

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 628

TC-CVB-16

## Gestandaardiseerde fosforverteerbaarheid in de varkensvoeding

Augustus 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**



### Colofon

#### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

#### Redactie

Communication Services

#### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

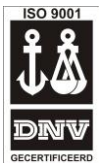
Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

#### Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

#### Abstract

Results of over 200 experiments of WUR Livestock Research to determine P digestibility in feed ingredients were recalculated to obtain standardised rather than apparent P digestibility using 200 mg P/kg DM intake as obligatory loss

#### Keywords

Pigs, Apparent P digestibility, Standardised P digestibility

#### Referaat

ISSN 1570 - 8616

#### Auteur(s)

A.W. Jongbloed  
J.Th.M. van Diepen  
P. Bikker

#### Titel

Gestandaardiseerde fosforverteerbaarheid in de varkensvoeding

Rapport 628

#### Samenvatting

De schijnbare P verteerbaarheid van voedermiddelen voor varkens bepaald in meer dan 200 verteringsproeven van WUR Livestock Research werd omgerekend naar de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid, waarbij 200 mg P/kg DS-opname als onvermijdelijk verlies werd aangenomen

#### Trefwoorden

Varkens, schijnbare P-verteerbaarheid, gestandaardiseerde P-verteerbaarheid

Rapport 628

# Gestandaardiseerde fosforverteerbaarheid in de varkensvoeding

A.W. Jongbloed  
J.Th.M. van Diepen  
P. Bikker

Augustus 2012



## **Voorwoord**

De auteurs zijn de leden van de CVB-werkgroep VVVP zeer erkentelijk voor de opmerkingen op het conceptrapport.

Namens de auteurs,

Age W. Jongbloed



## Samenvatting

Momenteel is er een sterke druk vanuit de maatschappij om de fosfor (P) uitscheiding vanuit de varkenshouderij verder te verminderen. Daarom dient naast verlaging van het bruto P-gehalte in het voer de aanvoer aan verteerbaar P (vP) zo goed mogelijk afgestemd te worden op de vP-behoefte van het dier. Vanaf 1998 tot heden wordt het systeem schijnbare P-verteerbaarheid van varkens toegepast. Recent zijn we tot het inzicht gekomen dat het de voorkeur verdient om het gehalte aan verteerbaar P in het voer uit te drukken als het gehalte aan gestandaardiseerd in plaats van schijnbaar verteerbaar P. Bij de berekening van de gestandaardiseerde verteerbaarheid van P wordt de schijnbare P-verteerbaarheid gecorrigeerd voor de uitgescheiden hoeveelheid basaal endogeen P. In deze studie is de hoeveelheid basaal endogene P verlies geschat met twee gangbare methoden:

- het verstrekken van P-vrije voeders
- de regressiemethode, gebruikmakend van een serie voeders met oplopend P-gehalte afkomstig uit één voedermiddel

De resultaten van deze twee methoden zijn achtereenvolgens beschreven. Op basis van de literatuur blijkt dat bij toepassing van de regressiemethode de schatting van de fecale uitscheiding van basaal endogeen P aan een grote variatie onderhevig is. Op basis van deze uitkomsten is de conclusie dat het basaal endogene P-verlies verkregen met een P-vrij voer veel beter herhaalbare resultaten oplevert. Daarom is er verder gerekend met een fecaal basaal endogene P-uitscheiding bij varkens van 200 mg/kg DS-opname afgeleid uit studies met P-vrij voer.

In enkele tabellen staan de belangrijkste resultaten van alle verteringsproeven omtrent P-verteerbaarheid met droge en vochtrijke voedermiddelen. Ook zijn er diverse regressieanalyses uitgevoerd waarmee het verband is berekend tussen het totaal P-, het fytaat-P- en het niet-fytine P-gehalte met de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid van enkele voedermiddelen en voedermiddelengroepen. Uit deze berekeningen blijkt dat er maar weinig statistisch significante verbanden aanwezig waren tussen het gestandaardiseerde vP-gehalte en het totaal P- en niet-fytine P-gehalte.

