

Mogelijkheden tot de beantwoording van beleidsvragen inzake aanpassing van fosfaatverliesnormen

Mogelijkheden tot de beantwoording van beleidsvragen inzake aanpassing van fosfaatverliesnormen

Quick scan

O.F. Schoumans
P.A.I. Ehlert
W.J. Chardon

Alterra-rapport 1181

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Schoumans, O.F., P.A.I. Ehlert & W.J. Chardon, 2005. *Mogelijkheden tot de beantwoording van beleidsvragen inzake aanpassing van fosfaatverliesnormen; Quick scan*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1181. 64 blz.; 73 ref.

Teneinde inzicht te krijgen in de wijze waarop het mestbeleid in Nederland met betrekking tot fosfaat via gericht onderzoek onderbouwd kan worden, is nagegaan in hoeverre de beleidsvragen op het terrein van de landbouwkundige en milieukundige effecten van het gebruik van dierlijke mest en fosfaatkunstmest nu al beantwoord kunnen worden, en aan welke aspecten meer aandacht besteed moet worden. Uit deze desk studie blijkt dat een groot aantal vragen nu reeds beantwoord kunnen worden. Uiteindelijk worden acht in het rapport onderbouwde aanbevelingen gedaan voor aanvullend onderzoek.

Trefwoorden: MINAS, Verliesnormen, Fosfaatbeleid, Land, Milieu

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 15,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1181. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Beleidsvragen	15
3 Rubriceren van de beleidsvragen	17
4 Beantwoording van de beleidsvragen	19
4.1 Onderbouwing generieke fosfaatverliesnormen in relatie tot fosfaattoestand van de bodem	19
4.1.1 Hoe spoor ik een fosfaatverzadigde grond of een hoge fosfaattoestand op?	19
4.1.2 Hoe spoor ik een lage fosfaattoestand op?	23
4.1.3 Welke fosfaatoverschotten zijn nodig om op perceelsniveau een hoge fosfaattoestand te handhaven?	26
4.1.4 Welke fosfaatoverschotten zijn nodig om op perceelsniveau een lage fosfaattoestand verantwoord te verhogen?	30
4.1.5 Fosfaatverliesnormen en bedrijfsniveau	33
4.1.6 Hoe hard daalt de P-toestand en de P-uitspoeling bij lage verliesnormen?	34
4.2 Mogelijkheden van aanvullende maatregelen bij een hoge en lage P-toestand van de bodem	39
4.2.1 Hoge P-toestand en snel de uitspoeling verminderen	39
4.2.2 Lage P toestand en toch “optimale productie”	40
4.3 Wat mogen we verwachten als de omstandigheden van landbouwgronden veranderen	46
4.3.1 Anti-verdrogingsmaatregelen / vernatten / wateropslag	46
4.3.2 Veranderd landgebruik / natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	48
5 Samenvattende conclusies en aanbevelingen	51
Referenties	55
Bijlage 1 Citaat uit het ex ante advies van de drie Mest- en Mineralenprogramma’s 398	63

Woord vooraf

In opdracht van het Ministerie van LNV is een analyse uitgevoerd van de kennis en de kennishiaten die er thans zijn om de fosfaatverliesnormen zodanig te differentiëren dat rekening wordt gehouden met de fosfaattoestand van de bodem. Daarnaast diende inzichtelijk gemaakt te worden welke andere mogelijkheden er zijn om in te spelen op een lage en hoge fosfaattoestand van de bodem, en wat de gevolgen zijn van beleidsontwikkelingen voor de fosfaatbelasting van het grond- en oppervlaktewater. Voorbeelden hiervan zijn het uitvoeren van anti-verdrogingsmaatregelen en veranderend landgebruik.

Deze studie anticipeert op het (recente) beleidsvoornemen om bij de evaluatie van het Mest- en Mineralenbeleid in 2004 extra aandacht te besteden aan de onderbouwing van de fosfaatverliesnormen. Mede om deze reden heeft de ex ante commissie van de Mest- en Mineralenprogramma's 398-I, II en III aangegeven dat het wellicht noodzakelijk is om, vanuit deze nieuwe ontwikkeling, de werkplannen voor 2002 en 2003 van genoemde programma's eventueel bij te stellen op basis van de uitkomsten van deze analyse.

Deze quick scan bouwt voort op een inventarisatie van reacties van Alterra, PPO, PRI, PV, RIVM en RIZA op geformuleerde beleidsvragen (oktober 2001), en is in de periode april-mei 2002 door Alterra in samenwerking met PRI, PPO en PV uitgevoerd. De reacties zijn als vertrekpunt genomen voor de uitwerking van de quick scan. De aanleiding en beschrijving van de beleidsvragen zijn door ir. E.E. Biewinga (Ministerie van LNV) geformuleerd en zijn resp. in hoofdstuk 1 en 2 overgenomen.

Met medewerking van:

A.M. van Dam (PPO)

P.H.M. Dekker (PPO)

R.L.M Schils (PV)

J.J. Schröder (PRI)

G.L. Velthof (Alterra)

Samenvatting

Omdat de evaluatie van het mestbeleid in 2004 zich meer zal richten op de gevolgen van de fosfaatverliesnorm, is in opdracht van het Ministerie van LNV nagegaan in hoeverre de invulling van het fosfaatgerichte onderzoek in de DLO Mest- en Mineralenprogramma's herijkt moet worden, mede aan de hand van de beleidsvragen die ten aanzien van de fosfaatproblematiek zijn gesteld. Hiervoor diende te worden nagegaan in hoeverre de vragen uit het ex ante advies nu al op hoofdlijnen beantwoord kunnen worden, en in hoeverre bijstelling van het onderzoek nodig is. Geconcludeerd werd dat deze herijking nader dient te worden onderbouwd. In dit rapport vindt deze nadere onderbouwing plaats.

Door het ministerie van LNV zijn zeven beleidsvragen gesteld die vervolgens, in overleg met het Ministerie, zijn samengevat in drie hoofdthema's met een aantal subvragen, te weten:

1. Onderbouwing van generieke fosfaatverliesnormen (bij de evaluatie van het mestbeleid in 2004), waarbij mogelijk rekening wordt gehouden met de P-toestand van de bodem in relatie tot de eigenschappen van de grondsoort:
 - a. hoe spoor ik een hoge P-toestand / fosfaatverzadiging op?
 - b. hoe spoor ik een lage P-toestand / P-fixerende gronden op?
 - c. welke fosfaatverliesnormen zijn nodig om een hoge P-toestand op perceelsniveau te handhaven?
 - d. welke fosfaatverliesnormen zijn nodig om een lage P-toestand op perceelsniveau verantwoord te verhogen?
 - e. hoe ga je om met fosfaatverliesnormen op bedrijfsniveau?
 - f. hoe hard gaan de fosfaattoestand en de fosfaatuitspoeling achteruit bij lage fosfaatverliesnormen?
2. Mogelijkheden van aanvullende maatregelen bij een hoge en lage P-toestand van de bodem:
 - a. als de P-toestand hoog is hoe kan ik dan snel de uitspoeling verminderen (i.p.v. negatieve fosfaatverliesnormen)?
 - b. als de P-toestand laag is hoe krijg ik dan toch een "optimale productie"?
3. Wat mogen we verwachten als de omstandigheden van landbouwgronden veranderen:
 - a. anti-verdrogingsmaatregelen / vernatten?
 - b. veranderend landgebruik / beheersovereenkomsten / natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden? Deze vraag is aan de orde gesteld door de begeleidingscommissie maar niet expliciet weergegeven bij de ex ante vragen.

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de beleidsvragen, ingedeeld in drie hoofdthema's, zijn:

1. Om tot zowel milieukundig als landbouwkundig verantwoorde (generieke) bemestingsadviezen / fosfaatverliesnormen te komen is het noodzakelijk dat er enerzijds milieucriteria worden gesteld voor de verschillende grondsoorten (bijv. conform die van het protocol fosfaatverzadigde kalkloze zandgronden), en er

anderzijds landbouwkundige streefwaarden voor de fosfaattoestand van de bodem worden aangegeven, voor de verschillende combinaties van teelt en grondsoort. De Nederlandse landbouw wordt gekenmerkt voor een overmatige aanvoer van mineraal fosfaat. De kennis die tot op heden ontwikkeld is, heeft dan ook voornamelijk betrekking op het gedrag van mineraal fosfaat (ortho-fosfaat of anorganisch fosfaat). Kennis over het gedrag van organisch fosfaat is heel beperkt voorhanden. Naarmate de fosfaattoestand lager is, zal de bijdrage van organisch gebonden fosfaat toenemen maar de kennis hierover is nog onvoldoende ontwikkeld.

Aanbeveling 1: Voor kalkloze zandgronden kunnen deze relaties voor mineraal fosfaat worden uitgewerkt. Voor alle andere grondsoorten (veengronden, dalgronden, kalkloze en kalkrijke kleigronden, kalkrijke zandgronden en löss) is dit niet of nauwelijks mogelijk (uitkomsten programma 317). In het kader van de nieuwe programma's 398-I, II en III wordt daar vooralsnog geen aandacht meer aan besteed. Centrale aanbeveling is dan ook het onderzoek naar het gedrag van fosfaat in deze "overige grondsoorten" te intensiveren en verder uit te bouwen, zodat de gevolgen van fosfaatverliesnormen voor de verschillende grondsoorten betrouwbaar kunnen worden aangegeven. Onderzoek naar organisch gebonden fosfaat verdient daarbij bijzondere aandacht.

Aanbeveling 2: De kennis op het gebied van landbouwkundige definiëring van een lage resp. hoge fosfaattoestand is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Verwacht wordt dat met een beperkte inspanning streefwaarden kunnen worden aangegeven die landbouwkundig noodzakelijk zijn. Ook het vastleggen in NEN-voorschriften kan met een vrij beperkte inspanning worden gerealiseerd. Het vastleggen van een bemonsteringsprotocol is nog een punt van aandacht. Voor het vaststellen van zinvolle fosfaatverliesnormen voor gronden met een lage resp. hoge P-toestand zijn de fosfaatkarakteristieken van de bodem onontbeerlijk. Ook de generieke bemestingsadviezen voor reparatiebemesting zullen gedifferentieerd moeten worden. Indien deze kennis is verzameld (zie aanbeveling 1), zal ook op relatief eenvoudige wijze via modellen inzicht kunnen worden verschaft in het effect van verliesnormen op het verloop van de P-toestand van de bodem en met name de (uitspoelings)verliezen naar het milieu. Hiervoor is het nog wel noodzakelijk om tot meer kwantitatief inzicht te komen in de mate waarin fosfaatimmobilisatie in organische stof (nog) een rol speelt bij verschillende combinaties van teelt en grondsoort. Aanbevolen wordt hiervoor bestaande veeljarige fosfaatveldproeven uit programma 398-II en bestanden uit TAGA nader te analyseren.

Aanbeveling 3: Aanbevolen wordt om het fosfaatonderzoek niet te beperken tot laboratoriumonderzoek en literatuurstudies, maar direct ook te starten met monitoringsstudies door bestaande meetnetten op dit terrein uit te breiden, dan wel nieuwe locaties in te richten. Dergelijke monitoringsstudies moeten zich niet beperken tot de landbouwkundige effecten (gewasopbrengst, bodemvruchtbaarheidsresponse) maar juist ook op de verliezen die als gevolg van bemesting / fosfaatverliesnormen optreden. Aanbevolen wordt om een Sturen Op Fosfaat studie te starten die zich vooral richt op die gronden/gebieden waar milieuproblemen met fosfaat verwacht worden (fosfaatuitspoelingsgevoelige gronden).

Aanbeveling 4: Aanbevolen wordt om de voorlichting aan, en communicatie met bedrijven over fosfaatmanagement bij een hoge fosfaattoestand te intensiveren.

2. Naast generieke maatregelen (fosfaatverliesnormen) kunnen ook aanvullende maatregelen getroffen worden om de nadelige effecten van een zeer hoge fosfaattoestand van de bodem te minimaliseren. De mogelijkheden hiervoor zijn in principe beperkt, omdat in feite het probleem zich al in de bodem bevindt, waardoor uiteindelijk alleen "paardenmiddelen" nog kunnen worden toegepast om de milieueffecten te minimaliseren. Ten overvloede wordt gesteld dat negatieve fosfaatverliesnormen voor de middellange en lange termijn zeer effectief zijn. Zowel chemische fosfaatfixatie in de bodem als waterbeheersmaatregelen bieden perspectief, maar hebben (vooralsnog) een gering draagvlak in de praktijk.

Aanbeveling 5: Aanbevolen wordt om deze problematiek primair op te lossen door sterke negatieve fosfaatverliesnormen in te voeren, eventueel in combinatie met diep wortelende gewassen. Alleen in die regio's waar blijkt dat de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater grotendeels veroorzaakt wordt door percelen met een zeer hoge fosfaattoestand zullen gericht andere maatregelen ingezet moeten worden. De kennis die hiervoor noodzakelijk is, is echter beperkt voorhanden.

Aanbeveling 6: Aanbevolen wordt om het onderzoek naar het effect van gericht plaatsen van meststoffen te intensiveren (bij een lage fosfaattoestand) en beslissingsondersteunde systemen te ontwikkelen die rekening houden met de werkelijke verdeling van de fosfaattoestand van de percelen binnen een bedrijf in relatie tot de fosfaatverliesnorm.

3. Wanneer de condities van landbouwgronden veranderen of wanneer landbouwgrond wordt aangekocht voor natuurontwikkeling, dan zijn er specifieke fosfaatproblemen te verwachten. Zo kan de uitvoering van anti-verdrogingsmaatregelen grote invloed hebben op de mobiliteit van fosfaat in de bodem. Voor mineraal fosfaat in kalkloze zandgronden zijn de theoretische achtergronden goed bekend; voor overige grondsoorten en voor organisch gebonden fosfaat niet. De parametrisatie voor mineraal fosfaat op kalkloze zandgronden is echter nog niet uitgevoerd en de beschikbare modellen zijn nog niet in staat om de gevolgen hiervan te kwantificeren.

Aanbeveling 7: Aanbevolen wordt het laboratorium- en veldonderzoek van het programma 398-II naar effecten van waterhuishouding op P-dynamiek met meer grondsoorten uit te breiden en de uitkomsten van deze studie in de bodemmodellen te implementeren.

Aanbeveling 8: Aanbevolen wordt dan ook om onderzoek te verrichten naar de mobiliteit van fosfaat onder deze condities, de wijze waarop fosfaat nadelig werkt op de mogelijkheden van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden, en tot welk niveau bepaalde fosfaatpools in de bodem teruggedrongen moeten worden om natuurdoelen te realiseren.

1 Inleiding

Fosfaat vormt sinds jaar en dag een belangrijk element in het mest- en mineralenbeleid; sinds 1987 in mestproductierechten en gebruiksnormen, sinds 1998 in toelaatbare mineraalverliezen voor fosfaat. De toelaatbare mineraalverliezen voor fosfaat worden aangescherpt in een traject van 40 kg fosfaat (P_2O_5) per ha in 1998 naar 20 kg fosfaat vanaf 2003. Deze toelaatbare mineraalverliezen voor fosfaat geven de maximale fosfaatoverschotten aan die op bedrijfsniveau gehanteerd mogen worden toegerekend per beschikbare ha. In het minerale aangiftesysteem (MINAS) worden deze mineraalverliezen voor fosfaat ook wel fosfaatverliesnormen genoemd. Dit is thans ook de benaming die veelal in de praktijk wordt gehanteerd. Bij de evaluatie van het mestbeleid in 2002 staan de verliesnormen 2003 ter discussie: vooral de stikstofverliesnormen, maar ook de fosfaatverliesnormen. Eind 2001 werd duidelijk dat de verwachting is dat in de evaluatie van het mestbeleid in 2004 sterk het accent zal liggen op de (onderbouwing van de) fosfaatverliesnormen. De fosfaatverliesnormen sturen het gebruik (en de afzet) van dierlijke mest; kunstmestfosfaat is nog niet opgenomen in de berekening van de verliesnorm.

Bij het opnemen van MINAS in de Meststoffenwet (begin 1997) is bepaald dat fosfaatkunstmest voorlopig buiten de heffingsberekening wordt gehouden. In de wet staat wel een voorziening voor het stellen van afwijkende verliesnormen voor gronden met een te hoge of te lage fosfaattoestand of met een bijzondere bodemgesteldheid, maar in 1997 was de verwachting dat eerst nog enkele jaren uitwerking nodig was voordat deze voorziening van kracht zou kunnen worden. Het uitzonderen van fosfaatkunstmest was de oplossing om voor gronden met een (te) lage fosfaattoestand toch een aanvullende bemesting mogelijk te maken. Voor het aanpakken van de fosfaatverzaagde gronden, al vele jaren een slepende discussie tussen rijk en provincies, was er daarmee geen oplossing. De reconstructiewet biedt een kader om onder meer dit probleem aan te pakken.

Het NMP-4 (voorjaar 2001) doet een aantal richtinggevende uitspraken over het toekomstige fosfaatbeleid:

- Het is gewenst dat de fosfaatverliesnormen in de periode tot 2030 worden aangescherpt tot ca. 1 kg fosfaat per ha, om verdere ophoping te voorkomen.
- Ook fosfaatkunstmest zal onder MINAS worden gebracht.
- In de evaluatie 2004 zullen hierover nadere uitspraken worden gedaan, waarbij ook het fosfaatgehalte van de bodem zal worden betrokken.
- De aanscherping is in belangrijke mate te realiseren door verbeteringen in veevoeding en gewasproductie. Daarnaast door versterkte afzet binnen en buiten de Nederlandse landbouw, en waar nodig ook door krimp van de veestapel.
- Waar in de zones rond de grote natuurgebieden fosfaat een probleem vormt voor de natuurambities, wordt gestreefd naar een versnelde vermindering van de fosfaatverliesnorm: al in 2010 op 0 kg fosfaat per ha, gekoppeld aan extensivering. Ook wordt daar onderzoek gedaan naar een negatieve verliesnorm

om fosfaatverzadiging op te heffen. In deze gebieden (200.000 à 300.000 ha ommantelingsgebieden) vindt ook vernatting plaats.

De Nitraatrichtlijn doet geen uitspraken over fosfaat. Wel legt de Europese Commissie een verband tussen de generieke norm van 170 kg N per ha uit dierlijke mest en de bestrijding van fosfaatophoping. Landen die een derogatie willen (zoals Nederland: 250 kg N per ha grasland), moeten dan ook aanvullend fosfaatbeleid voeren omdat verwacht wordt dat hierdoor automatisch ook meer fosfaat via dierlijke mest wordt toegediend (pers. med. Europese Commissie aan Ministerie van LNV).

De Kaderrichtlijn Water spreekt zich wel uit over fosfaat. Vooral nog is niet duidelijk dat daaruit aanvullende eisen op het vlak van fosfaat voortvloeien. De Nederlandse kwaliteitsnormen voor oppervlaktewater, het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) van 0,15 mg P per liter en de streefwaarde van 0,05 mg P per liter, blijven in dit verband vermoedelijk overeind.

Mede gelet op het feit dat eind 2001 goed duidelijk werd dat de evaluatie van het mestbeleid in 2004 zich meer zou richten op de fosfaatverliesnorm, zijn er bij de ex ante evaluatie van de drie LNV-onderzoeksprogramma's mest en mineralen (398-I, II en III) twijfels gerezen over de invulling van het fosfaatgerichte onderzoek in die programma's. Deze programma's zijn januari 2002 gestart en hebben een looptijd van vier jaar. De evaluatiecommissie heeft daarom geadviseerd het fosfaatonderzoek te herijken (Annex I). De herijking zou kunnen leiden tot aanpassingen in de programma's en projecten. Voor zover aanpassingen nodig zijn op programma-niveau, moeten die zo snel mogelijk worden doorgevoerd. Om deze reden heeft eind oktober 2001 een overleg plaatsgevonden tussen het Ministerie van LNV en de drie programmaleiders om na te gaan in hoeverre de vragen uit het ex ante advies reeds nu op hoofdlijnen beantwoord kunnen worden, en in hoeverre bijstelling van het onderzoek in het kader van de drie mest- en mineralenprogramma's nodig is. Geconcludeerd werd dat deze herijking nader dient te worden onderbouwd. In onderhavige notitie vindt deze nadere onderbouwing plaats.

In hoofdstuk 2 is aangegeven in welk licht de specifieke ex ante vragen bezien dienen te worden. In hoofdstuk 3 is aangegeven hoe de vragen nader zullen worden uitgewerkt, waarbij rekening is gehouden met een rubricering van de beleidsinvalshoek van waaruit de vraag is gesteld (onderbouwing generieke normen, aanvullende maatregelen, effecten van veranderend landgebruik en anti-verdrogingsmaatregelen). In hoofdstuk 4 vindt de beantwoording van de beleidsvragen plaats en wordt concreet aangegeven op welke punten onderzoek noodzakelijk is om eventueel deze vraag te onderbouwen en om kennisleemten in te vullen. In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste conclusies samengevat.

