten, die waarschijnlijk nog veel moeilijker oplosbaar zijn. Hieruit volgt niet alleen, dat het phosphorzuur door lang liggen in den bodem aan werkzaamheid verliest, maar ook dat de chemische analyse, die de in verschillende toestanden voorkomende hoeveelheden phosphorzuur ter nauwernood onderscheiden kan, vrij machteloos is.

Daarentegen kunnen wij de behoefte van de bouwaaarde aan kalk en kali door de chemische analyse met zekerheid ontdekken. De kalk kan hoofdzakelijk alleen nut doen als koolzure en als humuszure kalk, twee vormen, die de chemische analyse gemakkelijk aantoot. De door den bouwgrond opgeslorpte kali-zouten gaan over in zeolithen, d. i.

in kiezelzure verbindingen, die door zoutzuur gemakkelijk ontleed worden. Het kalium komt dan als chloorkalium weer in oplossing. Evenals door zoutzuur, worden de zeolithen ook door het koolzuurhoudend bodenwater aangetast, alleen langzamer. Het aldus voorhanden kalium kan de analyse gemakkelijk onderscheiden van het veel vaster gebondene in veldspathen, dat eerst in den loop der tijden door verweeren voor de planten, in kleine hoeveelheden tegelijk, ter beschikking komt. Men kan daarom uit de hoeveelheid kalium, door zoutzuur van bepaalde verdunning aan de bouwaarde onttrokken, vrij goed haar behoefte aan dit element beoordeelen.

Aangezien de chemische analyse ons dus voor vele voedingsstoffen der planten in den steek laat, zal men wellicht uit het voorgaande besluiten, dat wij nog zeer achterlijk zijn in het beoordeelen van de behoefte der bouwaarde aan bepaalde bemesting. Dit is intusschen niet het geval, want men heeft een andere wijze van onderzoek verzonnen, hierin bestaande dat men den bodem niet in 't laboratorium, maar op het land zelf en wel door de te verbouwen planten analyseert.

Men gaat in deze cultuurproeven aldus te werk. Stel dat men onderzoeken wil of een bouwgrond aan toevoer van phosphorzuur behoefte heeft. Men zal dan daarop een plant verbouwen, die men rijkelijk van alle voedingsstoffen voorziet, behalve van phosphorzuur en de verkregene opbrengst met die van dezelfde plant vergelijken op een overigens gelijken bodem, doch die tevens rijkelijk van phosphorzuur voorzien was. Bovendien onderzoekt men nog hoeveel phosphorzuur de planten in de beide gevallen aan den grond onttrokken hebben. Door dergelijke proeven is men inderdaad veel verder gekomen. Men heeft daardoor vastgesteld, dat verschillende planten, onder geheel gelijke omstandigheden, uit denzelfden bouwgrond zeer verschillende hoeveelheden voedingsstoffen putten en dienovereenkomstig een zeer onderscheidene opbrengst geven. Aan den eenen kant zijn er veel eischende planten, zooals: tarwe, gerst, rogge, suikerbieten en aan den anderen ook, die met weinig voor lief nemen, zooals: erwten, lupinen en de meeste peulvruchten, aardappelen, enz. Hieruit volgt natuurlijk, dat men den vruchtomloop naar de behoeften der planten aan voedingsstoffen regelen moet en het verkeerdt zou zijn twee veeleischende planten op elkaar te laten volgen. Rationeel handelt men daarentegen, als men een veeleischend gewas rijkelijk mest geeft en daarna een minder verlangende vrucht verbouwt, die genoeg heeft aan 't geen van den mest nog in den bodem achterbleef.

Voorts leerde men door die cultuurproeven de werking van voedingsstoffen in haar verschillende verbindingsvormen kennen en vond b.v. dat, wanneer voor de stikstof het nuttig effect als salpêter = 100 is, dat in den vorm van ammoniak = 85 a 90 en in dien van eiwit = 60 is.