Als gevolg van het hoge P-gehalte in de voederfosfaten blijkt in deze producten de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid vergeleken met de schijnbare P-verteerbaarheid, slechts 0,1%-eenheid hoger te zijn. Aangezien in de CVB-tabel de P-verteerbaarheid zonder decimalen wordt aangegeven, is voorgesteld de schijnbare P-verteerbaarheid van de voederfosfaten niet aan te passen.

Uit een voorlopige berekening hebben we afgeleid dat de verschillen in fecaal endogeen P-verlies berekend op basis van lichaamsgewicht en op basis van DS-opname voor alle diercategorieën zeer gering zijn, behalve voor drachtige zeugen. Bij drachtige zeugen is het berekende fecaal endogeen verlies op basis van het lichaamsgewicht beduidend hoger dan het basaal fecaal endogene P-verlies per kg droge stofopname in het gestandaardiseerde P-verteerbaarheid systeem. Omdat voor fokzeugen gegevens omtrent fecaal endogene P-uitscheiding geheel ontbreken is een goede kwantificering hiervan gewenst voor het bepalen van de P-behoefte in het gestandaardiseerde P-verteerbaarheid systeem.





## Summary

Nowadays, there is a strong societal pressure in The Netherlands to reduce the phosphorus (P) excretion from pig husbandry. Therefore, apart from decreasing the total P content in the diets, the supply of digestible P (dP) should closely match the requirement of dP of the animal. From 1988 until now, P supply has been based on the system of apparent digestibility of P for pigs. Recently we concluded that the content of digestible P in the diet preferably is expressed as standardised rather than apparent digestible P. Using standardised digestibility of P, the apparent digestibility of P is corrected for the amount of inevitable losses of endogenous P excreted in faeces.

In this study, the amount of basal endogenous P loss is estimated by two commonly used methods:

- the supply of P-free diets
- the regression method, using a series of diets with increasing P content originating from one feed ingredient.

The results of these two methods have been described. Based on the literature it appeared that the estimate for faecal excretion of the basal endogenous P has a large variation when using the regression method. Therefore, we concluded that the basal endogenous P loss obtained with a P-free diet results in much better repeatable values. In our subsequent calculations we used a faecal basal endogenous P loss in pigs of 200 mg/kg dry matter intake.

The most important results of all P digestibility experiments with dry and moist feed ingredients carried out by WUR Livestock Research have been presented in a series of tables. In addition, various regression analyses have been conducted to determine a possible relationship between the total P, phytate P and non-phytate P content and the standardised P digestibility in some feed ingredients and groups of feed ingredients. These calculations showed that there are few statistical significant relations between the standardised dP content and the dietary concentrations of total P and the non-phytate P content.

In feed phosphates, the standardised P digestibility is only 0.1%-unit higher than the apparent P digestibility due to the high P content of these products. Since the P digestibility in the CVB table is presented without decimals, it is proposed to not change the apparent P digestibility for feed phosphates.

From preliminary estimates it was derived faecal endogenous P losses based on body weight or based on dry matter intake are similar for all pig categories except for gestating sows. Due to lack of information on faecal endogenous P excretion in sows, we recommend to carefully quantify these losses in order to determine P requirements of sows in the system of standardised digestible P. .



# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Endogene verliezen</b> .....	<b>2</b>
2.1	P-vrije voeders .....	2
2.2	Regressiemethode .....	3
2.3	Conclusie endogeen P .....	6
<b>3</b>	<b>Berekening gestandaardiseerde P-verteerbaarheid</b> .....	<b>7</b>
3.1	Materiaal en methoden .....	7
3.2	Resultaten .....	7
<b>4</b>	<b>Consequenties voor de P-behoeftenormen bij varkens</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>13</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>14</b>
	<b>Bijlage</b> .....	<b>15</b>



# 1 Inleiding

Momenteel is er een sterke druk vanuit de maatschappij om de fosfor (P) uitscheiding vanuit de varkenshouderij verder te verminderen. Daarom dient naast verlaging van het bruto P-gehalte in het voer de aanvoer aan verteerbaar P (vP) zo goed mogelijk afgestemd te worden op de vP-behoefte van het dier. De mengvoedersector past sinds de invoering van het systeem schijnbare P-verteerbaarheid van varkens in 1988, dit met succes toe.