2 Beleidsvragen

In dit hoofdstuk worden de beleidsvragen beschreven die door de ex ante commissie zijn geformuleerd (zie Annex A) en welke door het Ministerie van LNV van een nadere toelichting zijn voorzien (uitgewerkt in dit hoofdstuk). De vragen zijn erop gericht om na te gaan in hoeverre het huidige fosfaatbeleid aangepast kan worden. Er kunnen verschillende beleidsopties worden geformuleerd. Deze beleidsopties worden in dit rapport niet gegeven of behandeld. Wel wordt ingegaan op beleidsvragen die er zijn om mogelijke beleidsopties te kunnen onderbouwen. Het is nog onduidelijk of, en zo ja in welke mate, er aanpassing zal plaatsvinden van de regulering rondom de fosfaatverliesnormen. Het is zaak dat het onderzoek straks voldoende informatie beschikbaar heeft om deze vragen te beantwoorden, zodat beleidsopties kunnen worden uitgewerkt. Bij alle vragen / beleidsopties is de vraag wat de consequenties zijn voor de praktijk. Vragen zijn daarom nu:

- welk antwoord kan op dit moment worden gegeven, en
- in hoeverre en hoe is aanvullend onderzoek nodig om straks een helder en stevig antwoord te kunnen geven?

1. *Hoe kunnen (sterk) fosfaatverzadigde percelen betrouwbaar worden aangewezen; Welke normstelling moet voor deze percelen worden gebanteerd; Hoe snel wordt het risico van fosfaatuitspoeling daarmee gereduceerd?*

Deze vragen gaan uit van het aanwijzen van individuele percelen, de meest problematische gelet op het risico van fosfaatuitspoeling. Voor die percelen kunnen dan scherpere normen worden gesteld, in termen van fosfaatverliesnormen, bemesting, fosfaattoestand o.i.d. Deze normen moeten milieukundig en landbouwkundig onderbouwd zijn, voor verschillende grondsoorten. Vervolgens is het aan de boer om die normen te realiseren door de bemesting en eventueel onttrekking aan te passen.

2. *Zijn er andere bruikbare methoden dan het instellen van een negatieve fosfaatbalans om de risico's van fosfaatuitspoeling te verminderen?*

Het ligt het meest voor de hand om de problemen van fosfaatophoping en -uitspoeling op te lossen in de agrarische sfeer, door een minder positieve of zelfs negatieve balans in te stellen. Met name voor de meest kritische situaties ((sterk) verzadigde percelen) is het relevant om te kijken naar mogelijk betere alternatieven: sneller, goedkoper, zekerder, etc.

3. *Hoe kan betrouwbaar worden vastgesteld of een perceel een zodanig lage fosfaattoestand c.q. zo sterk fosfaatfixerende eigenschappen heeft dat reparatiebemesting (sterke positieve fosfaatbalans - elders met verliesnorm of overschot aangeduid-) moet worden toegestaan? Welke ruimte voor bemesting is dan nodig en verantwoord?*

Tegenover de fosfaatverzadigde percelen staan percelen met een lage fosfaattoestand. Om fosfaatkunstmest te kunnen opnemen in MINAS is het van belang dat deze percelen kunnen worden opgespoord en worden ontzien. Vervolgens moet duidelijk zijn welke extra bemestingsruimte landbouwkundig nodig is zonder dat milieurisico's

ontstaan (in de wet staat hiervoor een maximaal overschot op de fosfaatbalans van $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$, genoemd is ook $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gedurende hoeveel jaren, voor verschillende grondsoorten. Het is overigens mogelijk om de extra ruimte alleen te bestemmen voor kunstmest (zodat het niet aantrekkelijk is om frauduleus een lage fosfaattoestand aan te tonen en daarmee mestafzetruimte te creëren).

4. *Hoe kunnen de fosfaatverliesnormen perceels- of bedrijfsgebonden worden afgestemd op de fosfaattoestand c.q. de mate van fosfaatverzadiging van de percelen?*

Beleids optie is hier om de systemen van 1 en 3 te combineren tot een totaalsysteem. Daarin worden de fosfaatverliesnormen (op bedrijfsniveau) afgestemd op de toestand van de percelen (met bemonstering per perceel of gemiddeld over het bedrijf). Bij een normale toestand geldt de normale norm, bij een lage toestand een hogere norm, bij een hoge toestand een lagere norm. Dan kan een continu systeem ontstaan met meerdere normen. Vraag is enerzijds wat criterium en bemonsteringsmethodiek moeten zijn, anderzijds wat voor verschillende grondsoorten landbouwkundig en milieukundig onderbouwde normen zijn.

5. *Hoe snel lopen de fosfaattoestand en -uitspoeling terug bij het hanteren van lage of negatieve fosfaatoverschotten?*

Het is voor het beleid en voor de praktijk van belang om te kunnen schatten hoe snel lage of negatieve overschotten leiden tot een verandering in fosfaattoestand resp. -uitspoeling, voor verschillende grondsoorten.

6. *Welke managementmaatregelen zijn beschikbaar c.q. nodig om een goede gewasproductie te verkrijgen bij een lage fosfaattoestand, bij fosfaatfixerende gronden c.q. bij een scherp dalende fosfaattoestand?*

Naarmate de normen scherper worden, wordt het voor de praktijk steeds belangrijker om na te gaan op welke manier die normen het meest efficiënt kunnen worden gehaald, en voor het beleid om te weten in hoeverre die normen de praktijk voor problemen stellen. Dat gaat enerzijds om het werken bij een lage fosfaattoestand of op fixerende gronden, anderzijds om het werken met een (snel) dalende fosfaattoestand op fosfaatverzadigde percelen.

7. *Wat zijn de risico's van het verhogen van het grondwaterpeil voor de uitspoeling van fosfaat; vormt een (tijdelijk) verhoogde uitspoeling in alle gevallen een bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit? Hoe is die verhoogde uitspoeling te voorkomen?*

Met name in de zones rond de EHS (ommantelingsgebieden) is het de bedoeling te gaan vernatten. Dat levert een risico op van versterkte fosfaatuitspoeling. Het beleid moet kunnen beoordelen hoe groot dat risico is en of het te vermijden is.

3 Rubriceren van de beleidsvragen

In overleg met het Ministerie is vastgesteld dat de 7 beleidsvragen zijn samen te vatten tot drie hoofdthema's, te weten:

1. Onderbouwing van generieke fosfaatverliesnormen (bij de evaluatie van het mestbeleid in 2004), waarbij mogelijk rekening wordt gehouden met de P-toestand van de bodem in relatie tot de eigenschappen van de grondsoort:
 - c. hoe spoor ik een hoge P-toestand / fosfaatverzadiging op (vr. 1)?
 - d. hoe spoor ik een lage P-toestand / P-fixerende gronden op (vr. 3)?
 - e. welke fosfaatverliesnormen zijn nodig om een hoge P-toestand (vr. 1) op perceelsniveau te handhaven (vr. 4)?
 - f. welke fosfaatverliesnormen zijn nodig om een lage P-toestand (vr. 1) op perceelsniveau verantwoord te verhogen (vr. 4)?
 - g. hoe ga je om met fosfaatverliesnormen op bedrijfsniveau (vr. 4)?
 - h. hoe hard gaat de fosfaattoestand (vr. 5) en de fosfaatuitspoeling (vr. 1) achteruit bij lage fosfaatverliesnormen?

2. Mogelijkheden van aanvullende maatregelen bij een hoge en lage P-toestand van de bodem:
 - i. als de P-toestand hoog is hoe kan ik snel de uitspoeling verminderen (i.p.v. negatieve fosfaatverliesnormen) (vr. 2)?
 - j. als de P-toestand laag is hoe krijg ik dan toch een "optimale productie" (vr. 5)?

3. Wat mogen we verwachten als de omstandigheden van landbouwgronden veranderen:
 - k. anti-verdrogingsmaatregelen / vernatten (vr. 7)?
 - l. veranderend landgebruik / beheersovereenkomsten / natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden? Deze vraag is aan de orde gesteld door de begeleidingscommissie maar niet expliciet weergegeven bij de ex ante vragen.

De vragen onder thema 1 richten zich in sterke mate op de onderbouwing van het generieke beleid ten aanzien van fosfaatverliesnormen. Thema 2 gaat in op de vraag in hoeverre aanvullende maatregelen mogelijk zijn om goed om te gaan met een hoge en lage P-toestand van de bodem. Thema 3 richt zich op specifieke (probleem)situaties die kunnen ontstaan als de landbouwkundige omstandigheden sterk wijzigingen. In het volgende hoofdstuk zullen per thema de beleidsvragen worden besproken. *Hierbij wordt opgemerkt dat het begrip "fosfaatverliesnorm" uitsluitend op bedrijfsniveau wordt gebanteerd; op perceelsniveau wordt gesproken over "fosfaatoverschot".*

4 Beantwoording van de beleidsvragen

4.1 Onderbouwing generieke fosfaatverliesnormen in relatie tot fosfaattoestand van de bodem

4.1.1 Hoe spoor ik een fosfaatverzadigde grond of een hoge fosfaattoestand op?

Definitie van een fosfaatverzadigde (kalkloze zand)grond

Een perceel is fosfaatverzadigd als door uitspoeling de gemiddelde fosforconcentratie op een bepaalde *referentiediepte* in de bodem zodanig hoog is dat de *natuurlijke achtergrondconcentratie* in de bodem wordt overschreden. In opdracht van het Ministerie van LNV en VROM heeft de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) voor kalkloze zandgronden vastgesteld welke maximaal toelaatbare P-concentratie en welke referentiediepte hiervoor gehanteerd dienen te worden. De maximaal toelaatbare concentratie anorganisch (of ortho-)fosfaat is voor kalkloze zandgronden gebaseerd op meetgegevens van de kwaliteit van het diepe grondwater in deze zandgronden en is gesteld op 0,15 mg totaal-P per liter. Uitgaande van de veronderstelling dat ca. 2/3 deel van de totale fosfaatconcentratie in het grondwater uit anorganisch fosfaat bestaat, is een maximale fosfaatconcentratie aangegeven van 0,10 mg ortho-P per liter. Als referentiediepte werd de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) genomen, omdat daar de kans op uitspoeling naar het oppervlaktewater het hoogst is (TCB, 1990). Dit criterium leidt er indirect toe dat de MTR-waarde voor stagnant zoet oppervlaktewater, (0,15 mg totaal-P per liter) in deze situatie niet wordt overschreden of tot een probleem leidt.

Het concept dat ten grondslag ligt aan de definitie van een *fosfaatverzadigde kalkloze zandgrond* kan in principe worden toegepast op elke grondsoort. Zoals gezegd is het begrip *fosfaatverzadigde grond* alleen theoretisch onderbouwd en gevalideerd voor kalkloze zandgronden. Dit zijn gronden zonder vrije koolzure kalk, die doorgaans een pH-H₂O kleiner dan 6,5 hebben; dit komt overeen met een pH-KCl van ongeveer 5,5.

Voor zure tot neutrale zandgronden is een specifiek diagnostisch toetsingskader ontwikkeld (van der Zee e.a., 1990a, 1990b.). De theoretische onderbouwing van het begrip *fosfaatverzadiging*, de protocollen om fosfaatverzadiging te bepalen van zure tot neutrale (kalkloze) zandgronden staan vast (van der Zee e.a., 1990a, 1990b). Het criterium voor fosfaatverzadigde zure tot neutrale (kalkloze) zandgronden is volgens Van der Zee e.a. (1990b) 24%; in de praktijk en ook in de hierna volgende teksten van dit rapport wordt gewerkt met 25%. Ook een bemonsteringsprotocol van een fosfaatverzadigde grond is ontwikkeld (Van der Zee e.a., 1990b). De berekende verzadigingsgraad van de kalkloze zandgebieden is in kaart gebracht (Reijerink & Breeuwsma, 1992). Met de huidige kennis en beschikbare protocollen kunnen verantwoord percelen op kalkloze zandgronden worden aangewezen die fosfaatverzadigd zijn. Met de huidige methoden van grondonderzoek kan tevens

verantwoord het onderscheid tussen kalkloze en kalkhoudende zandgronden worden vastgesteld. De bepaling van het gehalte aan vrije koolzure kalk en/of de bepaling van de zuurgraad (pH-KCl of pH-H₂O) is een afdoende maatstaf om het onderscheid te kunnen aanbrengen. Er dient dan wel bemonsterd te worden op percelen op kalkloze zandgronden die niet recent zijn bekalkt. Deze conditie is nog niet voldoende verantwoord opgenomen in het protocol, maar kan via een kleine aanpassing plaatsvinden.

Definitie van fosfaatverzadiging voor overige grondsoorten

Ook op overige grondsoorten, zoals kalkhoudende zandgronden, kleigronden, veen- en dalgrond en löss kan het concept van *fosfaatverzadiging* worden toegepast. Bij de overige grondsoorten kan namelijk aan de hand van een nader te definiëren referentiediepte en de maximaal toelaatbare concentratie anorganisch fosfaat verdere invulling gegeven worden aan de definitie van fosfaatverzadiging. Voor die gronden zijn er echter nog geen grenswaarden voor *fosfaatverzadiging* vastgesteld zoals de getalswaarde voor fosfaatverzadiging van kalkloze zandgrond van 25%. Hierbij zal aandacht gegeven moeten worden aan het onderscheid tussen grondsoorten. Onderscheid tussen grondsoorten uit zich onder andere door de hanterbaarheid / bruikbaarheid van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) als referentiediepte, en de bodemfracties die het gedrag van fosfaat in de bodem bepalen. Zo kan bij veengronden de GHG in het maaiveld liggen en bij sommige duinzanden vlak onder de bouwvoor. Bij veengronden beïnvloedt naast het fosfaat dat gebonden is aan micro-kristallijn of amorf ijzer- en aluminiumhydroxide, ook het fosfaat dat gebonden is aan complexen van organische stof de fosfaatuitspoeling (Schoumans, 1999). Bij duinzanden speelt ook aan calcium gebonden fosfaat een rol bij de uitspoeling (Schoumans & Lepelaar, 1995).

Een theoretisch verdiepend onderzoek naar de fosfaatkinetiek van kalkhoudende zandgronden (duinzanden of bollengronden) en veengronden is uitgevoerd (Schoumans & Lepelaar, 1995; Schoumans, 1999). Bij veengronden en bij duinzanden is ook verkennend onderzoek naar de parametrisatie van mechanistische concepten uitgevoerd. Een beschrijving van de stand van zaken is gegeven door Schoumans e.a. (2000). Het betreft hier verkennende studies die uitgevoerd zijn aan een beperkt aantal monsters.

Voor de overige grondsoorten: kalkloze en kalkhoudende zeeklei, dalgrond en lössgrond ontbreken nog een theoretische onderbouwing van deze fosfaatkinetiek en een parametrisatie.

Om de maximaal toelaatbare fosfaatverzadigingsgraad voor de overige grondsoorten te kunnen vaststellen is meer inzicht nodig in de bijdrage van reactieve bodemfracties (mineraal en organisch). Bij kalkhoudende gronden dient meer inzicht verkregen te worden in de bijdrage van ad- en desorptie van fosfaat aan kalkdeeltjes en precipitaten van fosfaat met calcium, magnesium en overige kationen. Bij kleigronden dient tevens het inzicht verhoogd te worden in de bijdrage van randen van kleimineralen aan de mate van fosfaatvastlegging. Veengronden en dalgronden onderscheiden zich van overige grondsoorten doordat een deel van de ijzer- en

aluminiumhydroxiden aan organische stof gebonden is en daardoor beperkt fosfaat 'fixeert'. Daarnaast draagt extra mineralisatie van veen, als gevolg van verdroging, bij aan de uitspoeling van fosfaat. Dit aspect is bij de definitie van een fosfaatverzadigde grond niet in beschouwing genomen, omdat dit van ondergeschikt belang werd geacht voor kalkloze zandgronden.

Een extractie met zuur ammoniumoxalaat-oxaalzuur vormt de basis voor de bepaling van de fosfaatverzadiging van kalkloze zandgronden. Deze extractie zal niet toereikend zijn voor overige grondsoorten waarbij sorptie en precipitatie aan vrije koolzure kalk belangrijk zijn. Ook andere methoden van grondonderzoek zullen gebruikt moeten worden om invulling te geven aan het begrip fosfaatverzadiging. Relevante parameterwaarden voor de definiëring van fosfaatverzadiging kunnen voor deze overige gronden dus nog niet worden gegeven.

Definitie van een hoge fosfaattoestand

Bij de bemestingsadviesing op basis van grondonderzoek wordt de fosfaattoestand bepaald met het Pw-getal en voor boomteelt en vollegrondsgroententeelt tevens met het P-AL-getal (Anonymus, 1998a; Anonymus, 1998b; Van Dijk, 1999; Aendekerck, 2000). Vanaf 2003 komt het gebruik van het P-AL-getal bij gewasgerichte bemestingsadviesing bij intensieve vollegrondsgroententeelt te vervallen (Ehlert e.a., 2000b). De getalwaarden voor Pw-getal en/of P-AL-getal voor de waardering *hoog* verschillen per sector.

Het nieuwe geïntegreerde fosfaatbemestingsadvies voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten bestempelt de fosfaattoestand van alle grondsoorten als *hoog* indien het Pw-getal hoger is dan $60 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ (Ehlert e.a., 2000b; Ehlert e.a., 2002).

Bij bollengronden wordt de fosfaattoestand *hoog* genoemd als de fosfaattoestand hoger is dan het streeftraject, d.w.z. als het Pw-getal hoger is dan $45 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$. Dit geldt voor elke grondsoort (Anonymus, 1998a).

Grasland op zeelei, rivierlei, veen, zand- en dalgrond heeft volgens het bemestingsadvies een hoge fosfaattoestand als het P-AL-getal hoger is dan $55 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$ (Anonymus, 1998b). De fosfaattoestand van grasland op löss wordt als *hoog* gewaardeerd als het P-AL-getal hoger is dan $45 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$.

Bij de teelt van boomkwekerijgewassen wordt de fosfaattoestand van een grond als *hoog* gekwalificeerd als het Pw-getal hoger of gelijk is aan $61 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ en het P-AL-getal hoger of gelijk is aan $61 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$.

Relatie tussen fosfaatverzadigingsgraad en fosfaattoestand (Pw-getal en P-AL-getal) van de bodem

Pw-getal en P-AL-getal geven sturing aan een landbouwkundig verantwoord gebruik van fosfaat uit meststoffen en bodemverbeterende middelen. De parameters geven geen uitsluitsel over de mate waarin de bodem zodanig met fosfaat is opgehoopt dat er sprake is van *fosfaatverzadiging* (FVG). Er is veel informatie beschikbaar over de relatie tussen FVG en de bodemvruchtbaarheidsparameters Pw-getal en P-AL-getal

(Schoumans e.a., 1991; Chardon, 1994; Schoumans en Lepelaar, 1995; Chardon & Van Faassen, 1999; Schoumans en Groenendijk, 2000). In het algemeen is de relatie zwak. Een zeer hoge fosfaattoestand gemeten als Pw-getal of P-AL-getal gaat doorgaans wel gepaard met een hoge FVG maar er is doorgaans hooguit een zwakke relatie tussen en FVG en Pw-getal of een P-AL-getal bij fosfaattoestanden die landbouwkundig noodzakelijk zijn ($Pw\text{-getal} < 45 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$). Een hysteresis-effect, als gevolg van een verlaging van een te hoge fosfaattoestand van de bodem door een lage of negatieve verliesnorm op te leggen, kan er zelfs toe leiden dat een Pw-getal drastisch daalt terwijl de FVG hoog blijft. Uit de literatuur en uit onderzoek waarbij een potproef wordt gebruikt zijn dergelijke hysteresis-effecten goed bekend (Koopmans e.a. 2002, 2004), maar de consequenties voor de Nederlandse landbouw zijn nog niet duidelijk in kaart gebracht.

Opsporing van een fosfaatverzadigde grond of een grond met een hoge fosfaattoestand

Het Protocol fosfaatverzadigde gronden geeft de opsporingsmethode voor het identificeren van fosfaatverzadigde percelen. (van der Zee e.a., 1990b). Nadien is de methode voor het opsporen van een perceel met een te lage fosfaattoestand geëvalueerd en bijgesteld (Brus e.a., 1998, 1999; Brus & Spätjens, 1997). Dit heeft geleid tot een nieuwe bemonsteringsstrategie die ook kan worden toegepast op gronden met een lage fosfaattoestand en/of gronden met een hoge fosfaattoestand. Een vergelijking van beide bemonsteringsstrategieën heeft echter nog niet plaatsgevonden. Een dergelijke vergelijking dient vooraf te gaan aan een eventuele aanpassing van het Protocol.

