

Open mee 02963

492

492

bodemscheikunde,  
grensvlak tussen  
bodem, scheikunde  
en milieu

door prof. dr. W.H. van Riemsdijk

ONTVANGEN

26 JULI 1991

CB-KARDEX

Landbouw universiteit

71230

# **BODEMSCHEIKUNDE, GRENSVLAK TUSSEN BODEM, SCHEIKUNDE EN MILIEU**

door prof.dr. W.H. van Riemsdijk



**Inaugurele rede uitgesproken op 13 juni 1991 bij  
de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de  
bodemscheikunde aan de Landbouwniversiteit te  
Wageningen**

# BODEMSCHEIKUNDE, GRENSVLAK TUSSEN BODEM, SCHEIKUNDE EN MILIEU

Mijnheer de Rector, geachte dames en heren,

## *Historisch perspectief*

De huidige leerstoel Bodemscheikunde is ontstaan door de samenvoeging van de Bodemscheikunde met de chemische grond- en gewasanalyse. De bodemscheikunde houdt zich bezig met de bestudering van de chemische processen in de bodem en heeft sterke raakvlakken met onder andere de fysische en kolloidchemie en de grensvlakchemie. De chemische grond- en gewasanalyse houdt zich bezig met het ontwikkelen van chemische analysemethoden ten behoeve van onderzoek van grond en gewas maar ook van materialen zoals compost, mest, mestkorrels, grondwater etc. De chemische grond- en gewasanalyse heeft in eerste instantie raakvlakken met de analytische chemie en wordt sterk beïnvloed door de opkomst van nieuwe analyse technieken. Nieuwe technieken vormen een uitdaging om de mogelijkheden voor de chemische analyse van genoemde systemen te verbeteren en uit te breiden. In het kader van het leerstoelenplan van de Landbouwuniversiteit is inmiddels voorgesteld om de naam van de leerstoel te wijzigen in: Bodemscheikunde en Chemische Grond- en Gewasanalyse.

De interesse in zowel de chemische processen in de bodem als de chemische analyse van grond en gewas vindt zijn oorsprong in de problematiek van de bodemvruchtbaarheid en de bemesting. In de vorige eeuw

begon de opkomst van de toepassing van de natuurwetenschappen op landbouwkundige problemen. De chemische aspecten van de landbouw vielen onder de leeropdracht landbouwscheikunde. Een van de eerste hoogleraren met deze leeropdracht was Petrus Driessen die in 1797 werd benoemd aan de Universiteit van Groningen (1).

Aankankelijk dacht men dat de plant zich uitsluitend voedt op basis van de natuurlijke organische stof in de bodem, de humusstoffen. In het midden van de vorige eeuw kwam men tot het inzicht dat de plant anorganische verbindingen uit de bodem en  $\text{CO}_2$  uit de lucht opneemt ten behoeve van zijn groei. Enkelé onderzoekers die aan dit inzicht hebben bijgedragen zijn Joseph Dieudonné Boussingault, A.F. Wiegman en Justus von Liebig (1). Deze nieuwe kennis leidde vrijwel direct tot het inzicht dat de voorraad aan plantenvoedende stoffen vermindert ten gevolge van de oogst en dat het om rooibouw en uitputting van de bodem te voorkomen nodig is om deze voorraad aan te vullen via bemesting. Reeds in 1843 werd de eerste "superfosfaat" fabriek gebouwd, welke aanvankelijk beendermeel en later fosfaatmineralen als grondstof gebruikte. Als grondstof voor stikstofmeststof werden aanvankelijk afzettingen gebruikt ontstaan ten gevolge van excreties van vogels zoals guano, later ammonium sulfaat dat vrij komt bij de produktie van stadsgas en vanaf het begin van deze eeuw wordt de stikstof uit de lucht gebruikt als uitgangspunt voor het bereiden van stikstofhoudende meststoffen. Kalium meststoffen worden vanaf 1860 geproduceerd op basis van de winning van kalium houdende mineralen.

Deze nieuwe inzichten waren van dermate groot praktisch belang dat in 1876 zowel de Rijkslandbouwschool

als het eerste Rijkslandbouwproefstation werd gesticht, beide in Wageningen (1, 2, 3). Een bekend Nederlands Landbouwchemicus uit die tijd is Jacob Maarten van Bemmelen die in 1874 hoogleraar werd in Leiden. Eén van de zaken waarmee hij zich bezig heeft gehouden is het grondonderzoek ten behoeve van de bepaling van de vruchtbaarheidstoestand, o.a. ten behoeve van polders die in die tijd net waren drooggelegd, en onderzoek naar de samenstelling van veevoer. Van Bemmelen heeft ook veel aandacht besteed aan de bestudering van adsorptieverschijnselen en wordt daarom ook als een van de grondleggers van de kolloïdchemie beschouwd (4). In de bodemchemie staat hij bekend als degene die de empirische adsorptie vergelijking heeft geïntroduceerd welke normaal wordt aangeduid als de Freundlich-vergelijking (5). Recent refereert de Amerikaanse bodemkundige Sposito (6, 7) dan ook naar deze vergelijking als de Van Bemmelen-Freundlich vergelijking. Na reorganisaties van de Rijkslandbouwschool in 1896 en 1904 wordt in 1918 de Landbouwhogeschool opgericht in Wageningen (2, 3). De eerste Rector-Magnificus was de hoogleraar in de Scheikunde en de Bemestingsleer Dr. J.H. Aberson. Eén van de zes studierichtingen was de Landbouwscheikunde. In 1936 wordt de Amerikaanse bodemkundige vereniging opgericht en één van de zes secties is de bodemscheikunde. In Wageningen ontstaat in 1963 een leerstoel waarin de naam Bodemscheikunde voor het eerst wordt gebruikt. Deze leerstoel werd tot september 1987 bezet door mijn voorganger professor dr. G.H. Bolt.