Recentelijk zijn we tot het inzicht gekomen dat het de voorkeur verdient om, evenals voor darmverteerbare aminozuren, het gehalte aan verteerbaar P in het voer uit te drukken als het gehalte aan gestandaardiseerd verteerbaar P (Sta-vP). Bij de berekening van de gestandaardiseerde verteerbaarheid van P (Sta-VCP) wordt de schijnbare P-verteerbaarheid (Sch-VCP) gecorrigeerd voor de uitgescheiden hoeveelheid basaal endogeen P in het maagdarmkanaal. De hoeveelheid (basaal) endogeen P zou volgens Almeida en Stein (2010) afhankelijk zijn van de opname aan droge stof, wat het uitgangspunt is voor hun bijstelling van de ATTD-P (Apparent Total Tract Digestibility of P; = Sch-VCP) naar de STTD-P (Standardized Total Tract Digestibility of P; = Sta-VCP). Anderen stellen dat de endogene P-uitscheiding afhankelijk is van het levende gewicht (W; o.a. Rodehutschord et al., 1998) of ook wel het metabool gewicht ( $W^{3/4}$ ; o.a. Schulz-Zeuthen et al., 2007). Welke benadering men ook kiest, alle hebben gemeen dat bij voedermiddelen met een laag P-gehalte het gehalte aan basaal endogeen P relatief een groter effect heeft op de omrekening van de Sch-VCP naar de Sta-VCP. Bij invoering van de Sta-VCP ligt de voederwaarde van P dicht bij de grondstofeigenschappen van het voer. Vooral voedermiddelen met een laag gehalte aan totaal P krijgen dan een duidelijk hogere en - naar verwachting - zuiverder waarde. Dit resulteert in een betere onderlinge waardering van voedermiddelen. Een ander bezwaar bij de Sta-VCP is dat met name bij voedergrondstoffen met een laag P-gehalte de bijdrage van het basaal endogeen P in de fecale uitscheiding relatief hoog is, waardoor de additiviteit in een mengvoer niet altijd zou opgaan. Er zou dus gecorrigeerd moeten worden. Door voor de basaal endogene verliezen aan P te corrigeren ontstaat een systeem van Sta-VCP met een betere ranking van voedermiddelen wat betreft het verteerbaar P-gehalte.

Verder is van belang het volgende op te merken. Momenteel wordt in Nederland enerzijds gewerkt met een Sch-VCP, waarin het basale endogene P-verlies is inbegrepen, en anderzijds met een rekenwijze voor de vP-behoefte van varkens waarin de basale endogene verliezen ook zijn verdisconteerd in de onderhoudsbehoefte. Dit betekent dat (tenminste) een gedeelte van de onvermijdelijke verliezen min of meer dubbel verrekend wordt, wat impliceert dat door invoering van een systeem voor Sta-VCP een deel van deze dubbeltelling vervalst. Hierdoor wordt de gift aan vP zuiverder afgestemd op de P-behoefte, waardoor de benutting van P door varkens kan stijgen en er minder P in de mest wordt uitgescheiden. Per saldo zal de varkenshouder een kleiner overschot aan P op zijn bedrijf kunnen realiseren.

Veel literatuur laat zien dat de Sch-VCP op ileaal niveau vrijwel gelijk is aan de Sch-VCP op fecaal niveau (Guéguen et al., 1968; Jørgensen et al., 1985; Fan et al., 2001; Bohlke et al., 2005). Door de P-verteerbaarheid op fecaal niveau als uitgangspunt te nemen wordt een goede schatting van de nutritionele waarde van P verkregen en sluit het goed aan bij het Nederlandse systeem van verteerbaar P. We concentreren ons dus in het vervolg op de fecale verteerbaarheid van P. Het doel van deze studie is een onderbouwing te geven voor een voedermiddelentabel met een gestandaardiseerde in plaats van een schijnbare fecale P-verteerbaarheid. Hiervoor worden eerst in hoofdstuk 2 verschillende methoden om de endogene verliezen te bepalen besproken en een waarde voor het basaal endogeen verlies vastgesteld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 op basis van uitkomsten van eerder uitgevoerde proeven bij Wageningen UR Livestock Research waarin de schijnbare P-verteerbaarheid was vastgesteld, de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid van een groot aantal grondstoffen berekend. In dit hoofdstuk worden ook de resultaten van regressieberekeningen beschreven van het verband tussen het P-gehalte, het niet-fyfaat-P-gehalte met het Sta-vP-gehalte. Tevens worden in het kort de consequenties van verandering van het P-waarderingssysteem voor de P-behoeftenormen voor varkens gegeven.