Bemestingsonderzoek, gebaseerd op een niet-gestratificeerde steekproef van 12 proefpercelen, heeft een bereik in standaardfouten van 1,5 – 4,8 mg $\text{P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ en 0,8-5,3 mg $\text{P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$ voor resp. het Pw-getal en het P-AL-getal aangegeven (Neuvel & Van den Berg, 1999)

Conclusies

Concluderend kan gesteld worden dat op kalkloze zandgronden een fosfaatverzadigd perceel verantwoord kan worden opgespoord. Voor overige grondsoorten dienen de criteria voor fosfaatverzadiging vastgesteld te worden. Daartoe is het volgende onderzoek nodig (ten dele reeds aangegeven in Schröder & Corré, 2000):

- Parametrisatie van de ontwikkelde meetmethodiek voor dal- en veengronden (Schoumans, 1999) door vastlegging van karakteristieke sorptieparameters van een groot aantal monsters, teneinde vertaling naar percelen, kaartvlakken en regio's betrouwbaar mogelijk te maken.
- De beschrijving van de fosfaatsorptie en desorptie in veengronden zoals deze (via een beperkt aantal monsters) in het laboratorium zijn afgeleid, dient nog getoetst te worden in een (groot) aantal praktijksituaties (validatie).
- De beschrijving en parametrisatie van het gedrag van fosfaat in kalkloze klei- en lössgronden dienen nog afgeleid en in de praktijk getoetst te worden.
- De beschrijving en parametrisatie van het gedrag van fosfaat in kalkrijke zand-, klei- en lössgronden dienen nog afgeleid en in de praktijk getoetst te worden.

- Technische uitwerkingen en protocollen voor overige fosfaatverzadigde gronden dienen te worden opgesteld voor alle grondsoorten; dat wil zeggen de parameterwaarden voor fosfaatsorptie en -desorptie (zoals hiervoor aangegeven), de onzekerheden in de toetsingsgrootheden, de methoden van fysisch-chemisch grondonderzoek om fosfaatverzadiging vast te stellen en de kritische fosfaatverzadigingsgraad voor de betreffende grondsoort (zoals voor kalkloze zandgronden 25% geldt).

In het kader van programma 398-II worden voor twee locaties (project DOVE-veen en project DOVE-klei) fosfaatkarakteristieken (van de bovengrond) vastgesteld. In de fosfaatprojecten op grasland (verliesnormenproef) en bouwland (veeljarige fosfaatveldproeven o.a. gericht op evenwichtsbemesting) uit programma 398-II wordt onderzocht wat de gevolgen zijn van verschillende fosfaatoverschotten voor de fosfaattoestand (P_w-getal of P-AL-getal) van de bodem. Deze metingen zouden kunnen worden uitgebreid met aanvullende bepalingen van de sorptie- en desorptiekarakteristieken van teeltlagen en onderliggende bodemlagen.

Indien voor alle gronden een fosfaatverzadigingscriterium moet worden afgeleid, als richtlijn voor de maximale fosfaatophoping in de bodem en als grenswaarde waarboven fosfaatverliesnormen uit milieu-oogpunt dienen te worden aangepast, dienen op korte termijn bovenstaande aanbevelingen ter harte te worden genomen. De term korte termijn is hier genoemd omdat het arbeidsintensief en vaak veeljarig onderzoek betreft (vanwege de complexiteit van het gedrag van fosfaat in de bodem. Bij de technische uitwerking kunnen fosfaatkarakteristieken van andere gronden verkregen worden uit o.a. TAGA (Technische Archief en Grondmonster-Archief), BIS (bodemkundig informatiesysteem) en het Dorschkamparchief; deze drie bodemarchieven worden door Alterra beheerd. Grondmonsters uit TAGA, BIS en Dorschkamparchief kunnen door (her)analyse op een relatief snelle manier informatie leveren, mede in samenhang met (her)interpretatie van vroegere onderzoeksresultaten (P-balansen).

4.1.2 Hoe spoor ik een lage fosfaattoestand op?

Het opsporen van een te lage fosfaattoestand dient primair om een perceel in aanmerking te laten komen voor reparatiebemesting, dan wel om percelen te identificeren die in aanmerking komen voor een verruiming van de fosfaatverliesnorm.

Definitie van een lage fosfaattoestand

Om een lage fosfaattoestand te kunnen opsporen zal eerst duidelijkheid moeten bestaan over wat met de waardering *laag* wordt bedoeld. Gelet op de doelstelling van het opsporen gaan we er vanuit dat een lage fosfaattoestand wordt gedefinieerd vanuit bemestingsoogpunt en niet vanuit de mate van fosfaatverzadiging (zoals beschreven in de vorige paragraaf).

De huidige bemestingsadviezen zijn niet eenduidig over de onderliggende criteria voor de waardering *laag* en op welke wijze een te lage fosfaattoestand moet worden gerepareerd; dit komt doordat de grondslagen van de bemestingsadviezen verschillen. De waardering *laag* kan zijn gebaseerd op een gewasgericht bemestingsadvies waarin de opbrengstreactie van een gewas bij een gegeven fosfaattoestand wordt

gewaardeerd. De waardering *laag* kan ook zijn gebaseerd op een zogenoemd grondgericht bemestingsadvies waarbij aanbevolen wordt om de fosfaattoestand in een bepaald traject te handhaven. Indien de fosfaattoestand lager is dan dit traject wordt aanbevolen om de te lage fosfaattoestand te repareren. Een grondgericht bemestingsadvies is van toepassing bij teelten waarbij ondanks royale bemesting de opbrengst (en/of kwaliteit) bij een lage fosfaattoestand achterblijft bij die bij een hogere fosfaattoestand.

Het nieuwe gewasgerichte bemestingsadvies voor intensief geteelde vollegrondsgroenten is geïntegreerd met het advies voor akkerbouwland (Ehlert e.a., 2000; Ehlert & Van Wijk, 2002; Ehlert e.a., 2002). Het verschil in de waardering van de fosfaattoestand tussen akkerbouwland en intensieve vollegrondsgroenteteelt is daarmee vervallen. De waardering van de fosfaattoestand is dan identiek aan de huidige waardering voor bouwland. *Voor beide sectoren kan daardoor eenduidig voor een te lage fosfaattoestand een richtlijn voor reparatiebemesting worden vastgesteld, namelijk een Pw-getal dat gelijk is of lager dan 20 mg P₂O₅.l⁻¹.* Het nieuwe advies wordt in 2003 van kracht en is dus uitsluitend gebaseerd op het Pw-getal.

Bij bollengronden is om voorlichtingstechnische redenen in 1998 de waardering van het gewasgerichte advies aangepast aan het grondgerichte advies voor het handhaven van het streefgetal, en wijkt daardoor af van die voor akkerbouw- en vollegrondsgroenteteelt. De waardering *laag* wordt gegeven als de fosfaattoestand lager is dan het streefgetal (Pw-getal: 25 mg P₂O₅.l⁻¹ voor zeelei en 30 mg P₂O₅.l⁻¹ voor overige grondsoorten). De streefgetallen voor bloembollengronden, met name die voor duinzanden (zeezand, alluviaal zand) staan ter discussie (Ehlert & Pasterkamp, 1999). Bij een fosfaattoestand (Pw-getal) van 25 mg P₂O₅.l⁻¹ treedt op deze gronden een grote uitspoeling op (Schoumans e.a., 1995). Bij zeelei is de uitspoeling door de hogere bufferende werking kleiner (Ehlert & De Willigen, 1999). Daarnaast vragen bloembollen, zoals uit voorlopige berekeningen blijkt, waarschijnlijk weinig fosfaat (Ehlert e.a., 1998, 2000). De streefgetallen voor bollengronden kunnen lager zijn zonder verlies aan opbrengst en kwaliteit. Op dit moment zijn de getalswaarden voor gewijzigde streefgetallen voor bollengronden nog niet bekend. Wijziging van de streefgetallen zal leiden tot een wijziging van de waardering van de fosfaattoestand.

Het P-AL-getal blijft een belangrijke parameter voor bemestingsadvisering op basis van grondonderzoek voor grasland en boomteelt, en heeft een andere waardering dan het Pw-getal voor bouwland. De fosfaattoestand van grasland op zeelei, veen-, zand- en dalgrond wordt als *laag* gewaardeerd wanneer het P-AL-getal lager is dan 18 mg P₂O₅.(100 g)⁻¹ (Anonymus, 1998b). Het criterium voor rivierklei is 15 mg P₂O₅.(100 g)⁻¹ en bij löss 13 mg P₂O₅.(100 g)⁻¹.

In de adviesbasis voor boomkwekerijgewassen wordt op basis van het Pw-getal en P-AL-getal de fosfaattoestand gewaardeerd; de grondsoort is hierbij echter geen criterium (Aendekerk, 2000). Naarmate het P-AL-getal hoger is, mag het Pw-getal lager zijn. Bij lage P-AL-getallen (≤ 15 mg P₂O₅.(100 g)⁻¹) wordt de waardering *laag* gegeven bij een Pw-getal van 45 mg P₂O₅.l⁻¹ of lager. Bij hoge P-AL-getallen (36-45

mg $P_2O_5 \cdot (100 \text{ g})^{-1}$) wordt de waardering *laag* gegeven bij Pw-getallen kleiner of gelijk aan 15 mg $P_2O_5 \cdot l^{-1}$. Er zijn aanwijzingen dat het bemestingsadvies voor boomkwekerijgewassen te hoge fosfaatgiften adviseert. Nader onderzoek moet uitwijzen of een bijstelling van dit advies noodzakelijk is.

Opsporing van een grond met een lage fosfaatverzadigingsgraad of een lage fosfaattoestand

Grondonderzoek ten behoeve van bemestingsadvisering is erop gericht om lage fosfaattoestanden op te sporen. Pw-getal en P-AL-getal zijn hierbij de parameters van grondonderzoek waarmee de lage fosfaattoestand wordt bepaald. Er bestaan geen NEN voorschriften voor het Pw-getal of het P-AL-getal. Een concept NEN-voorschrift voor het P-AL-getal is opgesteld maar nog niet geaccordeerd. De methode van bemonstering is onderwerp van studie (zie ook paragraaf 4.1.1.). De gangbare methode voor grondonderzoek voor bemestingsadvisering blijkt een grote systematische fout te hebben. Een nieuwe methode voor bemonstering is ontwikkeld, met een aanzienlijke lagere systematische fout (Brus e.a., 1999). Belangrijk verschil ten opzichte van de huidige meest gebruikte methode van bemonstering is dat door loting het hele perceel wordt bemonsterd. Bij de huidige methode van bemonstering wordt selectief bemonsterd; tredpaden, wendakkers, slechte plekken en dergelijke worden gemeden. De huidige methode van grondbemonstering is afdoende om een indicatie te verkrijgen over de fosfaatstatus van een perceel ten behoeve van bemestingsadvisering (productie-oogpunt); de methode is te grofmazig om in juridische kaders rond handhaving en controle te worden toegepast. De methode van Brus e.a. (1999) kan worden gebruikt in laatstgenoemde kaders.

Opsporing van een lage fosfaattoestand is één onderdeel van de vormgeving van een systeem waarbij reparatiebemesting binnen MINAS wordt gebracht. De bepaling van het Pw-getal geeft uitsluitsel of de fosfaattoestand te laag is, gelet op landbouwkundige doelstellingen. Het Pw-getal geeft echter geen informatie of het milieukundig gezien verantwoord is om de fosfaattoestand te verhogen. Daartoe dienen ook de sorptiekenmerken bekend te zijn om de mate van stijging van het Pw-getal en verlies van P door weglekken naar dieper gelegen bodemlagen te kunnen aangeven. Hierop wordt in paragraaf 4.1.4. teruggekomen.

Conclusies

Geconcludeerd wordt dat percelen met een lage fosfaattoestand verantwoord kunnen worden opgespoord. Aandacht moet nog worden gegeven aan het opstellen van een NEN-voorschrift voor vaststelling van het Pw-getal en het P-AL-getal. De waardering *laag* kan worden gebaseerd op de fosfaatbemestingsadviezen voor de verschillende sectoren. Bij de adviesbases voor bollengronden en voor boomkwekerijgewassen wordt een bijstelling van de waardering voorzien. Daarnaast zal een differentiatie van de bodemfysische en bodemchemische kenmerken de streefgetallen voor de fosfaattoestand van de bodem moeten onderbouwen (zie ook paragraaf 4.1.4.). Karakteriseren van fosfaatsorptie en -desorptieparameters voor diverse grondsoorten in samenhang met fosfaatbalansen vormt de basis voor de

noodzakelijke differentiatie. Het ontbreekt echter nog aan voldoende data van kalkhoudende kleigrond en van veen-, dal- en kalkhoudende zandgronden.

Om lage fosfaattoestanden te kunnen karakteriseren, waarbij een milieuverantwoorde reparatiebemesting of verruiming van de verliesnorm kan worden toegepast, is onderzoek nodig naar:

- Het opstellen van een protocol voor het identificeren van percelen met een lage fosfaattoestand die in aanmerking kunnen komen voor een verhoogde fosfaatverliesnorm of reparatiebemesting.
- Bij opsporing van een te lage fosfaattoestand op basis van het Pw-getal of het P-AL-getal, wordt een NEN-voorschrift relevant. Het NEN-voorschrift voor het P-AL-getal is opgesteld maar nog niet geaccordeerd. Er is ook gewerkt aan een concept voor een NEN-voorschrift voor het Pw-getal maar de afronding vraagt nog veel aandacht. Bijzondere aandacht moet nog gegeven worden aan de betrouwbaarheid van het Pw-getal in situaties waarbij meststof geplaatst wordt (bijvoorbeeld bij rijenbemesting).
- Het eenduidig tabelleren en actualiseren van getalswaarden voor een lage fosfaattoestand voor verschillende gewas-grondsoort combinaties. Recente wijzigingen in bemestingsadviesing vergt systematische bijsturing en aanvulling op onderdelen.

In het kader van programma 398-II wordt aandacht besteed aan effecten van fosfaatoverschotten op de P-toestand van de bodem. Aan bovengenoemde punten wordt echter nog geen aandacht besteed. Indien percelen met een lage P-toestand een plaats krijgen in de regelgeving dan zal de waardering 'laag' controleerbaar en uitvoerbaar gekarakteriseerd moeten kunnen worden, waarvoor een protocol moet worden opgesteld. Er zal dan aandacht moeten worden besteed aan de ontwikkeling van een NEN-voorschrift voor het Pw-getal en het P-AL-getal. Daarnaast dienen de tabellen met de waardering van de fosfaattoestand van de bemestingsadviezen voor gewas-grondsoort combinaties te worden geactualiseerd.

4.1.3 Welke fosfaatoverschotten zijn nodig om op perceelsniveau een hoge fosfaattoestand te handhaven?

Fosfaatbemesting bij hoge fosfaattoestand

Een fosfaattoestand (Pw-getal en/of P-AL-getal) *hoog* kan worden gedefinieerd volgens de waardering van de fosfaattoestand van bemestingsadviezen. Een hoge fosfaattoestand kan ook gedefinieerd worden door een normoverschrijdende fosfaatverzadigingsgraad. Beide definities zijn niet identiek. Zo kan een fosfaatverzadigingsgraad te hoog zijn gelet op het protocol voor fosfaatverzadigde kalkloze zandgronden terwijl volgens het bemestingsadvies de fosfaattoestand 'voldoende' is. Bij hoge tot zeer hoge fosfaattoestanden gemeten als Pw-getal is er gereede kans op fosfaatverzadiging indien de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) ondiep is.

De adviezen voor de fosfaatgiften nemen af bij een toename van de fosfaattoestand. Bij een hoge fosfaattoestand worden giften geadviseerd die lager zijn dan de

fosfaatafvoer met de (oogst)producten. In deze situatie kan dus gewerkt worden met lage of zelfs negatieve fosfaatoverschotten. Als de fosfaattoestand eenmaal een bepaald niveau heeft bereikt is fosfaatbemesting niet nodig, waardoor een negatief fosfaatoverschot mogelijk is.

Voor het nieuwe geïntegreerde fosfaatbemestingsadvies van vollegrondsgroenten en akkerbouwgewassen wordt zelfs voor de meest fosfaatvragende gewassen vanaf een Pw-getal van 65 mg $P_2O_5.l^{-1}$ geen fosfaat meer geadviseerd (negatief fosfaatoverschot). Bij een gewasrotatie met een evenwichtig aandeel van gewassen met een lage tot een hoge vraag naar fosfaat kan vanaf een Pw-getal van 45 mg $P_2O_5.l^{-1}$ verantwoord worden geteeld met fosfaatgiften gelijk aan, of kleiner dan de afvoer met de oogstproducten. Vanaf een Pw-getal van 45 mg $P_2O_5.l^{-1}$ is daardoor geen fosfaatoverschot nodig. De huidige fosfaatbemestingsadviezen zijn gebaseerd op economisch rendement, waarbij voor fosfaatmeststoffen betaald moet worden.

Bij bollengronden wordt vanaf een Pw-getal van 45 mg $P_2O_5.l^{-1}$ geen fosfaatbemesting meer geadviseerd (negatief fosfaatoverschot).

Voor grasland is op basis van het P-AL-getal bij waarden hoger dan 40 mg $P_2O_5.(100\text{ g})^{-1}$ de geadviseerde fosfaatgift lager dan de afvoer (negatief fosfaatoverschot). Vanaf de waardering vrij hoog (Pw-getal 36-45, 46-60 of groter of gelijk aan 61 bij P-AL-getallen van resp. groter of gelijk aan 61, 46-60 of 36-46) wordt bij boomkwekerijgewassen geen fosfaatbemesting meer geadviseerd (negatief fosfaatoverschot).

Met organische bemesting voor handhaving van het organische stofgehalte in de grond wordt fosfaat aangevoerd. Bij een negatief fosfaatoverschot kan het onmogelijk worden organische bemesting uit te voeren met behulp van dierlijke meststoffen of met organische bodemverbeterende middelen op basis van dierlijke meststoffen. Daardoor kan de kwaliteit (structuur, eventueel ook de bodemgezondheid) van de grond op den duur slechter worden, waardoor opbrengstderving kan ontstaan. Het is dus niet zo dat er nooit landbouwkundige problemen kunnen ontstaan wanneer er bij een hoog Pw-getal geen fosfaat meer gegeven mag worden. Gewasresten dragen ook wel bij aan de organischestofvoorziening, maar dit is voor de meeste teelten niet voldoende. Zulke verbanden zijn nog niet te kwantificeren, omdat er geen verbanden zijn bepaald tussen organische bemesting en opbrengst.

Fosfaatverliesnorm van 20 kg $P_2O_5.ha^{-1}$

Een fosfaatverliesnorm wordt op bedrijfsniveau gehanteerd. Daardoor kan binnen een bedrijf sturing worden gegeven aan fosformanagement over de percelen al naar gelang de gewasbehoefte en de fosfaattoestand van de percelen. Op perceelsniveau heeft een fosfaatverliesnorm dus in principe geen directe betekenis. Indien alle percelen van een bedrijf een waardering van de fosfaattoestand kennen die hoger is dan bemestingstechnisch noodzakelijk, dan heeft een fosfaatverliesnorm van 20 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ geen betekenis voor opbrengst (als resultante van fysieke opbrengst en kwaliteit).

Het effect van een fosfaatverliesnorm van $20 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ exclusief kunstmestfosfaat op een hoge fosfaattoestand is niet eenduidig aan te geven. Indien naast dierlijke mest kunstmestfosfaat gebruikt wordt, dan is het overschot op de fosfaatbalans onvoorspelbaar en daardoor het effect op de fosfaattoestand. Wanneer kunstmest wel opgenomen is bij de berekening van de fosfaatverliesnorm dan zal een overschot op de fosfaatbalans van $20 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ in veel situaties onvoldoende zijn om een hoge fosfaattoestand te handhaven; de fosfaattoestand zal hierdoor dalen. De snelheid van de verlaging van de fosfaattoestand wordt bepaald door de manier waarop de fosfaattoestand wordt vastgesteld: Pw-getal of P-AL-getal; het Pw-getal zal sneller dalen dan het P-AL-getal. Daarnaast oefenen bodemfysische en bodemchemische karakteristieken invloed uit op de snelheid waarmee en de mate waarin de fosfaattoestand daalt (zie overige paragrafen). Regelmatig grondonderzoek zal moeten uitwijzen hoe snel de fosfaattoestand daalt. Wanneer de grondkarakteristieken voor fosfaat bekend zijn, kan ook op basis van (model)berekeningen de daling van de fosfaattoestand worden ingeschat, met name voor het Pw-getal (Schoumans, 1995; Schoumans & Groenendijk, 2000).

Vanaf 1986 zijn in een perceel kalkrijke zavel op het PPO-AGV-bedrijf te Lelystad vier sterk uiteenlopende fosfaattoestanden ontstaan. Door gedurende 14 jaren de fosfaatbemesting weg te laten daalde het Pw-getal van 24 naar $16 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$. Het P-AL-getal daalde van 28 naar $24 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$ terwijl het opbrengstniveau met 8% terugliep. Door een jaarlijkse gift van $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ blijft de met Pw-getal aangeduide toestand op gelijk niveau, maar het P-Al-getal neemt toe. Hogere fosfaatgiften, 140 en $280 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$, zijn nodig om de gecreëerde hogere Pw-toestand op niveau te houden, terwijl de P-Al-getallen nog steeds toenemen (Alblas & Van der Schoot, 2001). Hogere fosfaatgiften geven geen hogere opbrengst. De analyse van de verzamelde gegevens wijst uit dat voor kleigronden een streefwaarde voor het Pw-getal van $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ voldoende is en dat daarbij een overschot van $20 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ nodig is om die toestand te handhaven.