Zoo als te begrijpen is, heeft de landbouwpraktijk met die waarnemingen sedert lang haar voordeel gedaan en een gevolg daarvan is geweest, dat het gebruik van salpeter als mest verbazend is toegenomen. Zelfs de betrekkelijke waarden der gebezigde meststoffen kan men berekenen. Als men b.v. voor stikstof in den vorm van ammoniakzout evenveel te betalen heeft, als voor dezelfde hoeveelheid als salpeter, dan is de eerstgenoemde meststof klaarblijkelijk te duur, enz.

De cultuurproeven, die natuurlijk op verschillende soorten van bouwgronden genomen worden, hebben ook aan 't licht gebracht, dat een en dezelfde vorm, waarin een voedingsstof aan de planten wordt aangeboden, niet altijd voor elken bodem de beste is. Zoo is b.v. het bovengezegde over de betrekkelijke bemestingswaarde van stikstof in de verschillende bindingen niet geldig voor zeer lichte zandgronden, die een stikstof-bemesting het doelmatigst ontvangen in den vorm van eiwitlichamen. Voor die uitzondering bestaat een physische reden: het licht oplosbare salpeter wordt in lichte zandgronden door 't regenwater snel benedenwaarts gevoerd, zoodat het aan de wortelvezelen ontgaat, terwijl de langzaam ontledende eiwitstoffen onder 't vochtige zand beter gemengd blijven en als ammoniak en salpeter de stikstof eerst langzamerhand voor de vezelen beschikbaar stellen. Terwijl salpeter dan ook voor de zwaardere gronden op groote schaal gebezigd wordt, is 't gebruik van dezen kunstmest op lichtere gronden zeer beperkt.

Gelijk bekend is, worden in de ijzer- en staalindustrie, als bijproduct van het THOMAS-GILCHRIST-proces, de zoogenoemde THOMAS-slakken verkregen, waarvan WAGNER te Darmstadt proefondervindelijk aantoonde, dat zij gemalen tot een fijn meel een uitnemende meststof opleverden, door haar aanzienlijk gehalte aan phosphorzure kalk. Binnen weinige jaren vond deze nieuwe kunstmest zooveel ingang, dat de totale productie in Duitschland, die op ongeveer 14 miljoen centenaar per jaar geschat wordt, vlot aan de landbouwers verkocht werd.¹ Ja

¹ De invoering van het slakkenmeel als meststof is evenwel, z. a. men wellicht uit den tekst zou afleiden, niet alleen aan P. WAGNER te danken, MAERCKER'S stadgenoot. Reeds vóór en ten deele gelijktijdig met dezen, (1886) hebben C. SCHEIBLER en G. HOYERMANN genoemd afvalproduct voor den landbouw aanbevolen en diensengevolge werd reeds in bovengenoemd jaar 25000 ton slakkenmeel verkocht. 't Is evenwel mogelijk, dat de eerste cultuurproeven door WAGNER genomen werden.

op dit oogenblik kan men zeggen, dat de landbouwers een groot gemis zouden gevoelen, als het thomasphosphaatmeel hun begaf. En, wat niet minder opmerking verdient, de geheele ijzerindustrie is daarbij ontzachelijk gebaat. Was men vroeger met dit afvalproduct verlegen, zoodat men aan ijzerertsen arm aan phosphorzuur de voorkeur gaf, thans heeft men ze liever zoo rijk mogelijk daaraan, zoodat zij veel Thomasslakken geven. In één woord: 't vroegere lastig bijproduct geeft thans een aardige tegemoetkoming.

Op gelijke wijze is het met de kali-zouten gegaan, die sedert ongeveer 1860 bijproduct der zoutgroeven van Stassfurt en Anhalt, door de cultuurproeven van dr. SCHULTZ te Lupitz en anderen, van groote waarde voor den landbouw bleken en op groote schaal als kunstmest gebezigd worden.