Het bodemchemisch inzicht, de ontwikkeling van methoden voor grond en gewasonderzoek en het beschikbaar komen van meststoffen hebben er mede toe bijgedragen

dat de landbouw in staat is om hoge opbrengsten te bereiken welke nodig zijn om de nog steeds groeiende wereldbevolking te voeden. Eind jaren zestig begin jaren zeventig wordt het echter steeds duidelijker dat naast kwantiteitsaspecten ook kwaliteitsaspecten zeer belangrijk zijn. In 1972 bijvoorbeeld wordt het tijdschrift *Journal of Environmental Quality* opgericht, een tijdschrift dat zich voornamelijk richt op het terrein van de bodemhygiëne en bodemverontreiniging.

In Wageningen wordt dit terrein geïntroduceerd door de aanstelling van prof. De Haan in 1979. De problematiek van de kwaliteit van bodem, gewas en grondwater en de opkomst van de ecotoxicologie hebben nieuwe impulsen gegeven aan het vakgebied Bodemscheikunde en Chemische Grond- en Gewasanalyse. Het blijkt dat voor een goed begrip van deze problematiek een grondig inzicht in de bodemchemische processen is vereist en dat nieuwe analytische methoden nodig zijn.

Een kenmerkend probleem van veel bodemkundig onderzoek is dat er een grote variatie is in de samenstelling van de bodem en de ondergrond, zelfs over relatief korte afstanden. Dit maakt dat het doen van uitgebreid empirisch getint onderzoek aan een beperkt aantal grondmonsters zelden tot algemeen geldende uitspraken zal kunnen leiden. Bij de ontwikkeling van een beleid voor de kwaliteit van bodem en grondwater is er behoefte aan inzichten en concepten die breed toepasbaar zijn. Naar mijn mening biedt de ontwikkeling van kennis over chemische interacties in de bodem op moleculaire schaal de fundamentele basis voor de ontwikkeling van milieubeleidsconcepten. Dergelijke kennis kan tevens een bijdrage leveren aan

het ontwikkelen van methoden die kunnen leiden tot het oplossen van milieuproblemen. Het zal duidelijk zijn dat bij een dergelijke taakopvatting een intensieve samenwerking noodzakelijk is met andere disciplines. Het aantrekkelijke van de Landbouwniversiteit is dat er binnen de Universiteit veel mogelijkheden voor dergelijke samenwerking zijn. Uiteraard is ook samenwerking en contact op landelijke en internationale schaal noodzakelijk. In het vervolg zal ik enkele aspecten van de bodemscheikunde nader belichten, veelal aan de hand van concrete onderzoekslijnen.

### *Grensvlak Bodemscheikunde/Mineralogie/Modellering*

De bodem bestaat uit een mengsel van anorganische en organische verbindingen. De metaal(hydr)oxiden en de kleimineralen behoren tot de minerale anorganische fractie van de bodem. Bij veel bodemchemische processen spelen grensvlakken een grote rol: het grensvlak tussen een bodemdeeltje en het bodemvocht, het grensvlak tussen verschillende bodemdeeltjes en het grensvlak met de (bodem)lucht. Dat het grensvlak belangrijk is kan onder andere blijken uit de berekening van het oppervlak van de bodemdeeltjes. Het oppervlak van de bodemdeeltjes in drie eetlepels grond (ca. 45 ml) van een gemiddelde Nederlandse bodem komt overeen met het oppervlak van een voetbalveld (ca. 6600 m<sup>2</sup>). Met name de kleine deeltjes dragen veel aan dit oppervlak bij. De structuur van de oppervlakken van deze kleine reactieve deeltjes spelen een belangrijke rol bij de chemische eigenschappen en dus bij het effect dat deze deeltjes hebben op het gedrag van stoffen in de bodem. In de klassieke bodemscheikunde is veel aandacht

besteedt aan het bindingsgedrag van kationen zoals natrium, kalium en calcium aan kleimineralen. Recent is er meer belangstelling gekomen voor de eigenschappen van de metaal(hydr)oxiden. In de bodem zijn met name de ijzeroxiden, aluminiumhydroxiden en mangaanoxiden van belang. De oxiden spelen onder andere een belangrijke rol bij het gedrag van fosfaat in de bodem. Fosfaat is van groot belang bij de problematiek van de bemesting, de overbemesting en de eutrofiëring van het oppervlakte water. In de tropen komen gronden voor die een zeer hoog gehalte hebben aan ijzeroxiden. Deze hoge concentratie aan ijzeroxiden is er de oorzaak van dat fosfaat in deze gronden veelal de beperkende factor is voor de plantengroei. Niet alleen ten aanzien van fosfaat maar ook voor tal van andere praktische problemen speelt het gedrag van metaaloxiden in de bodem een grote rol. In het kader van de zure-regen-problematiek bijvoorbeeld is het van groot belang om meer te weten over het oplosgedrag en met name de oplosbaarheid van aluminium bevattende mineralen zoals aluminiumhydroxide. Op het gebied van de reactiviteit van metaaloxiden wordt al gedurende enige tijd door onze sectie tamelijk fundamenteel onderzoek verricht. Het blijkt dat de structuur van het oppervlak van de mineralen een belangrijke rol speelt bij de reactiviteit. De morfologie en de bijbehorende oppervlaktestructuur kan worden afgeleid uit de kennis van de opbouw van de mineralen in combinatie met bijvoorbeeld elektronenmicroscopie. Andere vakgebieden welke onder andere bijdragen aan dergelijk onderzoek zijn de fysische en kolloïdale chemie en de anorganische chemie. Om het gedrag van dergelijke ingewikkelde systemen te kunnen beschrijven is het verder nodig om computermodellen te ontwikkelen. Ons onderzoek heeft recent geleid tot