Kuecke e.a. (2001) vonden echter dat, op kalkhoudende zavel van de dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse, bij een Pw-getal van circa $17 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ het compenseren van de gewasafvoer voldoende was om de opbrengst te waarborgen. Mogelijkerwijs is in Marknesse een hogere bijdrage van de mineralisatie van organisch fosfaat een belangrijke oorzaak voor het verschil met de kalkhoudende kleigrond te Lelystad.

Fosfaatverliesnorm en kritisch Pw-getal

De fosfaatconcentratie in een bodemmonster kan worden vastgesteld op basis van een directe bepaling van de fosforconcentratie in het bodemvocht, of via een indirecte bepaling die gebaseerd is op de voorraad aan reversibel gebonden fosfaat en de adsorptie-isotherm (Ehlert & De Willigen, 1999). Daarmee kan de fosfaattoestand worden bepaald waarbij de fosforconcentratie voldoet aan een waterkwaliteitsnorm (grenswaarde voor zoet oppervlaktewater voor 2005 of de streefwaarde voor de bovenste meter van het grondwater voor zandgrond of veen- en kleigrond voor 2020). De fosfaattoestand van grond gemeten als Pw-getal wordt kritisch genoemd wanneer de fosforconcentratie in het bodemvocht gelijk is aan een waterkwaliteitsnorm (Ehlert & De Willigen, 1999). Indien de waterkwaliteitsnorm

voor grondwater wordt gehanteerd, dan mag de fosfaattoestand van de bouwvoor niet hoger zijn dan de waardering voldoende (Pw-getal $\sim 25 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$); het voldoen aan de norm voor zoet oppervlaktewater vereist een lage tot zeer lage fosfaattoestand (Pw-getal $< 10 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$). Om te voorkomen dat er meer fosfaat naar dieper gelegen bodemlagen weglekt dan milieukundig verantwoord is, of om de te hoge mate van weglekken van fosfaat uit de bouwvoor te beperken, moet de fosfaattoestand van de bouwvoor worden verlaagd. Kritische Pw-getallen maken inzichtelijk dat om bodemlagen onder de bouwvoor of onder de zode niet in fosfaattoestand te verhogen de fosfaattoestand aanzienlijk lager moet zijn dan een toestand *hoog*. Bodemchemische sorptiekarakteristieken moeten nadrukkelijker worden betrokken bij de bemestingsadvisering om indicaties uitgedrukt in een bemestingsparameter (Pw-getal) te verkrijgen over het risico van het weglekken van fosfaat naar dieper gelegen bodemlagen. Dit is nu nog niet het geval.

Specifieke onderzoeksvragen zijn grotendeels bij paragraaf 4.1.1 en 4.1.2 aangegeven. Bij beantwoording van die vragen kan ook verdere detaillering worden gegeven aan een fosfaatverliesnorm voor een hoge fosfaattoestand. Op basis van landbouwkundig onderzoek worden bij een hoge fosfaattoestand al jaren fosfaatgiften geadviseerd die lager zijn dan de afvoer van fosfaat met (oogst)producten (negatieve fosfaatverliesnorm). MINAS werkt hogere fosfaatgiften in de hand omdat het financieel aantrekkelijk is om de beschikbare ruimte aan fosfaat vol te maken; daarnaast wordt met organische bemesting fosfaat aangevoerd. Het is angst om in te teren op opgebouwde bodemvruchtbaarheid die in de praktijk een rol speelt. Voorlichting en scheiding van zin en onzin zijn belangrijk in deze. Lopende projecten als Telen met Toekomst, Koeien en Kansen, Bioveem en soortgelijke projecten bieden mogelijkheden om hierbij sturend en corrigerend op te treden. Ook de aanleg van demonstratieproeven kan een nuttige bijdrage leveren aan het wegnemen van de onrust.

Teneinde actief beleid te voeren om bij de bemesting rekening te houden met een hoge P-toestand wordt aanbevolen:

- Verbetering van de communicatie over fosfaatoverschotten en de daaraan gerelateerde belasting van de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater;
- Bij opsporing van een hoge fosfaattoestand op basis van het Pw-getal of het P-AL-getal, wordt een NEN-voorschrift relevant. Het NEN-voorschrift voor het P-AL-getal is opgesteld maar nog niet geaccordeerd. Er is ook aan een concept voor een NEN-voorschrift voor het Pw-getal gewerkt maar de afronding vraagt aandacht (zie ook paragraaf 4.1.4).
- Evalueren en zonodig in groter detail kwantificeren van lange termijn effecten van veranderingen in bemestingstrategie op de bodemtoestand, de vastlegging van fosfaat en de daaruit voortvloeiende verliezen naar het milieu;
- Bedrijfsanalyse van realiseerbare en milieukundig verantwoorde overschotten op de P-balans op basis van fosfaattoestand, grondsoort, grondgebruik, bedrijfstype en bedrijfsopzet.
- Verbetering van praktische (beslissingsondersteunende) modellen die mineralenstromen op een bedrijf in beeld brengen, kansen op verliezen naar milieu kwantificeren, en adviezen geven ten aanzien van bemesting.

Aan bovenstaande punten wordt op dit moment geen aandacht besteed in het kader van programma's 398-I, 398-II en 398-III.

Aanbevolen wordt in programma 398-I extra aandacht besteden aan de communicatie over bemesting van gronden met een te hoge fosfaattoestand en MINAS kaders.

Speciale aandacht wordt gevraagd voor het onderbouwen van lange-termijn effecten van verandering van bemestingsstrategieën op de fosfaattoestand van de bodem en daaruit voortvloeiende verliezen. In programma 398-II vindt meerjarig onderzoek plaats naar effecten van verschillende P-overschotten of -bemesting op de P-toestand van de bodem. Het gaat hierbij zowel om grasland als om bouwland. Het meetprogramma in deze projecten zou kunnen worden uitgebreid met kwantificering van P-verliezen, met name bij een hoge fosfaattoestand.

In programma 398-III vindt de ontwikkeling plaats van het Milieu Economisch Bedrijfsmodel voor de Open Teelten (MEBOT). Bij de ontwikkeling van dit model zal duidelijk aandacht moeten worden besteed aan de beschrijving van de fosfaatstromen binnen het bedrijf en de fosfaatverliezen die naar het milieu kunnen optreden. Wellicht kan een soortgelijke ontwikkeling ook plaatsvinden in BBPR.

4.1.4 Welke fosfaatoverschotten zijn nodig om op perceelsniveau een lage fosfaattoestand verantwoord te verhogen?

Indien door opsporing percelen met een lage fosfaattoestand zijn aangewezen dan is het de vraag hoe hoog het overschot op de fosfaatbalans mag zijn om die te lage fosfaattoestand te repareren, en hoe vaak een dergelijk overschot mag worden gebruikt.

Op dit moment worden generieke fosfaatverliesnormen gehanteerd voor een toe te laten overschot aan fosfaat van dierlijke mest op bedrijfsniveau. Toegerekend aan percelen bedraagt de verliesnorm nu 20 kg P₂O₅ per ha per jaar; kunstmestfosfaat is hierbij niet inbegrepen. Om een te lage fosfaattoestand te kunnen verhogen (repareren) is deze verliesnorm niet toereikend, althans niet op korte termijn. Op den duur zal door accumulatie van fosfaat in de bodem een te lage fosfaattoestand worden verhoogd, mits de grond geen grote hoeveelheden ijzer en aluminium bevat. In de periode van opbouw van de fosfaattoestand wordt over een langere periode niet een optimale opbrengst bereikt; er is daardoor over die periode sprake van een verlies van inkomsten.

Om een te lage fosfaattoestand adequaat (snel en zonder te groot verlies aan inkomsten) te kunnen verhogen dient belangrijk meer fosfaat te worden aangevoerd dan afgevoerd. Binnen een bedrijf kan de ondernemer bij het fosfaatmanagement rekening houden met percelen die een lage fosfaattoestand hebben, door beschikbaar fosfaat uit meststoffen vooral aan die percelen toe te dienen. Het feit dat een bedrijf één of enkele percelen met een lage fosfaattoestand heeft, hoeft dus nog niet te leiden tot een verhoging van de fosfaatverliesnorm. Het zal verder van het grondgebruik afhangen in welke mate extra fosfaat nodig is om te lage fosfaattoestanden te repareren.

Verhogen van de fosfaattoestand met uitsluitend dierlijke mest of andere organische bodemverbeterende middelen bij hoge giften leidt tot onevenwichtige aanvoer van andere nutriënten (b.v. stikstof), die daardoor schade kunnen geven aan de opbrengst en kwaliteit, en kan leiden tot ongewenste uitspoeling. Een verhoging van de aanvoer met minerale meststoffen voorkomt dergelijke schade. Opname van minerale fosfaatmeststoffen in MINAS kaders impliceert een wijziging van de definitie van de fosfaatverliesnorm. In deze paragraaf wordt een gewijzigde definitie gebruikt. Met fosfaatoverschot voor een lage fosfaattoestand wordt in deze paragraaf bedoeld: het overschot tussen aan- en afvoer op de fosfaatbalans. De aanvoer is afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en/of organische bodemverbeterende middelen en de afvoer (werkelijk of forfaitair) gebeurt via (oogst)producten. De fosfaatverliesnorm is nu niet gebaseerd op grondonderzoek. Het toepassen van een *fosfaatverliesnorm voor een lage fosfaattoestand* houdt in dat grondonderzoek een essentieel onderdeel is van verruiming van de fosfaatverliesnormen.

Reparatiebemesting

Een lage fosfaattoestand heeft een sub-optimale productie van het gewas tot gevolg. De huidige bemestingsadviezen voor akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bloembollen geven expliciete richtlijnen om een te lage fosfaattoestand te repareren (Anonymus, 1998a; van Dijk, 1999). Er is een expliciet advies voor reparatiebemesting voor bouwland inclusief vollegrondsgroententeelt. Het streefgetal uitgedrukt in het Pw-getal vormt daarbij de grondslag voor bouwland. Indien de fosfaattoestand lager is dan het streefgetal wordt geadviseerd om de fosfaattoestand tot het streefgetal te verhogen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee groepen grondsoorten, te weten zeelei en duinzand (zeezand) en de tweede groep met zandgrond, dalgrond, rivierklei en löss.

De grondslagen van bemestingsadvisering op basis van grondonderzoek passen in het kader van een voorlichtingsinstrument. Een reparatiebemesting van een te lage fosfaattoestand wordt niet aanbevolen wanneer de grond fosfaat fixeert. In deze situatie is reparatiebemesting niet zinvol omdat de daarvoor benodigde giften onrendabel hoog zijn. Reparatie van een te lage fosfaattoestand met dierlijke mest leidt tot onevenwichtig hoge giften aan andere nutriënten met mogelijke schade aan het gewas en ongewenste verhoging van de uitspoeling van stikstof (en andere nutriënten zoals kalium).

Grasland kent geen expliciet advies om een te lage fosfaattoestand te repareren (Anonymus, 1998b). Ook bij en zeer lage fosfaattoestand kan namelijk met een aangepaste bemesting de optimale gewasopbrengst en gewaskwaliteit worden verkregen. Bij een lage fosfaattoestand worden fosfaatgiften aanbevolen die hoger zijn dan de afvoer (circa 110 à 130 kg P₂O₅.ha⁻¹ overschot); bij opvolging van het advies wordt daardoor de lage fosfaattoestand verhoogd. In het traject voldoende - ruim voldoende wordt een overschot van ca. 25 à 65 kg P₂O₅.ha⁻¹ geadviseerd voldoende om de P-toestand te handhaven. Bij hogere fosfaattoestanden is het advies een negatief overschot van circa -70 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Ook bij boomteelt is er een impliciet advies om de fosfaattoestand te handhaven (Aendekerk, 2000). Bij deze sector worden zowel Pw-getal als P-AL-getal gebruikt om op basis van grondonderzoek richtlijnen voor bemesting te geven. De waardering van de fosfaattoestand verschilt daardoor van de overige sectoren.

Milieukundig verantwoorde onderbouwing van fosfaatverliesnormen bij lage fosfaattoestanden

Het fosfaatbemestingsadvies voor reparatiebemesting vermeldt hoge tot zeer hoge fosfaatgiften, afhankelijk van de uitgangssituatie (Anonymus, 1998a, Van Dijk, 1999). Gemiddeld genomen - dus zonder rekening te houden met specifieke bodemeigenschappen - zijn dergelijke giften nodig om een te lage fosfaattoestand te verhogen tot het streefgetal (Ehlert e.a., 1996). Deze giften houden in het geheel geen rekening met de bodemfysische en bodemchemische eigenschappen (zie ook paragrafen 4.1.1.-4.1.3.). *Daardoor vervalt enige mogelijkheid om gronden met slecht bufferende eigenschappen en met een laag bindend vermogen te onderscheiden van gronden die milieuverantwoord in fosfaattoestand kunnen worden verhoogd.* Ook de uitzonderingspositie van fosfaatfixerende gronden wordt hiermee niet onderkend. Om fosfaatfixerende gronden te kunnen onderscheiden van overige gronden bestaat een algemeen toegepaste (grofstoffelijke) methode; deze is echter niet uitgewerkt tot een NEN-voorschrift. Differentiatie naar bodemfysische en bodemchemische eigenschappen is noodzakelijk om landbouwkundig en milieukundig verantwoord de fosfaattoestand te kunnen verhogen (Van der Salm & Schoumans, 2000). Duinzanden en (zeer) lichte dekzanden dienen daarbij onderscheiden te worden van fosfaatfixerende gronden. De vraag is of slecht bufferende gronden een verliesnorm nodig hebben. Een overschot op de fosfaatbalans zal op dergelijke gronden gevoelig zijn voor uitspoeling en de voorraad aan fosfaat in de bodem wordt niet verhoogd. Slecht bufferende gronden vormen een 'bodemloze put' voor fosfaat.

Conclusies

Er is nog geen *gedetailleerd* beeld te geven van de gewenste hoogte van de verliesnorm als functie van de grondsoort, bodemgebruik en toelaatbaar overschot bij een lage fosfaattoestand. Om hieraan invulling te geven dienen de volgende onderwerpen van onderzoek zich aan.

- Voor een groot aantal verschillende karakteristieke veen-, klei- en zandprofielen dient de omvang van fosfaatfixatie vastgesteld te worden via meting en berekening met modellen, dit om de juiste bandbreedte in "landbouwkundige P verliezen" aan te kunnen geven;
- Verdere onderbouwing (met behulp van datasets en monitoring) van de lange termijn effecten van verschillende (lage) fosfaatverliesnormen (negatieve en positieve overschotten op de fosfaatbalans op de fosfaattoestand (Pw-getal en P-AL-getal) en uitspoeling van anorganisch en organisch P. Het gaat hierbij om de vaststelling van de landbouwkundige effecten, de landbouwkundige verliezen door fixatie en netto immobilisatie en de milieukundige verliezen door actuele uitspoeling;
- Aanleggen van extra onderzoekslocaties waar door extensieve metingen trends en verschuivingen in P toestand en P uitspoeling kunnen worden gemonitord;

- Afstemming van aard van de meststoffen, tijdstip van toediening, residu werking, plaatsing (incl. rijenbemesting) op de vraag van het gewas naar fosfaat in relatie tot bodemkenmerken en evaluatie op haalbaarheid. Dit vraagt een verdere verfijning van milieukundig verantwoorde bemestingsadviezen en differentiatie naar bodemchemische eigenschappen van de grondsoorten (zie ook 4.1.3.).

Aan deze punten wordt op dit moment geen aandacht besteed in het kader van programma's 398-I, 398-II en 398-III. Indien daadwerkelijk voor percelen met een lage P-toestand de fosfaatverliesnormen gekarakteriseerd dienen te worden zal extra aandacht moeten worden besteed aan onderscheid tussen uitspoelingsgevoelige (slecht bufferende) gronden en fosfaatfixerende gronden, en fijnafstemming van fosformanagement van opengrondsteelten.

4.1.5 Fosfaatverliesnormen en bedrijfsniveau

Paragrafen 4.1.3. en 4.1.4. behandelden de fosfaatverliesnormen bij hoge en bij lage fosfaattoestanden op perceelsniveau. Het fosfaatoverschot op perceelsniveau is slechts één onderdeel in een keten van activiteiten m.b.t. fosfaat op bedrijfsniveau. Er zijn meer schakels in de keten die leiden tot mineralenverliezen (Schröder & Corré, 2000). Om mineralenverliezen op bedrijfsniveau te beperken is het noodzakelijk om deze schakels te identificeren en hun afzonderlijke balansen op te stellen (grondgebonden veehouderij, akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bollenteelt, boomkwekerijgewassen). Vervolgens dienen de onderlinge verbanden aangegeven te worden en tenslotte geïntegreerd te worden. De actualisatie van de N- en P-deskstudie van Schröder & Corré (2000) richtte zich wat bedrijfsniveau betreft vooral op stikstofonderzoek, en in veel mindere mate op fosfaatonderzoek.

Individuele schakels in de ketens zijn in voorafgaande paragrafen behandeld. Hoe die schakels onderling doorwerken naar effecten op het overschot op bedrijfsniveau vraagt een integrale analyse van effecten van bouwplansamenstelling, rassenkeuze, van systeemonderzoek en de duurzaamheid van die maatregelen (agrarisch-technisch/ecologisch/sociaal-economisch). Projecten als Telen met Toekomst voor de plantaardige sector en Koeien en Kansen voor de melkveehouderij onderzoeken dergelijke schakels en hoe die doorwerken naar onder andere het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau.

Maatschappelijke overwegingen moeten nadrukkelijker worden betrokken bij het afleiden van fosfaatverliesnormen. Zo wordt vanuit maatschappelijke overwegingen groot belang gehecht aan weidegang. Bedrijven met weidegang zullen rederlijkerwijs minder efficiënt omspringen met fosfaat uit dierlijke mest. De normering van de fosfaatverliesnormen zou dus afhankelijk kunnen zijn van het toegepaste beweidingssysteem.

Onderzoeksaspecten zijn daarbij onder meer:

- Lange-termijn effecten van nutriëntenmanagement voor P in samenhang met bedrijfsvoering (weidegang, rantsoensamenstelling);

- Lange-termijn effecten van nutriëntenmanagement voor P in samenhang met andere nutriënten, alternatieve bemestingswijzen, aard van de meststof (mestscheidingsproducten, polyfosfaten), tijdstip en wijze van bemesting (plaatsing van meststof en inwerkingsdiepte);
- Effect van organischestof-management op de fosfaataanvoer;
- Rassenonderzoek.

In programma 398-I ligt vooralsnog sterk het accent op stikstof. Aanbevolen wordt dan ook om zo veel mogelijk de fosfaataspecten mee te nemen.

4.1.6 Hoe hard daalt de P-toestand en de P-uitspoeling bij lage verliesnormen?

Om aan te kunnen geven in hoeverre voldoende kennis beschikbaar is m.b.t. de invloed van lagere verliesnormen op de verandering van de P-toestand van de bodem en de P-uitspoeling (voor verschillende grondsoorten), wordt verondersteld dat het hier om fosfaatverliesnormen gaat incl. fosfaatkunstmest.

De P-toestand van de bodem kan op verschillende manieren worden gekarakteriseerd (bijv. via Pw-getal, P-AL-getal, Pox, P-totaal, fosfaatverzadigingsgraad). Bekend is dat deze verschillende fosfaatparameters (extractiemethoden) verschillende hoeveelheden fosfaat uit de bodem extraheren (Pw-getal < P-AL-getal < Pox < P-totaal; Lexmond e.a., 1982; Schoumans e.a., 1991). Hierdoor zullen bij eenzelfde verliesnorm de *relatieve* veranderingen in P-toestand ook verschillen (P-totaal wijzigt langzamer dan Pw-getal). De mate waarin de P-toestand van de bodem wijzigt hangt af van de hoogte van het 'overschot' dat wordt opgelegd, de fosfaatparameter die in beschouwing wordt genomen en de processen die in de bodem optreden, te weten vastlegging van anorganisch fosfaat (in 'labiele' en 'stabiele' vorm), mineralisatie/immobilisatie van anorganisch fosfaat en uit- en afspoeling van fosfaat (zowel anorganisch als organisch). In principe geldt de volgende bodembalans voor de bouwvoor:

$$P_{\text{bodembalans}} = P_{\text{gift, tot}} - P_{\text{netto afvoer via gewas}} = \Delta P_{\text{binding}} + \Delta P_{\text{netto immobilisatie}} + P_{\text{uitspoeling}}$$

Voor de afzonderlijke processen zal worden aangegeven in welke mate voldoende kennis beschikbaar is. Impliciet wordt dan ook het tweede deel van de vraag beantwoord, namelijk hoe hard de fosfaatuitspoeling daalt bij lagere fosfaatverliesnormen.