Men kan op grond van al de boven besprokene cultuurproeven veilig beweren, dat wij de opbrengst der cultuurgewassen, voor zooverre die van de behoeften van den bodem afhankelijk is, volkomen beheerschen. Kan men toch met zekerheid bepalen, hoeveel van de benodigde voedingstoffen aan elken bodem gegeven moet worden, om de hoogst mogelijke opbrengst te verkrijgen. Een opmerkelijk gevolg van de onderzoekingen op dit gebied is, dat onze denkbeelden over de cultuurwaarde van de bouwgronden geheel gewijzigd zijn. Kon men vroeger van mageren, onvruchtbaren zandgrond slechts heel geringe oogsten winnen, zoodat men daarvan steeds geringschattend sprak, men is thans in staat op zulk een zandgrond, door middel van goed gekozen meststoffen verrassende uitkomsten te verkrijgen, die maar weinig achterstaan bij die van de beste akkers. Een gewichtig handelsgewas, dat aanvankelijk alleen tot zware gronden beperkt was, de beetwortel, wordt thans met voordeel ook op zandgronden verbouwd.

Doch gelijk geen betoog behoeft, aan mislukken van den oogst staat men toch nog altijd bloot, want al heeft men ook nog zoo goed voor den vereischten mest gezorgd, als de hemel niet ter rechter tijd zijn sluizen opent en de zon het aan licht en warmte laat ontbreken, dan is al de moeite van den landman tevergeefs.

Men zou nu wellicht van meening kunnen zijn, dat aangezien men zoo goed de kunst verstaat de plant te geven wat zij voor een weelderigen groei behoeft, de wetenschappelijke landbouw een zekere hoogte bereikt had, die niet te overschrijden is en dat het althans niet mogelijk is de planten-productie nog te doen klimmen. Nu is, zooals men begrijpt, de wasdom van elke plant beperkt door haar

eigen individualiteit en reproductievermogen. Door ruimere bemesting kan men de daardoor gestelde grens niet overschrijden; integendeel loopt men gevaar door al te rijkelijke voeding het weerstandsvermogen te verzwakken en de plant ziekelijk te maken. Maar toch kan men op andere wijze het productievermogen der plant in een voor den mensch wenschelijken zin verhoogen en zodoende toch als 't ware de grens overschrijden, die de natuur scheen gesteld te hebben. Men kan namelijk door de teeltkeus, die tot groot nut van den landbouw tot in de fijnste bijzonderheden bestudeerd is, rassen van cultuurplanten verkrijgen, die door haar eenzijdige ontwikkeling juist die eigenschappen in hooge mate bezitten of dat product rijkelijk opleveren, waarom het den kweeker in de eerste plaats te doen is. Een bekend voorbeeld is de bietenbouw. Terwijl het suikergehalte der beetwortels aanvankelijk de 10 pct. niet of weinig te boven ging, is 15 tot 20 pct, of zelfs nog iets hooger, tegenwoordig in goede jaren geen zeldzaamheid. Ja, men kan zeggen, dat men thans, als alles meeloopt, van denzelfden lap gronds de dubbele hoeveelheid suiker wint, waarmee men zich vroeger tevreden stelde.¹ De suiker is dan ook goedkooper geworden dan meel: voor 1 kilo ruwe suiker betaalt men, zonder de belasting, nog geen 12 cent.

Op soortgelijke wijze is ook de graanbouw verbeterd en bezit men thans rassen van tarwe, rogge, enz. die een opbrengst geven, waarvan men vroeger geen voorstelling had. Niet het minst is men gelukkig geweest met een voor 't bierbrouwen uitmuntend geschikte variëteit van de gerst.

De eigenschappen, die men door teeltkeus aan de planten gegeven heeft, gaan nu evenwel licht weer verloren, zoodra zij door wijziging van bodem of bemesting in omstandigheden komen, die voor de kunstmatig in één richting opgedreven eigenschappen minder gunstig zijn. Men heeft daarom zorgvuldig alles moeten nagaan wat bij de cultuur van invloed was op 't overerven der verkregen eigenschappen, waardoor die behouden bleven of wel verzwakt werden, ten einde op die wijze den landbouwers steeds de hoogste opbrengsten te verzekeren, voor zooverre die van onze bemoeiingen afhankelijk zijn. De landbouwchemie der laatste jaren heeft ook in dat opzicht op groote vorderingen te wijzen, waarop niet het minst de duitsche wetenschap reden heeft trotsch te zijn.