een doorbraak in het inzicht in de basis-eigenschappen van de oxiden welke verantwoordelijk zijn voor de adsorptie-eigenschappen (8, 9). Ook is ons inzicht op het gebied van de oplossnelheid van bodemoxiden sterk toegenomen (10). In het kader van een door de EG gefinancierd onderzoeksprogramma zal er in de komende jaren verder worden gewerkt aan het verkrijgen van meer kennis en inzicht ten aanzien van het bindingsgedrag van oxiden. Dit onderzoek zal onder andere gebruik maken van synthetisch bereide oxiden. Hierbij wordt samengewerkt met de mineraloog professor Schwertmann uit München, een expert op het gebied van de bereiding en karakterisering van ijzeroxiden. Wij zullen het chemisch adsorptiegedrag van deze oxiden bepalen, de resultaten interpreteren en modelleren. Naast het werken met synthetische ijzeroxiden zal er ook gewerkt worden aan de analyse van het bindingsgedrag van deze mineralen zoals deze in de bodem voorkomen.

#### *Grensvlak Bodemscheikunde/ Biologische beschikbaarheid*

Eén van de wetenschappelijke vragen die momenteel in het centrum van de belangstelling staat, zowel nationaal als internationaal, is de problematiek van de biologische beschikbaarheid van stoffen in het milieu. Deze vraagstelling speelt op meerdere terreinen een belangrijke rol. Genoemd kunnen worden het effect van verontreinigingen op het ecosysteem, de ontwikkeling van bodemkwaliteitsnormen en de ontwikkeling van milieutechnologische reinigingsmethoden voor vervuilde bodems. Maar ook speelt de biologische beschikbaarheidsproblematiek een rol bij het ontwikkelen van een bemestingssysteem dat past in een duurzaam landbouwbeleid. Bij bemesting in relatie tot

duurzame landbouw gaat het om het optimaliseren van produktie bij een minimalisering van negatieve milieu-effecten zoals die kunnen optreden bij uitspoeling van stoffen naar grond- en oppervlaktewater of emissie naar de atmosfeer van bijvoorbeeld ammoniak.

De biologische beschikbaarheid van een stof zoals aanwezig in het milieu heeft te maken met de relatie tussen het gehalte van een stof in het milieu en het effect op het organisme. De chemische processen die in de bodem plaatsvinden kunnen in belangrijke mate het effect van een stof op het organisme beïnvloeden. Inzicht in deze bodemchemische processen is dus nodig om het inzicht in de problematiek van de biologische beschikbaarheid te vergroten. De vergroting van het fundamentele inzicht kan tevens leiden tot het ontwikkelen van praktische toepassingen.

Sommige zware metalen zoals koper zijn in zeer kleine hoeveelheden essentieel voor een optimale groei van planten maar ook van algen. Wanneer er niet voldoende koper "beschikbaar" is dan wordt de groei geremd en ontstaan er gebreksverschijnselen. Wanneer de "beschikbaarheid" te groot is wordt het koper toxisch voor dezelfde organismen. Het effect van koper in de bodem of het oppervlaktewater is niet rechtstreeks gerelateerd aan het totaalgehalte van koper in de bodem of in het water. Het totaalgehalte aan koper in het Tjeukemeer bijvoorbeeld zou wanneer het gedrag niet beïnvloed werd door de in het water aanwezige opgeloste organische stof zeer toxisch zijn. Er zijn aanwijzingen dat de binding van het koper met de organische stof zo sterk is dat door de geringe beschikbaarheid van het koper dit element zelfs groei-beperkend is. De secties Bodemscheikunde en Bodem-

hygiëne zijn betrokken bij onderzoek van het Limnologisch Instituut naar de chemische factoren die de biologische beschikbaarheid van koper in het Tjeukemeer bepalen. Binnenkort zal dit onderzoek naar verwachting resulteren in een promotie aan de LU (11).

Om meer inzicht te krijgen in de factoren die de biologische beschikbaarheid van metalen voor organismen bepalen is het zoals uit het voorafgaande voorbeeld blijkt onder andere nodig om een goed inzicht te hebben in de chemische interactie tussen metalen en natuurlijke organische stof zoals humus en fulvozuren. Momenteel wordt er bij ons hard aan dit onderwerp gewerkt in samenwerking met Dr.ir. L.K. Koopal van de Vakgroep fysische en kolloidchemie en Dr. D.G. Kinniburgh van de British Geological Survey (12, 13). Het onderzoek wordt mede gesteund door het Speerpunt Programma Bodemonderzoek en de EG.

In samenwerking met het Rijks Instituut voor Natuurbeheer is onderzoek gestart naar de bodemchemische factoren die de biologische beschikbaarheid van zware metalen voor micro-organismen bepalen.