Fosfaatuit- en afspoeling

Fosfaat kan in verschillende vormen uit de bouwvoor uitspoelen en over het maaiveld afspoelen. De belangrijkste vormen zijn anorganisch fosfaat, organisch fosfaat en particulier fosfaat. De hoeveelheden die uit- en afspoelen hangen sterk af van de (locale) hydrologische situatie en de bodemchemische/fysische condities van het perceel.

De bijdrage van afspoeling (excl. erosie; verwaarloosd) wordt veelal geschat op minder dan 20% van totale uit- en afspoeling voor het zandgebied (Schoumans en Kruijne, 1995b; Groenendijk en Van der Bolt, 1996), 10-20% voor laagveengebieden (Wolters en Hendriks, 2002). Als gevolg van het verplicht injecteren, dan wel direct onderwerken van dierlijke mest, wordt de bijdrage van organische fosfaatafspoeling aan de totale afspoeling van ondergeschikt belang geacht. De fosfaatverliezen die optreden door erosie (particulair P) zijn relatief slecht bekend, maar kunnen in bepaalde delen van Nederland (Zuid-Limburg) waarschijnlijk toch relevant zijn (Ritsema e.a. 1996; Stolte e.a., 2000).

Het overgrote deel van de verliezen naar het milieu wordt dus bepaald door de uitspoeling van genoemde fosfaatvormen. Er is zeer weinig onderzoek verricht naar de bijdrage van het transport van particulier fosfaat *door* de bodem aan de totale fosfaatuitspoelingsverliezen uit de bouwvoor. Voor zandgronden lijkt deze bijdrage niet relevant, maar met name in scheurende klei- en veengronden en in waterafstotende gronden treedt wel preferent transport op (Hendriks e.a., 1999; Ritsema, 1998) en daarmee samenhangend ook transport van P (Shirmohammadi e.a., 1998). Op de onderzoekslokatie in Andelst (een scheurende kleigrond) zijn -in een beperkte meetsessie- vooralsnog geen verhoogde P-gehalten in het drainwater aangetroffen als gevolg van particulier P transport. In Nederland (en ook veelal in het buitenland) wordt in modelstudies geen rekening gehouden met een bijdrage van particulier transport.

De anorganische fosfaatuitspoeling wordt sterk gestuurd door de hoeveelheid fosfaat en de vorm waarin het fosfaat in de bodem is vastgelegd, samen met de capaciteit van de grondsoort om fosfaat te binden (Van der Zee, 1988; Schoumans, 1997; Schoumans en Groenendijk, 2000). De bijdrage van anorganisch fosfaat aan de totale fosfaatuitspoeling uit de bouwvoor varieert van 50-80%. Op basis van het fosfaatonderzoek dat in het verleden is uitgevoerd kan voor kalkloze zandgronden goed worden aangegeven hoe de P-toestand van de bodem daalt en de fosfaatuitspoeling vermindert bij lagere fosfaatverliesnormen indien achterhaald kan worden in welke mate nog vastlegging in de bodem optreedt (som van immobilisatie en fixatie). Voorbeelden hiervan worden gegeven in Schoumans, 1997; Schoumans, 1998; Van der Salm en Schoumans, 2000; Schoumans en Groenendijk, 2000. Omdat inzicht in het fosfaatbindend vermogen van de overige grondsoorten beperkt is, zowel met betrekking tot de kinetiek als de invloed van bodemkenmerken op de maximale fosfaatbindingscapaciteit, geldt automatisch dat de anorganische fosfaatuitspoeling voor deze gronden met een beperkte betrouwbaarheid ingeschat kan worden.

De uitspoeling van organisch fosfaat wordt sterk gestuurd door de samenstelling van de dierlijke mest, het bemestingstijdstip in relatie tot het neerslagpatroon, en de microbiologische omzettingen die optreden in combinatie met de oplosbaarheid van organische stoffracties die gevormd worden. De dynamiek van opgelost organisch fosfaat in de bovengrond is binnen een jaar erg groot, zo blijkt uit een pilotstudie op vier onderzoekslocaties (2 zandgronden, 1 klei- en 1 veengrond; van der Salm en Schoumans, 2000).

De omvang van de totale fosfaatusspoeling naar het oppervlaktewater bedraagt momenteel ongeveer $1,5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (landelijk gemiddelde; Schoumans e.a., 2002). De hoeveelheid die uit de bouwvoor uitspoelt naar diepere lagen is hoger: ca. $1-4 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (van der Salm en Schoumans, 2000), wat een aanzienlijk deel vormt van de huidige fosfaatverliesnorm ($20 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ of ca. 8 kg P). Deze hoeveelheid is echter klein in vergelijking met de voorraad aan relatief gemakkelijk opneembaar P in de bouwvoor, die bij een hoge P-toestand minimaal 400 kg ha^{-1} zal omvatten (met uitzondering van kalkrijke zandgronden). Het is dan ook niet te verwachten dat uitspoeling sterk zal bijdragen aan een verandering van de P-toestand van de bouwvoor bij fosfaatverliesnormen die lager zijn dan $20 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ maar die nog wel positief zijn.

Immobilisatie / mineralisatie

De hoeveelheid organische stof in de bouwvoor is zeer groot: bij een organische stofgehalte van 3% gaat dit om ca. $10^5 \text{ kg ha}^{-1} (30 \text{ cm})^{-1}$. Bij een geringe toe- of afname hiervan is hiermee ook een grote hoeveelheid P gemoeid; de C:P-verhouding van organische stof is ca. 100:1). Als gevolg van de hoge turnover van organische stof bij grasland neemt het organischestof-gehalte toe in de loop van de tijd, met name op permanent grasland (Hassink, 1994); een toename van organisch gebonden fosfaat is dan eveneens te verwachten (Harrison, 1987). Van akkerbouwpercelen is bekend dat het op peil houden van het organische stofgehalte lastig is (Jansen, 1992), wat duidt op netto mineralisatie. Ook bij het scheuren van grasland zal netto mineralisatie optreden. De dynamiek, omzetting en beschrijving van de verschillende organischestof-fracties en pools in de bodem worden uitgebreid bestudeerd en zijn in de literatuur beschreven, maar zijn sterk gericht op de koolstof- en stikstofcyclus. Van het organische fosfaat dat via dierlijke mest wordt toegediend (veelal minder dan 30% van het totale fosfaatgehalte), wordt aangenomen dat dit voor 100 procent omgezet wordt, met name doordat micro-organismen fosfaat in overmaat consumeren (Chardon, 1995). Over het gedrag van fosfaat dat in de vorm van stabielere bodem-organische stof is opgeslagen is echter veel minder bekend. In welke mate netto mineralisatie dan wel netto immobilisatie optreedt hangt af van een groot aantal factoren, zoals de C:P-ratio van organische stof, het P-gehalte van de verschillende organische stoffracties die voorkomen, de hoeveelheid makkelijk beschikbaar anorganisch fosfaat etc. (Dalal, 1977, Harrison, 1987). Daarbij komt dat theoretisch gezien bij een vaste fosfaatverliesnorm de netto mineralisatie/immobilisatie een tijdelijk mechanisme is dat in de bodem optreedt omdat uiteindelijk een nieuw evenwicht zal ontstaan. Dit betekent dat het extra toedienen van mest, ter compensatie van eventuele immobilisatie (niet voor het gewas beschikbaar fosfaat), in de loop van de tijd dient te worden verlaagd. Ons inziens

ontbreken praktijkproeven (gegevens) om duidelijk te maken hoe snel dit mechanisme verloopt. Gelet op de grote hoeveelheid fosfaat die in de bodem in organische stof vorm aanwezig is, zijn langjarige proeven nodig om dergelijke effecten te kunnen kwantificeren. Er zijn in Nederland nog 4 veeljarige veldproeven met een looptijd van 16-32 jaar voor dit doel beschikbaar. Ook het veeljarige bedrijfssystemenonderzoek dat PPO heeft uitgevoerd en via Telen met Toekomst nog doorloopt levert informatie op. Deze proeven worden in het kader van 398-II gecontinueerd, maar er worden op dit moment geen metingen naar immobilisatie en mineralisatie van fosfaat uitgevoerd. Aanvullende metingen in deze proeven zouden hierin meer inzicht kunnen verschaffen. Ook het veeljarige bedrijfssystemenonderzoek dat PPO heeft uitgevoerd en via Telen met Toekomst nog doorloopt levert informatie op (Booij e.a., 2001). Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van grondmonsters en gegevens uit TAGA. Samengevat: de kennis met betrekking tot de dynamiek van organisch fosfaat in relatie tot opgelegde verliesnormen, en de gevolgen daarvan voor de P-toestand en de uitspoeling van P, is nog incompleet.

Fosfaatbinding

Bij de chemische vastlegging van anorganisch fosfaat in de bodem wordt onderscheid gemaakt in twee reacties. De eerste fosfaatreactie is een snelle fosfaatreactie (adsorptie), die als volledig reversibel wordt beschouwd, en daardoor in belangrijke mate de anorganische fosfaatuitspoeling en de directe beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas bepaalt. De tweede reactie ('fixatie') verloopt langzaam, waarbij gemakkelijk opneembaar (en extraheerbaar) P overgaat naar vormen die minder gemakkelijk beschikbaar zijn voor het gewas (en voor uitspoeling). Fixatie wordt veelal toegeschreven aan diffusie binnen bodemaggregaten, gevolgd door vastlegging aan plekken binnen het aggregaat. Deze fixatie zal echter alleen optreden zolang de plekken binnen het aggregaat nog niet bezet zijn, wat in verloop van de tijd wel zal kunnen optreden. In het verleden is aangegeven (Oenema & van Dijk, 1996) dat 'onvermijdbaar verlies' door fixatie vooral gevonden wordt bij een hogere P-toestand, die in uitgevoerde veldstudies veelal kunstmatig tot stand is gebracht. Het generaliseren van verbanden tussen fosfaatoverschot en onvermijdbaar verlies naar praktijksituaties moet daarom terughoudend gebeuren. Er mag namelijk worden aangenomen dat, naarmate een bepaalde (hoge) P-toestand langer bestaat, de fixatie geleidelijk zal afnemen, doordat ook de plekken binnen aggregaten verzadigd raken. Dit betekent dat de voorgeschiedenis van een perceel -hoe lang bestaat de huidige P-toestand al- bekend moet zijn om de invloed van fixatie op het te verwachten verloop te kunnen inschatten. De proceskennis met betrekking tot fixatie is aanwezig, en kan goed modelmatig worden beschreven. Op dit moment bestaat er echter nog geen betrouwbare methode om voor een gegeven perceel of grondmonster fixatie te kunnen voorspellen. Een lage verzadigingsgraad bij een bepaalde P-toestand kan een aanwijzing zijn voor te verwachten fixatie.

Conclusies

Samenvattend: de processen die een rol spelen bij de verandering van de P-toestand van de bodem, en die bepalend zijn voor uitspoelingsverliezen uit de bodem, zijn goed bekend. De bijdrage van de verschillende processen (chemische fosfaatbinding,

fosfaatopslag in organische stof en fosfaatuitspoeling) aan het verloop van de P-toestand en de fosfaatuitspoeling is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. Er is echter relatief weinig bekend van de invloed van lokale omstandigheden op het optreden van immobilisatie van fosfaat, en van de mate waarin dit gebeurt. Voor het eventuele optreden van fosfaatfixatie liggen er duidelijke modelconcepten, er zijn echter nog geen methoden beschikbaar voor de parametrisatie en inschatting van de omvang van fosfaatfixatie die optreedt in een willekeurig monster. Indien de bodem op 'evenwicht' is (geen fixatie en netto immobilisatie), wordt de daling van de P-toestand volledig bepaald door de uitspoeling van anorganisch P. Alleen voor deze specifieke situatie is voor kalkloze zandgronden redelijk goed bekend hoe het verloop van de P-toestand en de P-uitspoeling zal wijzigen bij lagere fosfaatverliesnormen.

Aanbevolen wordt dan ook dat:

- Een eenvoudige methode (NEN-voorschrift) ontwikkeld wordt om de chemische fosfaatfixatiereactie (zoals hierboven beschreven) te kwantificeren voor verschillende grondsoorten;
- Nagegaan wordt in hoeverre netto fosfaatimmobilisatie of -mineralisatie optreedt in Nederlandse landbouwgronden bij verschillende teelten;
- De relatie wordt vastgesteld tussen P-toestand en anorganische P-uitspoeling voor overige grondsoorten (anders dan kalkloze zandgrond);
- Langjarige proeven worden opgezet en in stand worden gehouden, waarin de fosfaatbalans en de fosfaatreacties die in de bodem optreden worden gekwantificeerd (dat wil zeggen wijzigingen van P-pools);
- De omvang van de uitspoeling van organisch fosfaat uit de bouwvoor grootschalig wordt vastgesteld.

In het kader van programma 398-II wordt getracht op een aantal plots op 4 graslandlocaties (2 op zandgrond, 1 op kleigrond en 1 op veengrond) de effecten van fosfaatoverschotten op perceelsniveau te meten. De kennis die hier wordt opgedaan is vanuit de hele discussie over fosfaatverliesnormen van groot belang, omdat hier getracht wordt alle termen van de fosfaatbalans op perceelsniveau te meten. Dit onderzoek loopt al enkele jaren en is een samenwerkingsproject van Alterra, PV en NMI. Vanuit financiële overwegingen is het project nog beperkt van opzet. Aanbevolen wordt de metingen op deze locaties te intensiveren en waar mogelijk nog uit te breiden naar andere locaties.

In het programma 398-II worden vier veeljarige proeven op bouwland gecontinueerd. In deze proeven wordt het effect van een fosfaatoverschot op de P-toestand vastgesteld; er zijn grote verschillen in P-toestand tussen de veldjes. Aanbevolen wordt om in deze veldjes ook metingen naar P-uitspoeling te verrichten, zodat de relatie fosfaatoverschot – P-toestand – P-uitspoeling – opbrengst kan worden gekwantificeerd.

Tevens worden de resultaten verwerkt die zijn verkregen in een potexperiment waarin op een grond met een hoge P-toestand gras werd geteeld; in de deze proef werd wel N en K toegediend maar geen P. In deze uitmijnsituatie wordt, aan de hand van veranderingen die in de fosfaatpools optreden, gekeken naar de mate waarin het risico op uitspoeling afneemt in de loop van de tijd.

Verder wordt aanbevolen om een Sturen Op Fosfaat studie te starten die zich vooral richt op die gronden/gebieden waar milieuproblemen met fosfaat verwacht worden (fosfaatuitspoelingsgevoelige gronden) en waarbij de invloed van fosfaatverliesnormen op de fosfaatophoping in de bodem en op de verliezen uit de bodem grootschalig worden gekwantificeerd.

4.2 Mogelijkheden van aanvullende maatregelen bij een hoge en lage P-toestand van de bodem

4.2.1 Hoge P-toestand en snel de uitspoeling verminderen

De mogelijkheden hiervoor zijn in principe beperkt omdat in feite het probleem zich al in de bodem bevindt, waardoor uiteindelijk alleen "paardenmiddelen" nog kunnen worden toegepast om de milieu-effecten te minimaliseren. Wellicht ten overvloede kan gesteld worden dat negatieve fosfaatverliesnormen voor de middellange en lange termijn zeer effectief zijn. In een programmeringstudie werden door Chardon e.a. (1996) mogelijkheden geëvalueerd om fosfaatsuitspoeling vanuit landbouwgronden te verminderen. Sindsdien zijn er in Nederland geen nieuwe ontwikkelingen meer geweest. De resultaten van de literatuurstudie kunnen als volgt worden samengevat.

De mobiliteit van fosfaat kan langs chemische weg worden verminderd door ijzer- en of aluminiumhydroxiden aan de bodem toe te voegen. (Schoumans & Kruijne, 1995a). De combinatie van $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ en $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bleek in laboratoriumstudies het meest effectief, en ook in een veldstudie trad een aanzienlijke daling op van het gehalte aan P in het bodemvocht. Een nadeel van deze optie is het vrijkomen van zouten ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$); ook is de werking op langere termijn onzeker. Na het afronden van deze studie is in Nederland vrijwel geen onderzoek meer uitgevoerd naar chemische immobilisatie. Met name in de USA is dit type onderzoek voortgezet; het volgen van dat onderzoek op bruikbaarheid onder Nederlandse omstandigheden verdient aanbeveling.

Hydrologische isolatie van een teveel aan fosfaat in de bodem is een tweede optie. Door het verlagen van de grondwaterstand kan ervoor worden gezorgd dat minder watertransport plaatsvindt door fosfaatrijke bodemlagen (Schoumans & Kruijne, 1995b). Ook het afsluiten van sloten en greppels zorgt voor het verlengen van de weg die door het neerslagoverschot moet worden afgelegd door de bodem, en vergroot daarmee de kans op vastlegging van fosfaat.

Een derde optie is het ontwikkelen van teeltsystemen die gericht zijn op een maximale onttrekking van fosfaat uit de bodem, vooral vanuit diepere bodemlagen. Hiertoe dienen gewassen te worden geselecteerd met een hoge netto afvoer van fosfaat, en een wortelstelsel dat goed is ontwikkeld in de ondergrond. Deze optie wordt ook wel uitmijnen genoemd.

Een vierde optie is afgraven van fosfaatrijke grond. Dit is een dure optie die alleen op kleine schaal in het kader van natuurontwikkeling wordt toegepast.

Zowel chemische fosfaatfixatie in de bodem als waterbeheersmaatregelen bieden perspectief, maar hebben (vooralsnog) een klein draagvlak in de praktijk. Aanbevolen wordt om toch primair deze problematiek op te lossen door in probleemgevallen m.b.t. fosfaatsuitspoeling sterk negatieve fosfaatverliesnormen in te voeren, eventueel in combinatie met diep wortelende gewassen. Alleen in die regio's waar blijkt dat de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater grotendeels veroorzaakt wordt door

percelen met een zeer hoge fosfaattoestand zullen gericht andere maatregelen ingezet kunnen worden. De hiervoor benodigde kennis is beperkt voorhanden en wordt niet als primair knelpunt gezien.

Aanbevolen wordt dan ook dat:

- Het onderzoek naar chemische immobilisatie dat in de USA wordt uitgevoerd wordt gevolgd. Relevante opties zouden moeten worden getoetst op bruikbaarheid onder Nederlandse omstandigheden.
- Gezocht wordt naar gewassen die een hoge afvoer van fosfaat combineren met een goed ontwikkeld wortelstelsel op grotere diepte.

In het kader van programma 398-II wordt in 2003 een proefschrift naar P-uitmijning afgerond. Het wordt aanbevolen om de concepten uit dit proefschrift in verdere (veld)experimenten te toetsen. Eveneens binnen programma 398-II wordt een inventarisatie gemaakt van maatregelen waarmee, zonder dat het bemestingsniveau wordt verlaagd, het verlies van N en P naar het oppervlaktewater kan worden beperkt; perspectievolle maatregelen zouden in de praktijk getoetst moeten worden.

4.2.2 Lage P toestand en toch “optimale productie”

Bij aanscherping van de verliesnormen zal de fosfaattoestand van de bodem in de meeste gevallen dalen. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt af van de hoogte van de fosfaattoestand, de bodemfysische-chemische eigenschappen en het fosformanagement van de bodem (grondgebruik en teeltmaatregelen). Daarnaast zijn er percelen die nu al een (zeer) lage fosfaattoestand hebben; het areaal hiervan is echter beperkt. Uit overzichten van grondonderzoek (Oenema en van Dijk, 1994) blijkt dat circa 18% van het bouwland een sub-optimale fosfaattoestand heeft (toestand *zeer laag* of *laag*) en circa 23% van het grasland (toestand *laag* en *vrij laag*). De klassen met de laagste waarderingen komen zelden voor. Neutel (1994) geeft voor bouwland voor heel Nederland een gemiddelde waarde van 5% voor de periode 1990-1992. Het westelijke weidegebied, de Friese Wouden, het rivierkleigebied en het noordelijke veenweidegebied hadden in die perioden hogere percentages gronden met een lage fosfaattoestand: resp. 12%, 14%, 16% en 26%.

In deze paragraaf wordt daarom onderscheid gemaakt tussen bodems met een nu al (zeer) lage fosfaattoestand en bodems die door verlaging van de verliesnorm te maken krijgen met een dalende fosfaattoestand.

Zeer lage tot lage fosfaattoestand

Een lage fosfaattoestand kan worden veroorzaakt door een zeer geringe voorraad aan fosfaat, door fixatie en door een slechte buffering van fosfaat in de grond. Slechte buffering en/of trage nalevering zal de fosfaattoestand snel doen dalen. Regelmatig grondonderzoek zal moeten uitwijzen of de toestand daalt, zo ja hoe snel en hoe groot die daling is. Duinzanden zijn voorbeelden van bodems met een slechte buffering van fosfaat en een kleine bindingscapaciteit. Ook dekzanden kunnen zo weinig ijzer- en aluminiumverbindingen bevatten dat met een beperkte overmaat aan fosfaat de bindingscapaciteit al wordt overschreden. Daartegenover staan

fosfaatfixerende gronden die zulke hoge gehalten aan ijzer- en aluminiumverbindingen bevatten dat fosfaat zo sterk wordt gebonden dat dit niet meer voor het gewas beschikbaar is.