¹ Dit onderwerp is nog onlangs door prof. DE VRIES in dit tijdschrift (blad. 33 van dezen jaarg.) zoo uitvoerig besproken, dat ik de nadere mededeelingen van MAERCKER hierover heb weggelaten.

De belangrijkste onderzoekingen van den jongsten tijd houden verband met den kringloop van de stikstof, inzonderheid met haar overgang uit den vrijen staat in verbinding en omgekeerd uit den gebonden toestand tot vrije stikstof, wat ongeveer neerkomt op haar heen en weer gaan tusschen de onbewerktuigde en bewerktuigde natuurrijken.

De kringloop van de koolstof is in hoofdtrekken al lang bekend. Het koolzuur wordt door de groene plantendeelen uit de lucht opgenomen en in zetmeel en andere organische stoffen veranderd; deze laatste worden door de dieren, ten deele makro-, ten deele mikro-organismen, weer in eenvoudiger verbindingen omgezet en ten slotte geoxydeerd. Dientengevolge krijgt dan de dampkringslucht de koolstof als koolzuur terug.

Moet men ook al toestemmen, dat die omloop in bijzonderheden nog nadere ophelderingen behoeft, vooral voor den eersten overgang van 't koolzuur in de plant tot organische stof; met de stikstof was het tot voor korten tijd nog veel ongunstiger gesteld. Wist men ook, dat de elementaire stikstof door electriche ontladingen in de atmosfeer gebonden werd en vervolgens, met zuurstof en waterstof vereenigd, door de atmosferische neerslagen onder 't bereik der plantenwortels gebracht werd, deze weg scheen onvoldoende om de terugkeer van de stikstof der lucht tot de plantenwereld te verklaren en vandaar dat vele onderzoekers proeven ondernamen, waarvan het doel was uit te maken of wellicht zoo niet alle, dan toch sommige planten het vermogen bezaten om direct stikstof uit de lucht op te nemen. De vaak tegenstrijdige uitkomsten dezer moeilijke proefnemingen waren over 't geheel onbevredigend. We zijn nu eindelijk een heel eind verder gekomen door de vermaarde onderzoekingen van HELLRIEGEL over de stikstofvoeding der peulvruchten.

Reeds lang was het aan den landbouwer bekend, dat de bovenvermelde moeilijkheid om voldoende hoeveelheden stikstof door middel van de atmosferische neerslagen, als salpeterzuur en ammoniak, te ontvangen, voor de plantengroep der leguminosen niet scheen te bestaan. Niet alleen, dat ze geen of weinig behoefte toonden aan stikstof houdende bemesting, maar men merkte zelfs op dat zij, wat betreft de stikstof, den bodem in een beteren toestand achterlieten, dan zij dien vonden. Men noemde ze daarom stikstofverzamelaars. HELLRIEGEL nu, de reden hiervan opsporende, vestigde zijn aandacht op de grootere of kleinere knolletjes, die aan de wortelen der peulvruchten te zien zijn. Het mikroskopisch onderzoek leerde dat dezen uit mikro-organismen bestaan. Men heeft daarvan reïnculturen gemaakt en ze op wortels van leguminosen weer ingeënt, wat dan nieuwe knolletjes deed ontstaan. Die