Zoals eerder is opgemerkt speelt de biologische beschikbaarheidsproblematiek ook een rol bij de ontwikkeling van milieubiotechnologische reinigingsmethoden. Verontreiniging van grond met organische stoffen, die van nature niet in het milieu voorkomen, maar wel door specifieke micro-organismen kunnen worden afgebroken, leent zich in principe goed voor milieubiotechnologische reiniging. Het blijkt echter dat de microbiële afbraak van dergelijke stoffen wanneer ze aanwezig zijn in de bodem, veel langzamer gaat dan verwacht werd en dat een bepaald deel op een

praktische tijdschaal zelfs in het geheel niet wordt afgebroken. Bovendien blijkt dat de afbraaksnelheid van vers aan de bodem toegevoegde organische verontreiniging beter gaat dan wanneer dezelfde verontreiniging al veel langer in contact is met de bodem. De mogelijkheden voor microbiële afbraak worden zeer waarschijnlijk bepaald door de afgiftesnelheid van de verontreiniging vanuit de bodem naar de waterfase. Deze snelheid wordt mede bepaald door de chemische interactie van de verontreiniging met de bodem. Om te kunnen beoordelen of microbiële reiniging in een bepaalde situatie voldoende perspectief biedt en om het systeem dusdanig te kunnen manipuleren dat de afbraaksnelheid toeneemt zodat een praktische reiniging mogelijk wordt, is het dus nodig om inzicht te hebben in de chemische interacties van de verontreiniging met de bodem. Het gaat er hierbij onder andere om, om inzicht te krijgen in de factoren welke de afgiftesnelheid van de verontreiniging beïnvloeden. Het voornemen is om op dit terrein in samenwerking met de vakgroep Microbiologie onderzoek te starten. Dit onderzoek is voorgedragen voor financiering door het Innovatief Onderzoeks Programma milieubiotechnologie.

### *Grensvlak Bodemscheikunde/waterkwaliteit*

Uit het voorafgaande blijkt dat de bodemscheikunde zicht niet alleen beweegt op het grensvlak tussen de bodem en de scheikunde maar dat er ook duidelijke raakvlakken zijn met de bestudering van chemische processen die relevant zijn voor de waterkwaliteit. Oppervlakkig beschouwd zou men op basis van de naam bodemscheikunde niet direct een verband vermoeden tussen dit vakgebied en de problemen van het oppervlaktewater. Dit verband is echter eenvoudig op ver-

schillende manieren aan te tonen. De bodemkwaliteit kan bijvoorbeeld indirect van groot belang zijn voor de (oppervlakte)waterkwaliteit. Door uitspoeling of afspoeling kunnen stoffen uit de bodem in het oppervlaktewater terecht komen en de kwaliteit van het oppervlaktewater beïnvloeden. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij de vraag welke bijdrage de landbouw levert aan de eutrofiëring. Deze bijdrage wordt vooral veroorzaakt door de aanwezigheid van een mestoverschot in Nederland. Om te kunnen beoordelen wat de bijdrage van de landbouw is, en vooral om voorspellingen te kunnen doen over wat er in de toekomst zal kunnen gaan gebeuren als functie van een bepaald gekozen beleid ten aanzien van de mestproblematiek, is het nodig om een vrij gedetailleerde kennis te hebben van, en inzicht in, het chemische gedrag van fosfaat en stikstof in de bodem. Met name op het terrein van het fosfaatgedrag in de bodem is bij onze vakgroep veel onderzoek gedaan dat direct relevant is voor het beleid op het gebied van bodem en waterkwaliteit.

Naast deze indirecte relatie bestaat er ook een zeer directe relatie tussen het vakgebied van de bodemscheikunde en de problematiek van de oppervlaktewaterkwaliteit. Elk oppervlaktewater wordt namelijk aan de onderzijde begrensd door de bodem van het betreffende oppervlaktewater. Hierbij gaat het dus om een bodem die zich onder water bevindt. Ook bij de natte rijstteelt spelen chemische processen in de bodem onder water een belangrijke rol. Veel chemische processen welke een rol spelen bij de bestudering van landbodems, "waterbodems", grondwater en oppervlaktewater zijn dezelfde. Een andere overeenkomst tussen deze systemen is dat het gaat om natuurlijke systemen die zeer complex van samenstelling en opbouw zijn. De

bestudering en interpretatie van chemische processen in dergelijke complexe natuurlijke systemen is dan ook een grote uitdaging, zeker als we ons realiseren dat de fundamentele kennis die toegepast zou kunnen worden deels nog ontwikkeld moet worden.

Onafhankelijk van de bodemscheikunde heeft zich na de oorlog vooral in Zwitserland en de Verenigde Staten het vak "waterscheikunde" (Aquatic Chemistry) (14) ontwikkeld. Dit vakgebied houdt zich vooral bezig met de chemische processen in het oppervlaktewater.

Gezien de grote inhoudelijke overeenkomsten tussen deze beide gebieden zal het niet verbazen dat er goede contacten zijn tussen onze groep en de groepen die zich bezighouden met de (milieu)chemie van het water.

#### *Grensvlak Bodemscheikunde/transport van stoffen in de bodem*

In het voorgaande is aangetoond dat de bodemscheikunde evenzeer van betekenis is voor het terrestrische als voor het aquatische milieu. De bodemscheikunde is ook van toepassing als het gaat om de problematiek van de grondwaterkwaliteit. Het transport van stoffen in de bodem of het watervoerend pakket (de waterverzadigde ondergrond) is hierbij vaak van groot belang.