Een (zeer) lage fosfaattoestand leidt tot een sub-optimale productie; elk bemestingsadvies wijst dat uit. Als fosfaatfixatie de oorzaak is van de (zeer) lage fosfaattoestand, dan zullen grondgebruik en teeltmaatregelen gericht moeten worden op de teelt van gewassen die weinig fosfaat vragen. Ruime fosfaatgiften zijn hier niet gewenst omdat de beschikbaarheid van meststoffosfaat voor het gewas snel afneemt. Verruiming van de gift aan fosfaat met dierlijke mest leidt hier tot onevenwichtige aanvoer van andere nutriënten (stikstof, kalium, magnesium) en daardoor tot milieuschade. Fosfaatfixerende gronden zijn gronden met een sub-optimale landbouwkundige potentie. Beheersmaatregelen zijn aan te geven om bij de gegeven lage fosfaattoestand de opbrengsten te optimaliseren. Extensivering, uit productie nemen of natuurlandbouw etc. zijn mogelijke opties om een andere bestemming aan het landgebruik van deze gronden te geven.

Het nadeel van een bodem die een lage bindingscapaciteit voor fosfaat heeft en bovendien slecht buffert, is dat fosfaat sterk mobiel is en dus gemakkelijk weglekt naar andere bodemlagen. Het voordeel van een bodem met dergelijke eigenschappen is dat de fosfaattoestand gemakkelijk en met lage fosfaatgiften naar een niveau kan worden gebracht waarbij rendabel geteeld kan worden. Uit onderzoek bij bloembollen is gebleken dat bij een waardering van de fosfaattoestand voldoende (Pw-getal $\sim 25 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$) tulp en lelie verantwoord geteeld kunnen worden zonder aanvullende fosfaatbemesting. Omdat deze gronden juist zo slecht bufferen is weinig fosfaat nodig om een te lage fosfaattoestand te verhogen tot een Pw-getal van $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$. Een gift gelijk aan de afvoer kan hier vaak toereikend zijn. De landbouwpraktijk houdt - althans voor fosfaat - echter nog geen rekening met gronden met een lage bindingscapaciteit en een slecht bufferende werking. Ook de huidige bemestingsadviezen maken hierin geen onderscheid; sterk fosfaatfixerende gronden worden hierin wel onderscheiden. Voor deze gronden wordt geen advies voor reparatiebemesting gegeven; veelal worden deze gronden gebruikt als (extensief beheerd) grasland.

Zeer lage tot lage fosfaattoestanden zullen vaak tot suboptimale opbrengsten leiden. Een uitzondering vormen gronden die fosfaat slecht bufferen en een kleine bindingscapaciteit hebben voor fosfaat; hier kan met gewasgerichte bemesting (dus niet grondgericht) tijdens de gewasgroei een fosfaattoestand tot stand worden gebracht die noodzakelijk is voor een verantwoorde bedrijfsvoering. Met de huidige methoden van grondonderzoek voor bemestingsadvisering zijn deze gronden nog niet goed te identificeren. Ook ontbreekt voor deze gronden een op maat gesneden bemestingsadvies. Onderzoek bij bloembollen heeft uitgewezen dat bij een verantwoord beheer er geen sprake is van een verlies aan opbrengst en kwaliteit.

Bij lage tot zeer lage fosfaattoestanden is plaatsing van fosfaat bij de wortels van het gewas effectief (Ehlert e.a., 2002). De mogelijkheden voor akkerbouwgewassen en grasland zijn af te leiden uit beschikbare onderzoeksresultaten. De mogelijkheden om

effectiever met fosfaat te bemesten bij vollegrondsgroentegewassen zijn vrijwel niet onderzocht. Juist hier knelt de geadviseerde fosfaatbemesting met beoogde milieudoelen.

Naarmate de fosfaattoestand lager wordt zal de heterogeniteit in de bodem een belangrijkere invloed gaan uitoefenen op de hoogte van de opbrengst. Het toedienen van meststoffen (inclusief dierlijke mest) dient dan met grotere precisie te gebeuren. Ook interacties met andere nutriënten en met de vochthuishouding hebben dan een grote invloed. Zowel bij grasland als bij akkerbouwgewassen is hieraan aandacht besteed.

Door PPO is de afgelopen jaren binnen LNV-programma PO-4 onderzoek verricht naar de N&P-interactie bij snijmaïs, aardappelen en kropsla. Uit dit onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- N-bemesting beïnvloedt in sterke mate de opbrengst en de stikstof- en fosfaatopname door het gewas.
- Het effect van de fosfaatvoorziening op de opbrengst is veel minder sterk dan dat van stikstof, en hangt af van de omvang van de N-bemesting.
- Een optimale P-voorziening leidt tot een hogere N-opname en -recovery en een lager N-overschot.

Op grasland wordt veeljarig onderzoek uitgevoerd (verliesnormenproef, zie paragraaf 4.1.4).

De invloed van directe (beregening, drainage) en indirecte (wijziging van de grondwaterspiegel) veranderingen van de waterhuishouding op de benutting van fosfaat door het gewas is nauwelijks onderzocht (Ehlert & De Willigen, 1999). Dit onderwerp vraagt dan ook om nadere aandacht.

PPO-AGV is twee jaar geleden een veldonderzoek gestart (in het programma waterbeheer) naar het effect van de grondwaterstand op de N-benutting. In dit onderzoek wordt ook het fosfaatgehalte gemeten van het gewas. Het programma waterbeheer loopt in 2002 af en vanuit het aandachtsveld 'water' stopt dit onderzoek na 2002. Dit proefveld is erg waardevol om vanuit programma 398 voort te zetten. Het gaat om de locatie Vredepeel (vergelijking perceelshelpt met normaal (laag) peil met perceelshelpt met een verhoogd peil door het opzetten van slootwaterpeil) en om de nabijgelegen locatie aan de Veulense Waterweg (vergelijking perceelshelpt met normaal (hoog) peil met perceelshelpt met verlaagd peil door onderbemaling).

Daling van de fosfaattoestand

Wanneer het fosfaatoverschot kleiner of zelfs negatief wordt zal de fosfaattoestand van de bodem kunnen gaan dalen. De snelheid waarmee de fosfaattoestand daalt hangt af van de afvoer van fosfaat, de bodemlagen die worden geëxploiteerd door het wortelstelsel, het grondgebruik, de vochthuishouding en in het bijzonder de bodemfysisch-chemische karakteristieken. Een duinzand (zeezand, alluviaal zand) zal snel een daling van het Pw-getal laten zien; een kalkrijke zeeklei een trage daling. Omdat veel bodems een hoge tot zeer hoge fosfaattoestand hebben, zal de daling aanvankelijk geen consequenties hebben voor de opbrengst en kwaliteit van het

gewas. Bovendien zijn bodemlagen onder de bouwvoor of graszode door het weglekken van fosfaat en/of door diepe grondbewerking dikwijls verrijkt met fosfaat. Deze bodemlagen dragen op termijn bij aan het beperken van de daling van de fosfaattoestand van bouwvoor of graszode. Pas nadat de fosfaattoestand lager wordt dan Pw-getal $45 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$ (bouwland) of P-AL-getal $30 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot(100 \text{ g})^{-1}$ (grasland), moet meer fosfaat gegeven worden dan met de (oogst)producten wordt afgevoerd.

Multivariate regressieanalyse van 86 veeljarige veldproeven op bouwland en grasland heeft uitgewezen dat een dergelijke daling zich over enige decennia kan uitstrekken voordat de fosfaattoestand zo laag wordt dat er sprake is van een gerede kans op sub-optimale opbrengsten (Ehlert e.a., 1996). In deze analyse zijn specifieke bodemchemische eigenschappen niet betrokken; het gemiddelde beeld kan daardoor niet geëxtrapoleerd worden naar perceelsniveau. Er bestaat daardoor nog onvoldoende duidelijkheid over de snelheid waarmee de fosfaattoestand daalt en daardoor hoe de landbouw kan inspelen op deze verlaging van de fosfaattoestand. Er zal een groot onderscheid zijn in de snelheid en mate van daling van de fosfaattoestand tussen grondsoorten maar ook binnen een grondsoort zullen zich grote verschillen voordoen. Daarnaast zal naar verwachting de fosfaattoestand gemeten als Pw-getal sneller dalen dan die gemeten als P-AL-getal. Wordt de fosfaattoestand lager dan eerder genoemde waarden, dan ontstaat er een risico op verlies aan opbrengst en/of kwaliteit. Er zal dan efficiënter bemest moeten worden.

Een lage fosfaattoestand leidt tot een sub-optimale productie, maar wanneer beschikbare fosfaatbronnen op een landbouwbedrijf verantwoord en gericht worden ingezet kan er verantwoord worden geteeld. Een voorwaarde hiervoor is dat het aandeel gewassen met een relatief hoge vraag naar fosfaat beperkt is, en er rekening wordt gehouden met de bodemfysische en -chemische eigenschappen van de bodem.

Op akkerbouwbedrijven en bollenbedrijven kan beschikbaar fosfaat worden toegewezen aan de meest fosfaatvragende gewassen. Vooral bij lage fosfaatbeschikbaarheid in de bodem kan een tekort van een ander nutriënt of water leiden tot een geringere benutting van fosfaat, hetgeen ogenschijnlijk oogt als fosfaatgebrek (Schlegel & Havlin, 1995; Ehlert & de Willigen, 1999). Met name bij een zeer geringe P-beschikbaarheid treedt een negatieve wisselwerking op (Schröder & ten Holte, 1996; Schröder e.a., 2001). Vochtgebrek heeft een grote invloed op het optreden van fosfaatgebrek bij een lage fosfaattoestand. Dit komt doordat het belangrijkste proces van fosfaattransport in de bodem bepaald wordt door diffusie, die weer wordt bepaald door het vochtgehalte in de bodem. Onder droge omstandigheden zal, om aan de vraag naar fosfaat door een gewas te kunnen voldoen, de fosfaattoestand (beduidend) hoger moeten zijn dan bij een optimale vochtvoorziening (Ehlert & de Willigen, 1999).

Het nieuwe geïntegreerde bemestingsadvies voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten heeft de kloof tussen landbouwkundig en milieukundig verantwoord bemesten aanzienlijk verkleind, maar er blijven spanningsvelden. De gewasgroep met de meest fosfaatbehoefte gewassen omvat vollegronds-

groentengewassen die beduidend meer fosfaat vragen voor een landbouwkundig optimale opbrengst dan past binnen MINAS. Deze gewassen hebben een hogere fosfaatbemesting nodig dan bijvoorbeeld aardappel. Ook de huidige gewasgroep 1 van het akkerbouwadvies kent gewassen die meer fosfaat vragen dan milieukundig verantwoord is. De hoge vraag naar fosfaat kan slechts voor een deel gedekt worden met dierlijke mest. De landbouwkundig noodzakelijke fosfaatgiften zijn zo hoog dat het gebruik van dierlijke mest als enige fosfaatbron leidt tot landbouwkundig onverantwoorde (ongebalanceerde) giften aan andere nutriënten (stikstof, kalium, natrium, (chloride)). Kunstmestfosfaat zal daardoor bij deze gewassen een belangrijke fosfaatbron blijven. Kunstmestfosfaat is nu nog niet opgenomen in MINAS; opname van fosfaatmeststoffen in de MINAS systematiek leidt tot een sterk gereduceerd gebruik van fosfaatmeststoffen en van dierlijke mest bij de teelt van deze gewassen. Een aanzienlijke opbrengstderving bij vollegrondsgroentengewassen met een hoge vraag naar fosfaat (bijvoorbeeld sla, spinazie, andijvie peen op zandgrond etc.) is dan te verwachten door lagere fysieke opbrengsten en een lagere kwaliteit. Sturing via meststofvorm, tijdstip van bemesting, en vooral de wijze van bemesten moet dan de efficiëntie verhogen. Een modelinstrumentarium voor de beschrijving van het effect van het plaatsen van meststoffen en de invloed ervan op de opbrengst is beschikbaar, het ontbreekt echter nog aan adequate meetgegevens (Ehlert & de Willigen, 1999; Ehlert e.a., 2002). De schaarse gegevens van vollegrondsgroenten zijn niet afdoende om uitsluitsel te geven over de effectiviteit van plaatsing (bijv. via plantgatbemesting) of rijenbemesting (Ehlert e.a., 2002).

Een lage fosfaattoestand voor bloembollen is waarschijnlijk doorgaans minder bezwaarlijk dan voor groentegewassen en akkerbouwgewassen uit gewasgroep 1, doordat bloembollen bij het planten al een voorraad fosfaat meekrijgen. Voor de opbrengst kan dan al bij een lage fosfaattoestand geteeld worden met een bemesting gelijk aan de afvoer, zonder verlies aan opbrengst en kwaliteit (Ehlert e.a., 2000). Het is echter niet bekend of bloembollen die bij een lage tot zeer lage fosfaattoestand worden geteeld op den duur een lagere opbrengst en kwaliteit leveren. Bemesting van bollen bij afbroei kan leiden tot enige opbrengst- en kwaliteitsderving.

Een lage fosfaattoestand op grasland levert een lagere opbrengst, een lagere kwaliteit en in het bijzonder een lager P-gehalte van het gras. Een lagere kwaliteit en een lager P-gehalte zijn ongewenst vanuit het oogpunt van veevoeding (Agterberg & Henkens, 1995). Omdat dierlijke mest op grasland geïnjecteerd wordt, is plaatsing van dierlijke mest geen oplossing. Gebruik van kunstmest, verbetering van de vochtvoorziening, geleide bemesting, verlaging van de frequentie van het scheuren van grasland, en suppletie bij diervoeding zijn hier instrumenten om een verantwoorde productie te benaderen.

Onderzoek naar interacties tussen stikstof en fosfaat wordt uitgevoerd door PV en PPO-AGV. In 2002 wordt gerapporteerd over de maaiproeven op de Waiboerhoeve (jonge zeeklei), in de Bommelerwaard (rivierklei) en in Bosma Zathe (dekzand). De proef op veengrond in Zegveld loopt nu in het laatste van de 5 jaren. De maaiproeven zullen uitsluitsel geven over de gevolgen van een positieve of negatieve P-balans op de opbrengst en kwaliteit van gras. Tevens zal de relatie tussen

fosfaatoverschot en de verandering van het P-AL-getal worden gegeven, in samenhang met veranderingen van de fosfaattoestand in de ondergrond. Meetresultaten van deze veeljarige veldproeven zullen worden gebruikt om nieuwe rekenregels voor BBPR op te stellen. Het onderzoek loopt op korte termijn af. De resultaten en andere beschikbare gegevens van onderzoek zullen de invloed van een lage fosfaattoestand en een sub-optimale bemesting qua effect redelijk kunnen aangeven. Daardoor worden kennisoverdracht en voorlichting belangrijke instrumenten om het vakmanschap te vergroten.

De vraag van boomkwekerijgewassen naar fosfaat is laag. Toch worden bij een lage fosfaattoestand een gift aanbevolen die hoger is dan die voor aardappel (Aendekerk, 2000). Dit is deels gebaseerd op het oude fosfaatbemestingsadvies voor intensief geteelde vollegrondsgroenten. Omdat aangetoond is dat intensief geteelde vollegrondsgroenten geteeld kunnen worden met beduidend minder fosfaat, zonder opbrengst en kwaliteitsverlies, zal redelijkerwijs ook in het bemestingsadvies voor boomkwekerijgewassen de fosfaatgift verlaagd kunnen worden. Bijstelling van het bemestingsadvies voor boomgewassen vormt een punt van aandacht. De hoge fosfaatgift is verder deels gebaseerd op een impliciet advies voor bemesting van de grond. Afvoer van P met de kluit wordt hiermee gecompenseerd. Omdat dit aspect niet onder bepalingen van MINAS valt, vormt hier een lage fosfaattoestand geen punt van aandacht.

Bij veel gewassen kan door wijzigingen in de gewasrotatie op bedrijfsniveau - dat wil zeggen door een verantwoorde afwisseling van fosfaatvragende gewassen met gewassen met een lage fosfaatbehoefte - goed ingespeeld worden op een verlaging van het fosfaatgebruik. In tegenstelling tot de heersende opinie hebben veel gewassen niet meer fosfaat nodig dan met de oogstproducten wordt afgevoerd (Kuecke e.a., 2001). Lopende projecten als Telen met Toekomst, Koeien en Kansen, Biom, en Bioveem bieden mogelijkheden om kennis en verworven vaardigheden uit te dragen. Voorlichting is een belangrijk instrument om bedrijven te leren omgaan met een lager wordende fosfaattoestand. Weerstand tegen het opgeven van huidige bedrijfs-handelingen of meer op sentimenten gebaseerde angst om een te hoge fosfaattoestand af te bouwen vormen eerder aandachtspunten dan dat een lage fosfaattoestand zal leiden tot een verminderd bedrijfsresultaat (Schröder & Corré, 2000). Het is vooral een kwestie van verantwoord en doordacht inspelen op deze situatie met de beschikbare voorraad aan fosfaat. Het vraagt meer vakmanschap van de boer, teler, veehouder of boomkweker; voorlichting en scholing zijn hier noodzakelijke instrumenten.

Biologische landbouw neemt in dit kader een bijzondere positie in. Door koppeling van de stikstofgift aan de fosfaatgift dreigt bij een verliesnorm van $20 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ een N-tekort te ontstaan, vanwege een krappe N/P verhouding in dierlijke mest. Schröder & Van Leeuwen-Haagsma (2002) hebben de consequenties beschreven en oplossingen voor dit te verwachten probleem aangedragen.

Bedrijven met een ruim aandeel van gewassen met een hoge vraag naar fosfaat zullen worden geconfronteerd met een verlaagde (financiële) opbrengst. Op dit moment

hebben dergelijke bedrijven veelal een hoge tot zeer hoge fosfaattoestand (P_w -getal $> 100 \text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{l}^{-1}$). Op middellange termijn zullen deze bedrijven geconfronteerd worden met lagere opbrengsten en een mindere kwaliteit. Er staan verschillende mogelijkheden open om tijdig in te spelen op deze situatie. Indien in de open grond geteeld blijft worden dan zullen bedrijven met louter sterk fosfaatbehoefte gewassen tot het verleden gaan behoren. Er zal juist op deze bedrijven een verruiming van de gewaskeuze (vruchtopvolging) moeten plaatsvinden of bedrijven zullen in toenemende mate gebruik gaan maken van gehuurd land. Wanneer dergelijke effecten een rol gaan spelen is nog niet duidelijk. Er bestaat daartoe onvoldoende zekerheid over de volgende onderwerpen, en hiernaar zou onderzoek uitgevoerd kunnen worden:

- invloed van plaatsing van meststoffen (plantgat, rijenbemesting, ondiepe plaatsing en andere toedieningstechnieken) en mogelijkheden voor verfijning van fosfaatbemestingsadviezen op basis van P-opname-dynamiek, bewortelings-eigenschappen, bodemeigenschappen (vochthuishouding) en bemestingsstrategieën (vorm [polyfosfaten, producten van mestscheiding], tijdstip van bemesting [najaar, voorjaar]);
- de bijdrage van organische stof aan het in stand houden van de fosfaattoestand;
- de mogelijkheden om efficiënter met fosfaat om te gaan door de keuze van andere rassen; economische haalbaarheid van deze alternatieven;
- beslissingsondersteunende nutriënten management systemen ter optimalisatie van aangepaste inrichting en beheer van fosfaat op een (biologisch) bedrijf.

Er wordt aanbevolen om het fosfaatonderzoek in de projecten naar geleidebemesting en mestkwaliteit uit programma 398-I aan te scherpen. Met name het plaatsen van fosfaat in de bodem bij het gewas bij lage fosfaattoestand, in samenhang met een verantwoord beheer van de vochthuishouding van de bodem, biedt perspectieven om beduidend efficiënter met fosfaat om te gaan. Onderzoek hiernaar dient versterkt te worden. Nadat de onderzoeksresultaten bekend zijn van de onderdelen wordt aanbevolen om de beslissingsondersteunende nutriënten management systemen, gericht op een optimalisatie van aangepaste inrichtingen van het (biologisch) bedrijf, verder te ontwikkelen.