mikro-organismen staan nu in een bepaald verband met het eigenaardig vermogen der peulvruchten om te groeien en tot wasdom te komen, zonder dat zij een stikstofbemesting ontvangen hebben. Hoewel de juiste toedracht nog onbekend is, moeten het ongetwijfeld die wortelknolletjes zijn, die stikstof uit de atmosfeer opnemen en in verbindingen overbrengen, geschikt om de plant te voeden — althans heeft men nog nooit een peulplant aangetroffen, die zich als een »stikstofverzamelaar» deed kennen en die van zulke wortelknolletjes niet voorzien was. HELLRIEGEL schildert de ontwikkeling eener peulvrucht aldus: na 't uitzaaïen, teert de zich goed ontwikkelende plant nog een tijd lang op de stikstofhoudende reservestoffen van het zaad; doch als deze verbruikt zijn en men zorg droeg dat de bodem arm aan stikstof was, dan komt er een stilstand in den groei, de kleur wordt bleeker en men neemt de karakteristieke verschijnselen waar van stikstof-honger. Na eenige dagen verdwijnen die evenwel weer, de planten worden frisch groen en van nu af gaat de groei geregeld en flink door tot het eind. Had men de plant op genoemd tijdstip van kwijning onderzocht, dan zou men aan de wortels talrijke knolletjes gezien hebben en opgemerkt dat van den tijd af waarop die knolletjes zich ontwikkelden, het ook met den stikstof-honger der plant gedaan was.

Deze waarneming van HELLRIEGEL is voor den praktischen landbouw van verbazend veel gewicht, omdat zij de wijze leert, waarop wij doelmatig in de stikstofbehoefden der cultuurplanten kunnen voorzien. Wij kunnen naar goedvinden den voorraad van den bodem aan gebonden stikstof vermeerderen of verminderen: vermeerderen, door in den vruchtomloop een stikstofverzamelend peulgewas in te lassen en verminderen, als wij daarop een stikstof-verterende plant (b. v. een graangewas) laten volgen, die het toegenomen stikstofkapitaal aanspreekt. De meest praktische vruchtomloop, die men, zoo eenigermate doenlijk, thans volgt, berust hierop, dat men voortdurend gewassen op elkander volgen laat, die beurtelings 't stikstofgehalte van den bodem vermeerderen en verminderen en men kan daardoor in gunstige gevallen de beschikking over zulk een aanzienlijk stikstofkapitaal verkrijgen, dat men een bepaalde bemesting met stikstofverbindingen geheel ontberen kan. Een verder gevolg is, dat men reïnculturen van de knolbacteriën aanlegt, om daarmede peulvruchten in te enten op die bouwgronden, waarin deze mikro-organismen ontbreken, en de planten derhalve zich op de geschetste wijze niet van stikstofverbindingen kunnen voorzien. Zooals men begrijpen kan, moeten voor dit doel die knolbacteriën in rijkelijke

mate aanwezig zijn, en gelijk de ervaring geleerd heeft is dat lang niet in alle bouwgronden het geval. Door enten is daaraan tegemoet te komen, ja men heeft daardoor het middel in de hand elke peulvrucht in alle soorten van bouwgronden tot een stikstofverzamelaar te maken. De praktische gevolgen van deze grond-inenting zijn op dit oogenblik nog niet geheel na te gaan, maar 't is volstrekt niet onmogelijk, dat die door NOBBE te Tharand in Saksen ingevoerde inenting het middel zal worden om van de oogsten der peulvruchten het welslagen te verzekeren.