Maar ook op kleinere schaal kunnen transportprocessen belangrijk zijn zoals transport naar een plantewortel of een micro-organisme. Reactieve verbindingen zullen tijdens het transport interactie vertonen met de in de bodem aanwezige bestanddelen en deze interactie beïnvloedt in sterke mate het transport. De koppeling van een computermodel dat alle bekende chemische interacties beschrijft met een watertransportmodel

biedt de mogelijkheid om het transport van reactieve stoffen te berekenen. Tot voor kort was de grootste beperking voor een dergelijke benadering dat er nog relatief weinig over de relevante chemische interactieprocessen in de bodem in kwantitatieve zin bekend was. Door ontwikkelingen op het vakgebied van de bodemscheikunde zijn er nu meer mogelijkheden. Op dit gebied wordt zeer intensief samengewerkt met de sectie Bodemhygiëne van onze vakgroep. Recent is onderzoek op dit gebied van start gegaan in samenwerking met het Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) gefinancierd door het ministerie van VROM. Bij dit onderzoek gaat het om het transportgedrag van stoffen die uitlogen uit reststoffen wanneer die op de bodem gebracht zijn. Deze reststoffen worden toegepast om afvalstromen zo veel mogelijk te verminderen. Bij sommige van deze toepassingen kan er sprake zijn van contact tussen de reststof en de bodem. Uiteraard is het niet de bedoeling dat door een dergelijke toepassing ongewenste bodemverontreiniging zal optreden. Om dit te kunnen beoordelen is er enerzijds experimenteel onderzoek nodig, anderzijds ook modelmatig onderzoek. Het modelmatig onderzoek van het transport van een mengsel van een groot aantal stoffen, afkomstig van uitloging van reststoffen, zal door onze vakgroep in samenwerking met het RIVM worden uitgevoerd waarbij de recent ontwikkelde inzichten over bodemchemische bindingsprocessen de basis zullen vormen van de beschrijving. De uitkomsten van het onderzoek zullen worden gebruikt ter onderbouwing van de normstelling ten aanzien van het hergebruik van reststoffen. Een uitdaging voor de toekomst vormt het onderzoek naar het transport van zeer kleine deeltjes in de bodem of in het grondwater. Aan deze zeer kleine

deeltjes kunnen verontreinigingen gehecht zitten die met deze deeltjes mee transporteren. Vooral wanneer het gaat om verontreinigingen die al bij zeer lage gehalten een risico vormen zoals bij radioactieve verontreiniging of bij pesticiden kan deze vorm van transport zeer belangrijk zijn.

### *Grensvlak Bodemscheikunde/fysische eigenschappen van de bodem*

De fysische eigenschappen van de bodem worden mede beïnvloed door de bodemchemische interacties tussen bodemdeeltjes onderling en tussen bodemdeeltjes en het bodemvocht.

Om de wereldbevolking te kunnen voeden wordt waar dit mogelijk en zinvol is in toenemende mate irrigatie toegepast. Irrigatie kan echter na kortere of langere tijd leiden tot degradatie van de bodem. Ten gevolge van veranderingen in de chemische samenstelling van de bodem kan de bodemstructuur sterk achteruitgaan hetgeen tot gevolg heeft dat de waterdoorlatendheid sterk afneemt en dat de bodem zelfs geheel ongeschikt kan worden voor plantengroei. In het ernstigste geval heeft de invoering van irrigatie alleen tot een tijdelijke grote verhoging van de voedselproductie geleid en is het eindresultaat de verwoestijning van eens vruchtbare grond. Wanneer dit proces eenmaal zo ver is gekomen, is verbetering van de situatie vaak zeer moeilijk en kostbaar, en praktisch nauwelijks mogelijk. Het is van het grootste belang om dit sluipende bodemdegradatieproces in een zeer vroeg stadium te onderkennen en door het vroegtijdig nemen van maatregelen verdere degradatie te voorkomen. Inzicht in de relevante bodemchemische processen en hun effect op de fysische eigenschappen is nodig om



deze gevaren te kunnen onderkennen en om methoden te ontwikkelen waarbij duurzame irrigatie mogelijk is zonder het optreden van bodemdegradatie.

Studenten kunnen kennis maken met bovengenoemde problematiek in Hongarije, waar in samenwerking met Hongaarse instituten door Wageningse studenten zowel in het veld als in het laboratorium gedurende twee weken wordt gewerkt. Om voldoende profijt van deze twee weken te hebben worden de studenten hierop in Nederland, door middel van college en praktikum, voorbereid.

Fysische eigenschappen van de bodem zoals waterdoorlatendheid, structuurstabiliteit en mechanische eigenschappen zijn vaak van groot praktisch belang.

Hierbij kan gedacht worden aan erosie, het opslaan van baggerspecie, bouw van dijken en taluds etc.

Wanneer er meer fundamenteel inzicht is in de bodemchemische en andere factoren, die de fysische eigenschappen van de bodem beïnvloeden dan is het in principe mogelijk om de fysische eigenschappen van de bodem te verbeteren.

### *Grensvlak Bodemscheikunde/atmosfeer*

De terrestrische bodem grenst aan de atmosfeer en er vindt dan ook een uitwisseling van stoffen plaats via het grensvlak bodemoppervlak-atmosfeer. Stoffen kunnen vanuit de atmosfeer op de bodem terecht komen. Een bekend voorbeeld is de eerder genoemde zure depositie, populair zure regen genoemd. Een ander voorbeeld is de uitstoot van bijvoorbeeld PCB's bij niet goed functionerende vuilverbrandingsinstallaties welke op de bodem terecht kunnen komen via de atmosfeer. De bodem zelf levert ook een bijdrage aan de belasting van de atmosfeer. De vervluchtiging van ammoniak uit

de bodem vergroot bijvoorbeeld de problemen van de zure regen. Ten aanzien van het chemisch gedrag van ammoniak in de bodem en de rol bij de vervluchtiging naar de atmosfeer wordt samengewerkt met het Nederlands Meststoffen Instituut (NMI). In het kader van de problematiek van de broeikasgassen spelen bodemprocessen ook een rol. Het gaat hier vooral om de elementen koolstof en stikstof. Naast bodemchemische processen zijn hierbij bodemfysische en bodembio-  
logische processen van groot belang.