4.3 Wat mogen we verwachten als de omstandigheden van landbouwgronden veranderen

4.3.1 Anti-verdrogingsmaatregelen / vernatten / wateropslag

In toenemende mate worden er maatregelen getroffen om de verdroging van het landelijke gebied tegen te gaan. Het uitvoeren van anti-verdrogingsmaatregelen vindt niet alleen plaats binnen bestaande ecologisch kwetsbare natuurgebieden, maar steeds vaker ook in (voormalige) landbouwgebieden. De kwantitatieve hydrologische gevolgen van anti-verdrogingsmaatregelen zijn over het algemeen goed bekend, maar over de gevolgen voor de bodem- en waterkwaliteit van deze maatregelen bestaat grote onzekerheid. Na uitvoering van anti-verdrogingsmaatregelen wordt de verandering van de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater bepaald door interacties tussen de kwaliteit van het extra aangevoerde water (waterkwaliteit) en de uitgangstoestand van de bodem (bodemkwaliteit) (Schoumans, in voorber.)

Vernatting van een gebied kan worden gerealiseerd door:

- regenwater te conserveren (minder waterafvoer), of
- meer grondwater (kwelwater) aan te voeren, of
- gebiedsvreemd (oppervlakte)water aan te voeren.

De samenstelling van deze drie watertypen verschilt onderling sterk, zodat verwacht mag worden dat ook de milieueffecten verschillend zullen zijn. Naast de invloed van de watersamenstelling op de bodem- en waterkwaliteit speelt ook de Ausgangssituatie van de bodem zelf een belangrijke rol.

Door het stijgen en dalen van de grondwaterstand is er van nature een grote fluctuatie in de mate van doorluchting van de bodem (aëratie). Naarmate de bodem langer nat blijft daalt het zuurstofgehalte in de bodem, waardoor uiteindelijk de bodem overgaat van een zuurstofrijke toestand (ook wel aërobe of geoxideerde toestand genoemd) naar een zuurstofloze toestand (ook wel anaërobe of gereduceerde toestand genoemd). Deze verschuiving in het zuurstofgehalte heeft direct gevolgen voor de activiteit van de verschillende micro-organismen die in de bodem voorkomen (biotische effecten) en op de chemische reacties die in de bodem kunnen optreden (abiotische effecten).

Onder zuurstofrijke omstandigheden (aëroob) zijn in de bodem vooral micro-organismen actief die zuurstof gebruiken voor de afbraak van organische stof (als energie- en koolstofbron om zelf te groeien). Naarmate de bodem natter wordt daalt het zuurstofgehalte in de bodem, en worden micro-organismen actief die organische stof afbreken en daarbij gelijktijdig nitraat omzetten in stikstof (N_2) of lachgas (N_2O). Als gevolg van dit 'denitrificatieproces' daalt de nitraatconcentratie in de bodem, maar stijgt de uitstoot van lachgas. Als naast zuurstof ook geen nitraat meer in de bodem aanwezig is, wordt organische stof afgebroken door bodem-organismen die gelijktijdig mangaan, ijzer en/of sulfaat verbindingen omzetten, waardoor de chemische samenstelling van de bodem verder wijzigt.

Naast de invloed van biologische reacties op de afname van de zuurstofrijkdom van de bodem treden ook veranderingen op in het verloop van bodemchemische reacties. Zo kunnen bijvoorbeeld onder zuurstof- en nitraatarme omstandigheden relatief slecht oplosbare ijzerfosfaten makkelijker in oplossing komen, waardoor de fosfaatconcentratie toeneemt. Daarnaast treden door de oxidatie- en reductieprocessen pH-schommelingen op, die van invloed zijn op de mobiliteit van fosfaat. Algemeen wordt verwacht dat de fosfaatconcentratie in de bodem sterk zal stijgen als anti-verdrogingsmaatregelen worden uitgevoerd (Groenendijk & van der Bolt, 1996; Wienk e.a., 2000), als gevolg van de reductie van Fe^{3+} naar Fe^{2+} en mogelijke aanvoer van sulfaatrijk water. Met betrekking tot de chemische aspecten die optreden in de bouwvoor van een landbouwgrond is vooralsnog slechts een experiment voorhanden (Schoumans & Köhlenberg, 1997). Hieruit blijkt dat de fosfaatconcentratie in het bodemvocht van een sterk fosfaatverzadigde grond met een factor 7-10 kan stijgen. In Amerika zijn soortgelijke effecten gemeten bij het onderwater zetten van landbouwprofielen (microcosms: Young & Ross, 2001). Veldmetingen op twee landbouwpercelen geven aan dat de fosfaatconcentraties al toenamen bij een

beperkte vernatting in de ondergrond (Boland e.a., 2000). Wienk e.a. (2000) concluderen dat er maar zeer weinig studies zijn uitgevoerd waarin voor fosfaat de effecten kwantitatief zijn gemeten. Dit geldt eveneens voor de gevolgen van overstroming van landbouwgronden (Groenenberg e.a., 2001). Toetsing van modelconcepten, teneinde voorspelling mogelijk te maken voor de verandering in P-toestand en de effecten op de fosfaatuitspoeling, staat nog geheel in de kinderschoenen.

Aanbevolen wordt dan ook:

- Laboratorium- en veldonderzoek uit te voeren naar de dynamiek van fosfaat indien de bodem onder verschillende omstandigheden wordt vernat.
- Speciale aandacht te besteden aan de relaties tussen P, redoxpotentiaal, anaërobie en sulfaatconcentraties.

In thema IV van programma 398-II wordt een methodiek / instrumentarium ontwikkeld waarmee inzicht kan worden verkregen in de invloed van vernatting en verdroging op de verliezen van P (en N) uit landbouwgronden, en waarmee deze effecten kwantitatief kunnen worden geschat. In 2002 wordt een plan voor onderzoek gemaakt en experimenteel onderzoek gestart, dat deels zal plaatsvinden in het laboratorium en deels in het veld en beperkt zal zijn tot enkele grondsoorten. Voor een goede onderbouwing van de invloed van vernatting op P-mobiliteit zou het aantal grondsoorten uitgebreid kunnen worden. Nagegaan dient te worden in hoeverre het zinvol is om in het onderzoek op de PPO-proefvelden, waar in een vernattings- (opzetten zomerpeil) en verdrogingssituatie (bemaling) o.a. de stikstofdynamiek wordt onderzocht, ook fosfaat mee te nemen. Opgemerkt wordt dat na afloop van het programma waterbeheer (31 december 2002) geen financiering meer is voor dit "waterbeheer - stikstofproject".

4.3.2 Veranderd landgebruik / natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

Voorzover bekend wordt er geen systematisch onderzoek gedaan naar de invloed van veranderend landgebruik of natuurontwikkeling op de fosfaatdynamiek. Het omzetten van landbouwgronden kan uiteenlopende gevolgen hebben, afhankelijk van het type natuur dat beoogd wordt en de maatregelen die daarvoor worden genomen. Een aantal algemene punten kunnen worden genoemd m.b.t. het omzetten van landbouwgrond in natuur:

- Het toedienen van meststoffen (P, N, K etc) zal worden stopgezet; door uitspoeling, immobilisatie en fixatie kan de P-toestand dalen (zie 4.1.6).
- Bekalken zal eveneens worden stopgezet; door de aanvoer van verzurende bestanddelen door (natte of droge) depositie zal (met uitzondering van kalkhoudende gronden) in de meeste gevallen de pH van de bodem dalen. Omdat de beschikbaarheid van P het hoogst is bij pH 5-6 zal de P-toestand dalen door de daling van de pH. Bij sterke verzuring kan de mineralisatie van gewasresten worden geremd, en kan de immobilisatie van P sterk toenemen. Doordat de mobiliteit van organisch P hoger is dan van anorganisch P kan de uitspoeling van P hierdoor toenemen (Chardon e.a., 1997).

- De organische-stofhuishouding zal veranderen, doordat er geen organische stof meer wordt aangevoerd via dierlijke mest of compost. Doordat grondbewerking achterwege blijft is een ophoping te verwachten van organisch materiaal aan het bodemoppervlak.

In veel gevallen wordt getracht de nutriëntenrijkdom van voormalige landbouwgrond versneld te laten dalen (Sival & Chardon, 2002). Dit kan bijvoorbeeld door:

- i. het verwijderen van de zode bij grasland of van de bouwvoor bij (voormalige) akkerbouwgrond;
- ii. het maaien van graslandvegetatie en het afvoeren van het maaisel;
- iii. het gedurende een beperkt aantal jaren verbouwen van een gewas dat op maximale afvoer van nutriënten is geselecteerd.

In welke mate de P-toestand door de genoemde maatregelen wordt beïnvloed staat niet op voorhand vast.

- ad (i) Bij het verwijderen van de zode of de bouwvoor wordt ontegenzeggelijk een (grote) hoeveelheid P verwijderd. De achterblijvende laag zal echter bepalen wat de P-toestand zal worden: bevat deze relatief veel P dan zal de P-toestand hoog blijven.
- ad (ii) Bij het maaien en afvoeren worden naast P ook N en K afgevoerd; de afvoer van N en K verloopt relatief sneller dan die van P, waardoor de productiviteit van het grasland afneemt en daardoor de verdere afvoer van P. Door het toedienen van N en K zou de productiviteit op peil gehouden kunnen worden, en daarmee de afvoer van P; deze optie wordt ook wel ‘uitmijnen’ genoemd (Koopmans e.a., 2004).
- ad (iii) Voorzover bekend is er nooit systematisch onderzoek gedaan naar het selecteren van gewassen op een maximale afvoer van P. De afvoer zal afhangen van de drogestof opbrengst en het P-gehalte van de geoogste delen (in afhankelijkheid van de P-toestand).

Bij het omzetten van landbouwgrond in natuur wordt veelal het grondwaterpeil verhoogd. Wanneer dit gebeurt tot in een bodemlaag die aan ijzer gebonden P bevat dan zal het ijzer gereduceerd worden en het P gemobiliseerd; dit kan leiden tot versnelde uitspoeling van P, en eutrofiëring van oppervlaktewater (zie ook 4.3.1). Dit proces wordt versneld wanneer het grondwater sulfaat bevat, doordat Fe-P wordt omgevormd tot FeS (Lamers e.a., 1998). Een zeer sterke mobilisatie kan optreden wanneer ‘natte natuur’ wordt gecreëerd met een grondwaterstand tot vlak onder of zelfs boven het maaiveld, omdat dan het P uit de bouwvoor wordt vrijgemaakt. De P-toestand en het risico op eutrofiëring worden hierdoor sterk verhoogd.

In hoeverre een hoge P-toestand van voormalige landbouwgrond een probleem vormt voor natuurontwikkeling is nog weinig onderzocht, maar er bestaan wel sterke aanwijzingen dat een hoge P-toestand een belemmering vormt voor het verkrijgen van een soortenrijke vegetatie (Sival & Chardon, 2002).

Samenvattend: na omzetting tot natuur kan de P-toestand van voormalige landbouwgrond dalen als gevolg van uitspoeling, fixatie, of afvoer van 'oogstproducten' wanneer verschraling wordt toegepast (maaien + afvoeren). Vernatting kan leiden tot een (sterke) verhoging van de P-toestand, met name bij het creëren van 'natte natuur'.

Aanbevelingen:

- De ontwikkeling van een teelt- of beheerssysteem dat gericht is op een maximale P-afvoer (zie ook 4.2.1)
- Het onderzoeken van de mate waarin een hoge beschikbaarheid van P nadelig werkt op de mogelijkheden van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden.

In geen van de drie Mest- en Mineralen onderzoeksprogramma's (398-I,II en III) wordt aandacht besteed aan beide punten.

5 Samenvattende conclusies en aanbevelingen

In voorgaande paragrafen van deze quick scan is per (sub)thema / bevleidsvraag aangegeven wat er nu bekend is en wat er nog zou moeten gebeuren om straks een helder en goed onderbouwd antwoord te kunnen geven op de betreffende bevleidsvragen. Uiteraard ontstaat er hierdoor gedeeltelijk een overlap in de aanbevelingen. Mede om deze reden is voor de thema's als geheel kort aangegeven op welke terreinen intensivering van het onderzoek noodzakelijk is.

Het feit dat de fosfaattoestand binnen de Nederlandse landbouwgronden sterk varieert en fosfaat veelal in meer dan voldoende mate in de bodem aanwezig is om aan de gewasbehoefte te kunnen voldoen, schept mogelijkheden om een differentiatie van fosfaatverliesnormen in te voeren ten einde een onnodige belasting met fosfaat van de bodem te voorkomen. Een verlaging van de belasting van de bodem is noodzakelijk, omdat zonder bijsturing van het fosfaatmanagement op termijn waterkwaliteitsnormen overschreden zullen gaan worden.

Verliesnormen worden thans op bedrijfsniveau vastgesteld. Differentiatie van verliesnormen betekent dat rekening gehouden moet worden met de fosfaattoestand van percelen of met de gemiddelde fosfaattoestand van het bedrijf.

Uitgaande van een bepaalde fosfaattoestand van de bodem zal de hoogte van de fosfaatverliesnorm gewas- en grondsoortspecifiek zijn. Gewasspecifiek omdat de fosfaatbehoefte van gewas tot gewas verschilt, en grondsoortspecifiek omdat de reactiemechanismen in de bodem verschillen, en daarmee het gedrag van fosfaat in de verschillende grondsoorten.

Om tot zowel milieukundig als landbouwkundig verantwoorde (generieke) bemestingsadviezen / fosfaatverliesnormen te komen is het noodzakelijk dat er enerzijds milieucriteria worden gesteld voor de verschillende grondsoorten (bijv. conform die van het protocol fosfaatverzadigde kalkloze zandgronden), en er anderzijds landbouwkundige streefwaarden voor de fosfaattoestand van de bodem worden aangegeven, voor de verschillende combinaties van teelt en grondsoort. Uiteraard dienen de relaties tussen enerzijds milieucriteria en anderzijds landbouwkundige criteria voor de verschillende grondsoorten inzichtelijk te zijn. De Nederlandse landbouw wordt gekenmerkt voor een overmatige aanvoer van mineraal fosfaat. De kennis die tot op heden ontwikkeld is, heeft dan ook voornamelijk betrekking op het gedrag van mineraal fosfaat (ortho-fosfaat of anorganisch fosfaat). Kennis over het gedrag van organisch fosfaat is heel beperkt voorhanden. Naarmate de fosfaattoestand lager is, zal de bijdrage van organisch gebonden fosfaat toenemen maar de kennis hierover is nog onvoldoende ontwikkeld.

Voor kalkloze zandgronden kunnen deze relaties voor mineraal fosfaat worden uitgewerkt. Voor alle andere grondsoorten (veengronden, dalgronden, kalkloze en kalkrijke kleigronden, kalkrijke zandgronden en löss) is dit niet of nauwelijks mogelijk (uitkomsten programma 317). In het kader

van de nieuwe programma's 398-I, II en III wordt daar vooralsnog geen aandacht meer aan besteed. Centrale aanbeveling is dan ook het onderzoek naar het gedrag van fosfaat in deze "overige grondsoorten" te intensiveren en verder uit te bouwen, zodat de gevolgen van fosfaatverliesnormen voor de verschillende grondsoorten betrouwbaar kunnen worden aangegeven. Onderzoek naar organisch gebonden fosfaat verdient daarbij bijzondere aandacht.

Indien deze kennis daadwerkelijk wordt verkregen, dan kunnen ook richtlijnen en adviezen worden gegeven voor het afleiden van kritische "fosfaatverzadigingswaarden" voor deze grondsoorten en voor de correctie van een hoge dan wel lage fosfaattoestand van de bodem, juist omdat ook hiervoor grotendeels diezelfde kennis noodzakelijk is. Daarnaast zal vastgesteld moeten worden hoe de waardering van een fosfaattoestand 'laag' en 'hoog' gedefinieerd moet worden (teelt/gewas - grondsoort specifiek). Bij differentiatie van fosfaatverliesnormen naar fosfaattoestanden dienen een bemonsterings- en analyseprotocol (NEN-voorschrift) uitgewerkt te worden om deze fosfaattoestanden (laag, hoog, fosfaatfixerend en fosfaatverzadigd) in wettelijke kaders vast te stellen waarbij aspecten als handhaving, nauwkeurigheid, controle en fraudedruk van belang zijn.

De kennis op het gebied van landbouwkundige definiëring van een lage resp. hoge fosfaattoestand is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Verwacht wordt dat met een beperkte inspanning streefwaarden kunnen worden aangegeven die landbouwkundig noodzakelijk zijn. Ook het vastleggen in NEN-voorschriften kan met een vrij beperkte inspanning worden gerealiseerd. Het vastleggen van een bemonsteringsprotocol is nog een punt van aandacht. Voor het vaststellen van zinvolle fosfaatverliesnormen voor gronden met een lage resp. hoge P-toestand zijn de fosfaatkarakteristieken van de bodem onontbeerlijk. Ook de generieke bemestingsadviezen voor reparatiebemesting zullen gedifferentieerd moeten worden. Indien deze kennis is verzameld (zie aanbeveling 1), zal ook op relatief eenvoudige wijze via modellen inzicht kunnen worden verschaft in het effect van verliesnormen op het verloop van de P-toestand van de bodem en met name de (uitspoelings)verliezen naar het milieu. Hiervoor is het nog wel noodzakelijk om tot meer kwantitatief inzicht te komen in de mate waarin fosfaatmobilisatie in organische stof (nog) een rol speelt bij verschillende combinaties van teelt en grondsoort. Aanbevolen wordt hiervoor bestaande veeljarige fosfaatveldproeven uit programma 398-II en bestanden uit TAGA nader te analyseren.

Naast het diagnostische onderzoek ten aanzien van het gedrag van fosfaat in de bodem, zal ook in de praktijk via monitoring de verandering van landbouwkundige en milieukundige fosfaatverliezen intensief gevolgd moeten worden. De huidige meetnetten beperken zich vaak tot de aspecten van de fosfaatkringloop; er zijn weinig projecten waarbij de landbouwkundige en milieukundige gevolgen van fosfaatverliesnormen integraal worden gemeten. De noodzaak van monitoren blijkt uit het feit dat bij de onderbouwing van aanpassingen in het mest- en mineralenbeleid steeds frequenter gekeken wordt naar de resultaten van monitoringsgegevens en de mate waarin de modellen hierop gevalideerd zijn.

Aanbevolen wordt om het fosfaatonderzoek niet te beperken tot laboratoriumonderzoek en literatuurstudies, maar direct ook te starten met monitoringsstudies door bestaande meetnetten op dit terrein uit te breiden, dan wel nieuwe locaties in te richten. Dergelijke monitoringsstudies moeten zich niet beperken tot de landbouwkundige effecten (gewasopbrengst, bodemvruchtbaarheidsresponse) maar

juist ook op de verliezen die als gevolg van bemesting / fosfaatverliesnormen optreden. Aanbevolen wordt om een Sturen Op Fosfaat studie te starten die zich vooral richt op die gronden/gebieden waar milieuproblemen met fosfaat verwacht worden (fosfaatuitspoelingsgevoelige gronden).

De weerstand in de praktijk om te minderen in de aanvoer van fosfaat, ook bij een hoge fosfaattoestand, wordt ingegeven door de vrees voor verlies aan opbrengst, door het systeem van MINAS, en door de noodzaak om organische stof aan te voeren. Communicatie is een belangrijk middel om dergelijke weerstand (of angst) weg te nemen.

Aanbevolen wordt om de voorlichting aan, en communicatie met bedrijven over fosfaatmanagement bij een hoge fosfaattoestand te intensiveren.

Naast generieke maatregelen (fosfaatverliesnormen) kunnen ook aanvullende maatregelen getroffen worden om de nadelige effecten van een zeer hoge fosfaattoestand van de bodem te minimaliseren. De mogelijkheden hiervoor zijn in principe beperkt, omdat in feite het probleem zich al in de bodem bevindt, waardoor uiteindelijk alleen "paardenmiddelen" nog kunnen worden toegepast om de milieueffecten te minimaliseren. Ten overvloede wordt gesteld dat negatieve fosfaatverliesnormen voor de middellange en lange termijn zeer effectief zijn. Zowel chemische fosfaatfixatie in de bodem als waterbeheersmaatregelen bieden perspectief, maar hebben (vooralsnog) een gering draagvlak in de praktijk.

Aanbevolen wordt om deze problematiek primair op te lossen door sterke negatieve fosfaatverliesnormen in te voeren, eventueel in combinatie met diep wortelende gewassen. Alleen in die regio's waar blijkt dat de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater grotendeels veroorzaakt wordt door percelen met een zeer hoge fosfaattoestand zullen gericht andere maatregelen ingezet moeten worden. De kennis die hiervoor noodzakelijk is, is echter beperkt voorhanden.

De mogelijkheden die er zijn om bij een lage fosfaattoestand toch een optimale productie te verkrijgen liggen vooral in het optimaal plaatsen van meststoffen binnen het bedrijf, en een verfijnd fosformanagement in relatie tot bodem- en gewassenmerken (dagelijkse vraag naar fosfaat, bewortelingseigenschappen etc). Daarbij dienen beslissingsondersteunende managementsystemen ontwikkeld te worden, gericht op fosfaat (en andere nutriënten), ter optimalisatie van inrichting en beheer van fosfaat op het bedrijf, waarbij overschakeling naar biologische of extensievere landbouwwormen meegenomen kunnen worden (Schröder e.a., 2000).