Die stikstofverzamelaars worden nu òf vervoederd, door het vee verteerd, òf de stikstofverbindingen der peulvruchten verrotten, onder medewerking van lagere organismen. In beide gevallen valt daardoor het eiwit uiteen tot amidon, die door de werking van fermenten ras tot koolzure ammoniak worden omgezet. Daarmede zijn evenwel de chemische veranderingen in de bouwgraad nog niet voltooid, want de daarin nooit ontbrekende salpetervormende bacillen maken zich van de ammoniak-verbindingen en waarschijnlijk ook van de amidon meester en vormen daaruit ten slotte salpeter, het beste stikstofhoudend voedsel voor de plant. Doch de totale hoeveelheid, die daarvan in den bouwgrond ontstaat, of als zoodanig daaraan door bemesting gegeven wordt, komt aan het gewas nooit geheel ten goede, want in den bodem zijn ook bacillen, die de salpeterzure zouten aantasten en men daarom salpeter-vreters genoemd heeft. Door hun vernielend werk wordt de stikstof uit de salpeters als zoodanig aan de atmosfeer teruggegeven, zoodat de kringloop van dit element hiermede voltooid is. Aan het tieren der salpeterende bacillen is afsluiting der lucht bevorderlijk. Deze is nu wel is waar in den bouwgrond niet volkomen, maar de circulatie der luchtgassen is er toch beperkt genoeg om de bacillen niet al te zeer in hun voortkomen te belemmeren. Zij hechten zich aan stroo en bladen en worden op die wijze met den stalmest in den bodem gebracht. Als men fijn gehakt stroo of de vaste excrementen van zoogdieren (zeer geschikt is paardenmest) met een oplossing van salpeter overgiet en onder afsluiting van de lucht wegzet, dan ontstaat weldra een levendige gisting, onder ontwikkeling van stikstofgas.

Men ziet, dat de landman dus voortdurend groote verliezen aan salpeter lijdt, dus juist aan die stikstofverbinding welke voor hem de meeste waarde heeft. In den stalmest van het vee, bestaande uit de vaste en vloeibare excrementen en het strooisel, komen steeds zowel de salpetervormende als de salpetervernielende bacillen voor,

en al naar dat de toegang der lucht meer vrij of beperkt is, zal er nu eens salpeter gevormd, dan eens weer ontleed worden. Het werk van de eerstgenoemden moge op den eersten oogopslag voordeelig voor den landbouwer schijnen, omdat zij de oorspronkelijk in organische stoffen voorkomende stikstof in de verbinding overbrengen, die de plant behoeft, per slot van rekening komt hun arbeid grotendeels aan de salpetervernietigende bacteriën ten goede. Men heeft berekend, dat het hierdoor in Duitschland jaarlijks geleden verlies een kapitaal vertegenwoordigt van minstens een paar honderd millioen mark. Bestond dit euvel niet, dan zou 't mogelijk zijn, dat de stal mest zoo veel stikstof in bruikbaren vorm aan de planten toevoerde, dat de akkerbouw, onder bijrekening van 't geen de peulvruchten nog aanzamelen, eerder overvloed dan gebrek aan stikstof had. Jammer is dit laatste nog het geval en zijn de landbouwers mitsdien nog genoodzaakt jaarlijks millioenen centenaars salpeter aan te koopen. Als men de kunst verstond de stikstof van den stal mest in bruikbaren vorm voor de planten te behouden, dan zou ons nationaal vermogen jaarlijks met een aanzienlijk bedrag toenemen.

Onnoodig te zeggen, dat sedert dit feit aan 't licht gebracht is, de landbouw-chemici de hulp der bacteriologen hebben ingeroepen en men met koortsachtigen haast bezig is de oorzaken van 't stikstofverlies grondig na te gaan en middelen uit te denken om aan de stikstofverkwisting paal en perk te stellen. Tengevolge van dien, is 't vraagstuk wel is waar nog niet in alle deelen opgelost, maar men kan nu toch beslist zeggen, dat men op den goeden weg is en dat men de hoop mag koesteren na niet al te langen tijd het vurig beoogde doel te bereiken. Zooals in den aard der zaak ligt, moet de oplossing van het probleem meer op bacteriologisch dan op chemisch gebied liggen en daarom heeft men dan ook reeds op verschillende proefstations afdelingen ingericht voor bacteriologisch onderzoek.

Het medegedeelde heeft alleen betrekking op den akkerbouw. Buiten beschouwing bleven de vorderingen der agricultuur-chemie in de overige takken van den landbouw, zooals de voedingsleer der dieren, veeteelt, melk- en kaasbereiding, ontginning en behandeling van veen- en heidegronden. Uit het verzwijgen daarvan mag natuurlijk niet worden afgeleid, dat ook niet daarin belangrijke vooruitgang verkregen is.