#### *Chemische grond- en gewasanalyse*

Het analytisch chemisch georiënteerde deel van de sectie maakt deel uit van de Werkgroep Analytische Chemie van de Landbouwniversiteit. In deze werkgroep participeren ook de vakgroep Organische chemie en Fysische en Kolloïdchemie. Het analytisch-chemisch onderwijs aan de LU wordt door deze werkgroep ge-coördineerd. Kwaliteitsbewaking van de chemische analyse komt steeds meer in de belangstelling te staan. Een van de methoden voor kwaliteitsbewaking is het meedoen van laboratoria aan zogenaamde uitwisselingsonderzoeken of ringonderzoeken. In dit kader worden monsters verdeeld over de diverse deelnemende laboratoria, welke de analyses verrichten. De resultaten kunnen dan onderling worden vergeleken. Vanuit de analytische groep wordt een internationaal uitwisselonderzoek voor grond- en gewasanalyse georganiseerd dat zich mag verheugen op een sterk groeiend aantal deelnemers.

Bij het grondonderzoek wordt vaak gewerkt met bepaalde extractiemethoden waarbij analyses worden verricht op het extract dat uit de grond is verkregen. Het gaat er bij deze extracties in het algemeen

niet zozeer om, om de totale hoeveelheid van een stof te extraheren maar om een bepaalde fractie. Dit heeft direct te maken met de eerder genoemde problematiek van de biologische beschikbaarheid.

Wanneer het grondonderzoek gebeurt ten behoeve van de bodemvruchtbaarheid en bemesting dan wordt vaak via proefveldonderzoek een correlatie vastgesteld tussen de voedingstoestand van de bodem en het resultaat van de chemische bodemanalyse. Bij het bodemchemisch-analytisch onderzoek is het een uitdaging om extractiemethoden te ontwikkelen die gebaseerd zijn op inzicht in het chemisch gedrag van de stoffen in de bodem. De normering voor bodemkwaliteitsonderzoek vanuit milieuoogpunt vindt veelal plaats op basis van gehalten welke gebaseerd zijn op agressieve extractiemethoden die het grootste deel van de in de bodem aanwezige verontreiniging bepalen. Ook ten aanzien van de verontreinigingsproblematiek is het totaalgehalte van een verontreiniging in een bodem een tamelijk onbruikbare maat voor het (negatieve) effect dat van deze verontreiniging uitgaat. Het ontwikkelen van chemische analysemethoden die voor verontreinigingssituaties iets zeggen over de bodemkwaliteit is dan ook hoogst noodzakelijk.

De interpretatie en de verdere ontwikkeling van analytische procedures ten behoeve van bemesting en milieu zal ook kunnen worden bevorderd door toepassing van de inzichten zoals deze ontwikkeld worden vanuit het meer chemisch procesmatig georiënteerde onderzoek.

Er is een onderzoeksvoorstel ingediend bij de EG samen met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en instituten en universiteiten uit andere EG landen. Als het voorstel goedgekeurd wordt, zal er aan de verdere ontwikkeling van chemische analyse en extrac-

tieprocedures gewerkt worden die zowel bruikbaar zijn bij bodemvruchtbaarheidsonderzoek als bij milieu-kwaliteitsonderzoek.

Het chemisch-analytisch onderzoek maakt zoals al eerder is aangeduid, gebruik van instrumentele technieken. Door de toenemende complexiteit van de vraagstelling uit de praktijk neemt de behoefte aan geavanceerde analysetechnieken toe. Omgekeerd schepent ontwikkelingen op apparatuurgebied nieuwe mogelijkheden voor toepassing. Kenmerk van deze apparatuur is dat zij tamelijk kostbaar is, veelal een grote analysecapaciteit heeft en specialistische kennis vereist bij de toepassing. Onze vakgroep heeft dan ook besloten om dergelijke apparatuur onder te brengen in een centrale afdeling, het Centraal Lab, dat ten dienste staat van onderzoek van leden van de vakgroep en ten behoeve van doctoraalleeronderzoek. De chemisch-analytische groep draagt zorg voor de introductie van nieuwe apparatuur en ontwikkelt nieuwe meetmethoden. Wij hopen dat het binnen afzienbare tijd mogelijk zal zijn om een geheel nieuwe analytische techniek in Wageningen te introduceren, de zogenaamde ICP-MS. Met dit apparaat is het mogelijk om extreem lage concentraties betrouwbaar te meten. Dit biedt een enorme vergroting van de mogelijkheden van onderzoek. Zowel de introductie van nieuwe analytische technieken als het beschikbaar komen van nieuwe analytisch-chemische en bodemchemische kennis biedt de mogelijkheid voor het ontwikkelen van nieuwe praktische toepassingen.