Aanbevolen wordt om het onderzoek naar het effect van gericht plaatsen van meststoffen te intensiveren (bij een lage fosfaattoestand) en beslissingsondersteunde systemen te ontwikkelen die rekening houden met de werkelijke verdeling van de fosfaattoestand van de percelen binnen een bedrijf in relatie tot de fosfaatverliesnorm.

Wanneer de condities van landbouwgronden veranderen of wanneer landbouwgrond wordt aangekocht voor natuurontwikkeling, dan zijn er specifieke fosfaatproblemen te verwachten. Zo kan de uitvoering van anti-verdrogingsmaatregelen grote invloed hebben op de mobiliteit van fosfaat in de bodem. Voor mineraal fosfaat in kalkloze zandgronden zijn de theoretische achtergronden goed bekend; voor overige grond-

soorten en voor organisch gebonden fosfaat niet. De parametrisatie voor mineraal fosfaat op kalkloze zandgronden is echter nog niet uitgevoerd en de beschikbare modellen zijn nog niet in staat om de gevolgen hiervan te kwantificeren.

Aanbevolen wordt het laboratorium- en veldonderzoek van het programma 398-II naar effecten van waterhuishouding op P-dynamiek met meer grondsoorten uit te breiden en de uitkomsten van deze studie in de bodemmodellen te implementeren. Ook het uit productie nemen van percelen ten behoeve van natuurontwikkeling kan chemische (verzuring) en biologische reacties (organische stofdynamiek) teweegbrengen waardoor de beschikbaarheid van fosfaat wijzigt. Tevens zijn weinig gegevens beschikbaar over de vraag tot welk niveau het fosfaatgehalte teruggedrongen moet worden om bepaalde natuurdoeltypen te kunnen realiseren (in combinatie met andere factoren).

Aanbevolen wordt dan ook om onderzoek te verrichten naar de mobiliteit van fosfaat onder deze condities, de wijze waarop fosfaat nadelig werkt op de mogelijkheden van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden, en tot welk niveau bepaalde fosfaatpools in de bodem teruggedrongen moeten worden om natuurdoelen te realiseren.

Referenties

- Aendekerk, Th.G.L., 2000. Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen. Vollegrondsteelt. Proefstation voor de boomkwekerij. Boskoop.
- Agterberg, G.C. & Henkens, P.L.C.M., 1995. Grondslagen van het fosfaatbemestingsadvies op grasland. Meststoffen 1995: 12-23.
- Alblas, J. & Schoot, J.R. van der, 2000. Pw-getal zegt niet alles. PAV Bulletin Vollegrondsgroenteteelt, april 2000, p. 1-4
- Anonymus, 1998a. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Laboratorium voor bloembollenonderzoek (LBO), Lisse. Oktober 1998.
- Anonymus, 1998b. Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Themaboek november 1998, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).
- Boland, D., Bleuming, J.A., Vellinga, Th. & Kroes, J.G., 2000. Omgaan met vernatting. CLM, Utrecht.
- Booij, R., Dijk, W. van, Smit, B., Wijnands, F., Langeveld, H., Haan, J. de, Pronk, A., Schröder, J., Proost, J., Brinks, H., Dekker, P. & Ehlert, P., 2001. Detaillering projectplan 'Telen met Toekomst'. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, publicatie nummer 3, 74 pp.
- Brus, D.J. & Spätjens, L.E.E.M., 1997. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Voorspelling van de nauwkeurigheid en kosten. Rapport 516.1. Staring Centrum (SC-DLO), Wageningen.
- Brus, D.J., Spätjens, L.E.E.M. & Gruijter, J.J. de, 1998. A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation, *Geoderma* 89: 129-148.
- Brus, D.J., Riele, W.J.M. te & Gruijter, J.J. de, 1999. Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. Validatie van het nauwkeurighedsmodel. Rapport 516.2. Staring Centrum, Wageningen.
- Chardon, W.J., 1994. Relationship between phosphorus availability and phosphorus saturation index. Rapport 19, Inst. voor Agrobiol. en Bodemvruchtbaarheidsond., Haren, 19 pp.
- Chardon, W.J., 1995. Fosfaatvormen in dierlijke mest en hun effectiviteit. Verslag van een literatuuronderzoek. Rapport 53, Inst. voor Agrobiol. en Bodemvruchtbaarheidsond., 33 pp.

Chardon, W.J., Oenema, O., Schoumans, O.F., Boers, P.C.M., Fraters, B. & Geelen, Y.C.W.M. 1996. Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden. Rapport 8. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek, Wageningen

Chardon, W.J., Oenema, O., del Castilho, P., Vriesema, R., Japenga, J. & Blaauw, D., 1997. Organic phosphorus in solutions and leachates from soils treated with animal slurries. *J. Environ. Qual.* 26:372-378.

Chardon, W.J. & Faassen, H.G. van, 1999. Soil indicators for critical source areas of phosphorus leaching, Rapport 22. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek. Wageningen, 38 pp.

Dalal, R.C., 1977. Soil organic phosphorus. *Advances in Agronomy* 29: 83-177.

Dijk, W. van (ed.), 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatie nr. 95. Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Lelystad.

Ehlert, P.A.I. & Pasterkamp, H.P., 1999. Naar een nieuwe adviesbasis voor fosfaat voor bloembollen. Notitie voor de Kennisgroep Bodem, Water en Bemesting , 14 september 1999

Ehlert, P.A.I. & Willigen, P. de, 1999. Relatie fosfaatbehoefte vollegrondsgroenten en fosfaattoestand in de bodem. In: Naar maatwerk in bemesting. P.H.M. Dekker (coördinator). Themaboekje nr. 22. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt, Lelystad, p. 32-45.

Ehlert, P.A.I. & Wijk, C.A.P., 2002. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen, 2. Plaatsing in gewasgroepen, PAV, Lelystad, PPO-project-rapport 1125232, 46 blz.

Ehlert, P.A.I., Burgers, S.L.G.E. & Steenhuizen, J.W., 1996. Veranderingen van de beschikbaarheid van fosfaat in grond onder invloed van bemesting. Observationeel statistisch onderzoek naar het voorkomen van 'onvermijdbare fosfaatverliezen' op basis van gegevens van veeljarige bemestingsproeven. Rapport 51, AB-DLO, Haren/Wageningen, 74 pp.

Ehlert, P.A.I., Willigen, P. de, Brouwer, G. & Oenema, O., 1998. Improvement of the phosphate fertiliser recommendations for flower bulbs. In: R.H. Foy & R. Dils (Eds.), *Proc. of the OECD-workshop on practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water*, p. 68-69.

Ehlert, P.A.I., Willigen, P. de, Brouwer, G., Oenema, O. & Pasterkamp, H.P., 2000. Fosforbehoefte van bloembollen. *Meststoffen 2000*: 53-60.

Ehlert, P.A.I., Wijk, C.A.P. & Berg, W. van den, 2000. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen. 1. Bemesting en rendement. Lelystad, Alterra / Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt (PAV), PAV-projectrapport 25.2.32, 46 blz.

Ehlert, P.A.I., Wijk, C.A.P. & Willigen, P. de, 2002. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen, 3. Precisiebemesting, PAV, Lelystad, PPO-projectrapport 1125232, 27 blz.

Groenenberg, J.E., Higler, L.W.G., Knol, W.C., Kros, J., Koomen, A.J.M., Maas, G.J., Makaske, A. & Runhaar, J., 2001. Effecten van overstromingen op LCN-waarden, landbouw, natuur en milieu. Een globale verkenning van effecten en schade ten gevolge van overstroming van landbouw en natuurgebieden. In: Stax e.a. (eds.) Syllabus "Wat als we nat gaan. Een beschouwing van de stand van zaken.", Delfts Cluster, Delft.

Groenendijk, P. & Bolt, F.J.E. van der 1996. Nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater in de stroomgebieden van de Beerze, de Reusel en de Rosep. Effecten van waterhuishoudkundige ingrepen. DLO-Staring Centrum rapport 306.4, Wageningen.

Harrison, A.F., 1987. Soil organic phosphorus. A review of world literature. C.A.B. International, Wallingford, United Kingdom

Hassink, J., 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 1221-1231.

Hendriks, R.F.A., Oostindie, K. & Hamminga, W., 1999. Simulation of bromide tracer and nitrogen transport in a cracked clay soil with the FLOCR\ANIMO model combination. *J. Hydrology* 215: 94-115.

Janssen, B.H., 1992. Organic matter and soil fertility. Wageningen Agricultural University, 234 pp.

Koopmans, G.F., Zeeuw, M.E. van der, Römkens, P.F.A.M., Chardon, W.J. & Oenema, O., 2002. Identification and characterization of phosphorus-rich sandy soils. *Neth. J. Agric. Sci.* 49: 369-384

Koopmans, G.F., Chardon, W.J., Ehlert, P.A.I., Dolfing, J., Suurs, R.A.A., Oenema, O. & Riemsdijk, W.H. van, 2004. Phosphorus availability for plant uptake in a phosphorus-enriched noncalcareous sandy soil. *J. Environ. Qual.* in druk

Kuecke, M., Jaggard, K.W., Ehlert, P.A.I. & Johnston, A.E., 2001. Chapter 3. Crop response to phosphorus. In: The effect of phosphate fertilizer management strategies on soil phosphorus status and crop yields in some European countries. A.E. Johnston, P.A.I. Ehlert, M. Kuecke, B. Amar, K.W. Jaggard & C. Morel (Eds).

Actes Editions, 2001. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat, Maroc. ISBN: 9981-801-49-6. p. 29-58.

Lamers, L.P.M., Tomassen, H.B.M. & Roelofs, J.G.M., 1998. Sulfate-induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Environ. Sci. Technol.* 32:199-205.

Lexmond, Th.M., Riemsdijk, W.H. van & Haan, F.A.M. de, 1982. Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij. Staatsuitgeverij 's Gravenhage 1982, 160 pp.

Neuvel, J. & Berg W. van den, 1999. Spreiding van de fosfaattoestand op een perceel. PAV-Bulletin vollegrondsgroenteteelt, juni 1999, p. 31-34.

Neutel, H., 1994. De fosfaattoestand van bouwland in Nederland van 1971/72 tot en met 1991/92. *Meststoffen 1994*: 14-20.

Oenema, O. & Dijk, T.A. van (eindredactie) 1995. Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw. Deelrapport I van de technische projectgroep 'P-deskstudie'. Min. LNV, VROM, V&W, Landbouwschap, Centr. Landbouworganisaties.

Reijerink, J.G.A. & Breeuwsma, A., 1992. Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden, rapport 222, Staring Centrum, Wageningen.

Ritsema, C.J., 1998. Flow and transport in water repellent sandy soils. Thesis Wageningen Agric. Univ.

Ritsema, C.J., Stolte, J., Dijk, P.M. van, Oostindie, K. & Elsen, E. van den, 1996. Measuring and modeling of soil water dynamics and runoff generation in an agricultural loessial hill slope. *Hydrological Processes* 10:1081-1089.

Salm, C. van der & Schoumans, O.F., 2000. Phosphate losses on four grassland plots used for dairy farming. Measured phosphate losses and calibration of the model ANIMO. Rapport 083. Alterra Wageningen.

Schlegel, A.J. & Havlin, J.L., 1995. Corn response to long-term nitrogen and phosphorus fertilization. *J. Prod. Agric.* 8: 181-185.

Schoumans, O.F., 1995. Beschrijving en validatie van de procesformulering van de abiotische fosfaatreacties in kalkloze zandgronden. Staring Centrum Wageningen, Rapport 381.

Schoumans, O.F., 1997. Relation between phosphate accumulation, soil P levels and P leaching in agricultural land. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 146, 47 pp.

Schoumans, O.F., 1998. Gevolgen van lagere verliesnormen op het verloop van de fosfaattoestand en de fosfaatuitspoeling. In: B. Habekotté, H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, O.F. Schoumans & F.C. van der Schans (red.). Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement. De Marke Verslag 22. p. 47-63.

Schoumans, O.F., 1999. Beschrijving van het gedrag van anorganisch fosfaat in veengronden. Rapport 522. Alterra, Wageningen.

Schoumans, O.F. in voorbereiding. De effecten van anti-verdrogingsmaatregelen op de waterkwaliteit. Van de regen in de drup?

Schoumans, O.F. & Groenendijk, P., 2000. Modelling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands. J. Environ. Qual. 29: 111-116.

Schoumans, O.F. & Köhlenberg, L., 1997. Invloed van veroudering van ijzerhydroxide en anaërobe omstandigheden op de fosfaatconcentratie in fosfaatverzadigde lagen. DLO-Staring Centrum rapport 508, Wageningen.

Schoumans, O.F. & Kruijne, R., 1995a. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Eindrapport. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.

Schoumans, O.F. & Kruijne, R., 1995b. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Meting van de fosfaatuitspoeling uit fosfaatverzadigde zandgrond met en zonder hydrologische maatregel. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.1.

Schoumans, O.F. & Lepelaar, P., 1995. Emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Procesbeschrijving van het gedrag van anorganisch fosfaat in kalkrijke zandgronden. Rapport 387.1. Alterra, Wageningen.

Schoumans, O.F., Breeuwsma, A., El Bachrioui-Louwerse, A. & Zwijnen, R., 1991. De relatie tussen de bodemvruchtbaarheidsparameters Pw- en P-Al-getal, en fosfaatverzadiging bij zandgronden. Rapport 112, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1991.

Schoumans, O.F., Lepelaar, P., Aartrijk, J., van, Groenendijk, P. van, Boesten, J.J.T.I., Pas, L.J.T., van der, Gerritsen, R., Matser, A.M., Dijkstra, J.P., Pankow, J. & Toorn, A. van den, 1995. Emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Rapport 387. DLO-Staring Centrum.

Schoumans, O.F., Salm, C. van der, Ehlert, P.A.I. & Chardon, W.J., 2000. Processen op perceelsniveau: P. In: J.J.Schröder en W.J.Corré, (eds.) Actualisering stikstof- en fosfaat- desk-studies Plant Research International Wageningen, rapport 22, p. 76-93.

Schoumans, O.F., Roelsma, J., Oosterom, H.P., Groenendijk, P., Wolf, J., Zeijts, H. van, Born, G.J. van den, Tol, S. van, Berge, H.F.M. ten, Meer, H.G. van der & Evert, F.K. van, 2002. Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen. Modelberekeningen met STONE 2.0. Clusterrapport 4: Deel 1. Alterra rapport 552, 147 blz.

Schröder, J.J. & Corré, W.J., 2000. Actualisering stikstof- en fosfaat-desk-studies. Rapport 22, Plant Research International B.V., Wageningen, pp. 182 + bijlagen.

Schröder, J.J. & Holte, L. ten., 1996. Bemestingsonderzoek aan maïs en voederbieten op De Marke (1990-1995). Rapport 63. Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, AB-DLO, Wageningen, 52 pp.

Schröder, J.J. & Leeuwen-Haagsman, W. van, 2002. Mineralenstromen tussen en binnen biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., Schröder, J.J., Sukkel, W. & Booij, R. (eds). Biologisch bedrijf onder de loep. 'Biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief'. BIOM. Themaboek, Plantaardig Praktijkonderzoek, rapport 303; p. 141-154.

Schröder, J.J., Corré, W.J., Smits, M., Verstraten, F., Schils, R. & Dekker, P.H.M., 2000. Effecten van de bedrijfsinrichting en management op perceels- en bedrijfsoverschot. In: Schröder, J.J. & Corré, W.J., (Eds.). Actualisering N- en P-desk-studies. Rapport 22. Plant Research International, Wageningen, pp. 93-110.

Schröder, J.J., Jansen, A.G. & Hilhorst, G.J., 2001. Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs: verslag van een veldproef op 'De Marke' (1997-2000) en modelonderzoek op basis daarvan. Rapport 37, Plant Research International, Wageningen 40 pp.

Shirmohammadi, A., Ulén, B., Bergström, L.F. & Knisel, W.G., 1998. Simulation of nitrogen and phosphorus leaching in a structured soil using GLEAMS and a new submodel, "PARTLE". Trans. ASAE 41: 353-360.

Sival, F.P. & Chardon, W.J., 2002. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat. Rapport SV511, SKB, Gouda .

Stolte, J., Ritsema, C. & Wösten, H. 2000. Oppervlakte-afvoer: een combinatie van helling, bodem, gewas en regen. Stromingen 6 (2000), 4:27-36.

TCB (Technische Commissie Bodembescherming), 1990. Advies van de Technische Commissie Bodembescherming ten behoeve van de hantering van het protocol fosfaatverzadigde gronden. Advies aan de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 6-3-1990.

Wienk, L.D., Verhoeven, J.T.A., Coops, H. & Portielje, R., 2000. Peilbeheer en nutriënten. Literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen. Rapport 2000.012. RIZA, Lelystad.

Wolters, R.T. & Hendriks, R.F.A., 2002. OPTIMIX. Vaststellen van optimale mix van maatregelen voor realisatie van waterkwaliteitsnormen in proefgebieden. Deel 1: Bodem.

Alterra Wageningen, Rapport 409.

Young, E.O. & Ross, D.S., 2001. Phosphate release from seasonally flooded soils: A laboratory microcosm study. *J. Environ. Qual.* 30: 91-101.

Zee, S.E.A.T.M. van der, 1988. Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems. Dissertatie, Landbouwniversiteit Wageningen, 283 pp.

Zee, S.E.A.T.M. van der, Riemsdijk, W.H. van & Haan, F.A.M. de, 1990a. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. Landbouwniversiteit Wageningen.

Zee, S.E.A.T.M. van der, Riemsdijk, W.H. van & Haan, F.A.M. de, 1990b. Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel II: Technische Uitwerking. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. Landbouwniversiteit Wageningen.

Bijlage 1 Citaat uit het ex ante advies van de drie Mest- en Mineralenprogramma's 398

Onderstaand is de desbetreffende tekst uit het ex ante advies weergegeven en het kader waarin een het ander dient te worden gezien (beleidsgrond). Vervolgens worden de vragen nader toegelicht. De antwoorden van het onderzoek daarop zullen de basis vormen voor de feitelijke herijking van de programma's.

Citaat uit ex ante evaluatie

De ex ante evaluatiecommissie is ten aanzien van de bijdrage van de programma-doelstellingen aan de verdere beleidsontwikkeling of de oplossing van het beleidsprobleem van mening dat het voorstel daarvoor stikstof in voldoende mate aan voldoet, maar voor fosfaat wellicht niet. De commissie is er niet van overtuigd dat het fosfaatonderzoek met de juiste intensiteit en met de juiste instrumenten wordt ingezet. De commissie vraagt zich enerzijds af of in de voorgestelde opzet voldoende wordt aangesloten op reeds bestaande kennis en anderzijds of voldoende experimenteel onderzoek wordt ingezet.

De commissie beveelt daarom aan om in de beginfase van de programma's door één of meer deskstudies na te gaan in hoeverre de volgende beleids- en praktijkvragen al kunnen worden beantwoord:

- Hoe kunnen (sterk) fosfaatverzadigde percelen betrouwbaar worden aangewezen; Welke normstelling moet voor deze percelen worden gehanteerd; Hoe snel wordt het risico van fosfaatuitspoeling daarmee gereduceerd?
- Zijn er andere bruikbare methoden dan het instellen van een negatieve fosfaatbalans om de risico's van fosfaatuitspoeling te verminderen?
- Hoe kan betrouwbaar worden vastgesteld of een perceel een zodanig lage fosfaattoestand c.q. zo sterk fosfaatfixerende eigenschappen heeft dat reparatiebemesting (sterk positieve fosfaatbalans) moet worden toegestaan; Welke ruimte voor bemesting is dan nodig en verantwoord?
- Hoe kunnen de fosfaatverliesnormen perceels- of bedrijfsgewijs worden afgestemd op de fosfaattoestand c.q. de mate van fosfaatverzadiging van de percelen?
- Hoe snel loopt de fosfaattoestand terug bij het hanteren van lage of negatieve fosfaatoverschotten?
- Welke managementmaatregelen zijn beschikbaar c.q. nodig om een goede gewasproductie te verkrijgen bij een lage fosfaattoestand, bij fosfaatfixerende gronden c.q. bij een scherp dalende fosfaattoestand?
- Wat zijn de risico's van het verhogen van het grondwaterpeil voor de uitspoeling van fosfaat (vormt een (tijdelijk) verhoogde uitspoeling in alle gevallen een bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit)?

De commissie heeft het gevoel dat over bovenstaande vraagpunten al veel bekend is. Daarom wordt geadviseerd om deze vragen bij de start van het programma aan te scherpen in overleg met het ministerie van LNV (samen met VROM) en vervolgens de programmaleider te vragen die binnen enkele maanden te (laten) beantwoorden op basis van de beschikbare kennis. Op basis van het antwoord kan vervolgens nader

worden vastgesteld welk onderzoek binnen het kader van de drie onderzoeksprogramma's Mest- en mineralen dient te worden uitgevoerd om verantwoorde besluiten over de beleidsvoornemens rond fosfaat en gebiedsgericht beleid en/of de realisatie daarvan te kunnen realiseren.