### *Onderzoeksbeleid*

Uit het voorafgaande is duidelijk geworden dat de

Bodemscheikunde een tamelijk breed terrein bestrijkt en dat er raakvlakken zijn met vele andere disciplines. Door deze bijzondere positie is het noodzakelijk om met andere disciplines samen te werken. Momenteel heeft de Landbouwuniversiteit de interdisciplinaire samenwerking hoog in het vaandel staan. De praktijk is echter dat de huidige structuur interdisciplinaire samenwerking zeker niet bevordert. Een vorm van interdisciplinaire samenwerking is de begeleiding van één promovendus vanuit twee verschillende vakgebieden. Wanneer de samenwerking vruchtbaar is moet het resultaat dat in een dergelijke samenwerking wordt behaald duidelijk een meerwaarde hebben ten opzichte van de situatie waarin een dergelijk onderzoek vanuit één van beide vakgebieden wordt begeleid. Deze meerwaarde moet afgezet worden tegen de hogere investering die wordt gedaan in de vorm van de begeleiding vanuit meerdere vakgebieden.

Het is zeker niet zo dat de begeleiding vanuit twee vakgroepen leidt tot een tijdsbesparing op de begeleiding. Integendeel, de meerwaarde wordt alleen bereikt door een intensieve participatie in de begeleiding van de twee vakgroepen. Het is dan ook aanmerkelijk dat de totale begeleidingstijd van een interdisciplinaire promovendus, begeleid vanuit twee vakgroepen, aanzienlijk hoger is dan wanneer uitgegaan wordt van een monodisciplinaire benadering. Het feit dat een dergelijke samenwerking bestuurlijk wordt gehonoreerd met een halvering van de aan de vakgroep toegerekende onderwijsbelasting, kan eerder worden gezien als een ontmoediging dan een stimulans van een dergelijke vorm van samenwerking. Bestuurlijk zou mijns inziens interdisciplinaire samenwerking meer gestimuleerd moeten worden. Ik wil hiervoor twee suggesties doen.

Ten eerste: wanneer er duidelijk sprake is van interdisciplinaire samenwerking tussen twee vakgroepen bij promotie-onderzoek, dan dienen beide vakgroepen de volle, op zich al veel te geringe, onderwijsbelasting toegerekend te krijgen. Een tweede stimuleringsmogelijkheid is de instelling van een contingent INTERDI-AIO naast de AIO, de BRAIO (briljante AIO), de DLO-AIO (AIO gefinancierd door Directie Landbouwkundig Onderzoek) en de TW-AIO (twee-jarige AIO). Met INTERDI-AIO wordt bedoeld dat deze AIO-plaatsen gereserveerd zijn voor duidelijk interdisciplinair begeleid AIO-onderzoek.

### **Geachte toehoorders**

Ik heb geprobeerd u een beeld te schetsen van het vakgebied van de Bodemscheikunde. De oorsprong van de bodemscheikunde en zelfs van de Landbouwuniversiteit in zijn totaliteit gaat terug op de interesse voor de chemische processen in de bodem in relatie tot de plantevoeding en het wereldvoedselvraagstuk. Momenteel vormen de problemen die voortkomen uit de bedreiging van de kwaliteit van bodem, water en atmosfeer een belangrijke motivatie voor het onderzoek en onderwijs. Ten aanzien van de bestudering van de chemische processen in het milieu en de relatie tussen een bepaalde belasting en optredende effecten kan het vakgebied van de Bodemscheikunde in samenwerking met andere vakgebieden mijns inziens een belangrijke bijdrage leveren.

### **Geachte leden van het College van Bestuur en leden van de Universiteitsraad**

De indeling van de leerstoelen aan de LU is geregeld

onderwerp van discussie. Hoewel er perioden zijn geweest waarin het handhaven van de leerstoel Bodemscheikunde ter discussie stond en handhaving onzeker was, hoop ik dat ik duidelijk heb kunnen maken dat het een goede beslissing is geweest om deze leerstoel te behouden.

### **Hooggeleerde Bolt**

U hebt in belangrijke mate bijgedragen aan mijn vorming als wetenschapper. Ik herinner mij nog als de dag van gisteren onze eerste kennismaking. Ik was net afgestudeerd in de Scheikunde en had onderzoek gedaan naar fosfaat in de bodem van enkele meren. Bij dit onderzoek realiseerde ik mij, dat mijn chemische opleiding te kort schoot om goed onderzoek op dit gebied te kunnen doen. Ik heb mij toen georiënteerd op wat er in Wageningen voor relevante kennis aanwezig was en ben zo bij u terecht gekomen. In mijn verdere carrière heb ik mij steeds bewogen op het grensvlak scheikunde, bodem, water en milieu. De bodemscheikunde uit Wageningen staat door uw activiteit in het buitenland hoog aangeschreven. Aan mij de uitdaging om deze naam ook in de toekomst hoog te houden.

### **Hooggeleerde Lyklema**

Zoals eerder gezegd heeft de bodemscheikunde vele raakvlakken met de fysische en kolloïdchemie en de grensvlakchemie. Ik ben dan ook blij dat u indertijd mijn promotor hebt willen zijn. Ook u hebt bijgedragen aan mijn vorming als mens en als wetenschapper.

### **Hooggeleerde de Haan, beste Frans**

Ook jij hebt een belangrijk aandeel gehad in mijn vorming. Ik heb het altijd zeer gewaardeerd dat ik de gelegenheid heb gekregen om naast meer toepassingsgericht onderzoek ook fundamenteel georiënteerd onderzoek te doen in relatie tot de bodemhygiëne. Wij hebben in het verleden altijd zeer plezierig samengewerkt. Het enthousiasme en de inzet waarmee jij het leven en het werk tegemoet treedt heb ik altijd zeer bewonderd. Ik heb er alle vertrouwen in dat wij ook in de toekomst op een plezierige wijze zullen samenwerken.

### **Geachte Golterman**

De interesse voor het chemische gedrag van stoffen in het milieu is mede gewekt door mijn tijdelijke verblijf op het Limnologisch Instituut in Nieuwersluis, waar ik onder uw leiding onderzoek deed in het kader van mijn studie.

### **Geachte Koopal, beste Luuk**

Hoewel wij al enige tijd aan dezelfde Universiteit verbonden waren hebben wij elkaar pas goed leren kennen op een congres in Seattle in 1983 waar wij samen een kamer deelden. Het bleek dat wij beide zeer geïnteresseerd waren in de problematiek van chemische heterogeniteit en het effect daarvan op adsorptieprocessen. Vanaf die tijd hebben wij een intensieve, en een mijns inziens succesvolle, samenwerking op dit gebied. Ik vertrouw er op dat onze samenwerking en vriendschap ook in de toekomst zal blijven bestaan.



## **Geachte leden van de sectie, geachte promovendi**

Ik heb het volste vertrouwen dat de uitdagingen die het onderwijs en onderzoek ons bieden door gezamenlijke inspanning tot succes zal leiden.

## **Dames en heren medewerkers van de vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding**

Bij de vakgroep is in het recente verleden tamelijk veel veranderd. Momenteel bestaat de vakgroep uit drie leerstoelen die elkaar goed aanvullen. Ik hoop dat de vakgroep in de toekomst weer meer als een eenheid zal kunnen gaan optreden en dat er optimaal gebruik zal worden gemaakt van de mogelijkheden die de vakgroep biedt.

## **Dames en heren studenten**

Zoals ik heb proberen aan te geven zijn er vele praktische problemen waarbij door een combinatie van fundamentele kennis en praktisch inzicht de bodemscheikunde kan bijdragen aan oplossingen.

Om aansluiting te geven op de beroepspraktijk is het nodig dat het onderwijs regelmatig wordt aangepast. Het komende studiejaar gaat een geheel nieuw studie-element van start: "sorptie-processen in bodem-water-sediment".

Naast het geven van inzichten in de chemische processen krijgt u ook inzicht in de rekenmethodiek die van toepassing is om deze processen te beschrijven. U kunt daarbij gebruik maken van recent ontwikkelde software om gecompliceerde relevante berekeningen te kunnen doen. Andere langer bestaande vakken zijn recent vernieuwd of zullen binnenkort vernieuwd wor-

den. De huidige opzet van het Caput College Bodem-  
scheikunde is bedoeld om theorie en praktijk met  
elkaar in contact te brengen. Deze opzet lijkt goed  
aan te slaan. Het geven van goed en relevant onder-  
wijs is een evenzo grote uitdaging als het doen van  
goed en relevant onderzoek.

**Dames en heren, geachte aanwezigen**

Ik dank u voor uw aandacht.

## LITERATUUR

1. Snelders, H.A.M. (1984) Landbouw en Scheikunde in Nederland in de vóór-Wageningse periode. A.A.G. Bijdragen 24:59-104.
2. Anoniem (1918) Gedenkschrift ter herinnering aan de opening van de Landbouwhogeschool te Wageningen.
3. Anoniem (1968) De Vakgroep Bodemkunde. In: Eijsvoogel e.a. (Eds.), De Landbouwhogeschool op een keerpunt. Jubileumboek ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de Landbouwhogeschool te Wageningen. LH, Wageningen, p. 157-174.
4. Kruyt, H.R. (1952) Colloid Science, Volume I, Irreversible systems. Elsevier, Amsterdam, 389 pp.
5. Van Bemmelen, J.M. (1888) Die absorptions Verbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde. Landwirtsch. Ver. Stn. 35:69-136.

6. Sposito, G. (1981) Cation exchange in soils: An historical and theoretical perspective. In: R.H. Dowdy, D. Baker, V. Volk and J. Ryan (Eds.) Chemistry in the soil environment. S.S.A. Spec. Pub.
7. Sposito, G. (1984) The surface chemistry of soils. Oxford University Press, New York, 234 pp.
8. Hiemstra, T., W.H. van Riemsdijk and G.H. Bolt (1989) Multi-site proton adsorption modeling at the solid/solution interface of (hydr)oxides: A new approach. I: Model description and evaluation of intrinsic reaction constants. *J. Colloid Interface Sci.* 133:91-104.
9. Hiemstra, T., J.C.M. de Wit and W.H. van Riemsdijk (1989) Multi-site proton adsorption modeling at the solid/solution interface of (hydr)oxides: A new approach. II: Application to various important (hydr)oxides. *J. Colloid Interface Sci.* 133:105-117.
10. Hiemstra, T., and W.H. van Riemsdijk (1990) Multi activated-complex dissolution of metal (hydr)oxides: A thermodynamic approach applied to quartz. *J. Colloid Interface Sci.* 136:132-150.
11. Verweij, W. (1991) Speciation and bioavailability of copper in lake Tjeukemeer. Proefschrift Landbouwniversiteit.

12. De Wit, J.C.M., W.H. van Riemsdijk, M.M. Nederlof, D.G. Kinniburgh and L.K. Koopal (1990) Analysis of ion binding on humic substances and the determination of intrinsic affinity distributions. *Anal. Chim. Acta* 232:189-207.
13. Nederlof, M.M., W.H. van Riemsdijk and L.K. Koopal (1990) Determination of adsorption affinity distributions: A general frame work for methods related to local isotherm approximations. *J. Colloid Interface Sci.* 135:410-426.
14. Stumm, W. and J.J. Morgan (1981) *Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters.* John Wiley and Sons, New York, 780 pp.