## 2 Endogene verliezen

In de feces wordt behalve niet verteerd P uit het voer ook onverteerd P van endogene oorsprong uitgescheiden. Volgens Dilger en Adeola (2006) zijn de endogene P-verliezen afhankelijk van de voersamenstelling, het mineralengehalte, het voerniveau, de leeftijd, het gewicht (W) en groeisnelheid van het varken. Op basis van de P-uitscheiding in feces wordt in dierproeven de schijnbare P-verteerbaarheid van een voermiddel bepaald. De onverteerde P in de feces bestaat uit onverteerd voer P, onverteerde P in (enzymen uit) de verteringssappen, P in afgestorven epitheelcellen en mucus P. Voor wat betreft de uitscheiding van endogeen P uit het maagdarmkanaal kan onderscheid gemaakt worden tussen:

- basaal endogene P-uitscheiding (onvermijdelijke verliezen)
- door grondstofspectifieke factoren geïnduceerde endogene P-uitscheiding

De basaal endogene P-uitscheiding is de hoeveelheid onverteerd basaal P (in g/kg opgenomen voer) van endogene oorsprong die wordt afgescheiden ten gevolge van de passage van het voer. Rodehutsdord et al. (1998) formuleerden het zo: 'De basaal endogene P-excretie is compleet onvermijdbaar als het varken in een situatie verkeert van een tekort aan vP en waarin het dier gedwongen wordt elke regelbare P-excretie te minimaliseren.' De vraag is vervolgens hoe deze excretie kan worden bepaald.

Met betrekking tot grondstofspectifieke endogene P-verliezen gaat het om voerfactoren in bepaalde voermiddelen die leiden tot extra secretie van verteringsenzymen en/of tot extra slijtage van het maagdarmepitheel. Hierbij kan gedacht worden aan de verstrekte hoeveelheid vP (Almeida en Stein, 2010), het gehalte aan NSP en antinutritionele factoren. Volgens ons is het nog een vraag of de basaal endogene P-uitscheiding wordt beïnvloed door de hoeveelheid verstrekte P.

In de literatuur worden diverse schattingen gegeven van de totale uitscheiding van endogeen P. Jongbloed (1987) kwam op basis van een literatuurstudie bij varkens van 15 tot 80 kg en een P-gehalte van 0 tot 3,3 g P/kg DS tot een endogene P-uitscheiding van 2,9 (range 1,3 tot 4,8) mg/kg W/d en bij voeders van 5,8 tot 8,3 g P/kg DS tot gemiddeld 8,8 (range 1,8 tot 17,6) mg/kg W/d. Schulin-Zeuthen et al. (2007) kwamen op basis van P-balansproeven met mais-sojavoeders tot een endogene P-uitscheiding van 14 en 17 mg/kg W<sup>0.75</sup>/d gebaseerd op resp. available P en totaal P. Dit geldt voor mais-sojarantsoenen; voor andere voeders kan dit anders zijn. Op basis van regressieanalyse van hun basisvoeder (ontsloten aardappelzetmeel, 650 g/kg; bietenpulp, 148 g/kg; aardappelwit, 85 g/kg; gedroogd ei-eiwit, 65 g/kg) dat in diverse proeven werd gebruikt, werd door Rodehutsdord et al. (1998) een Sch-VCP van het basisvoer geschat (82,5%), waarna de onverteerde P (P-gehalte voer x (100-82,5) x 0,01) werd afgetrokken van totaal fecaal P en dit verschil wordt door hen de basaal endogene P-uitscheiding genoemd. Zij kwamen tot de volgende resultaten voor basaal endogeen P: big van 21 kg: 6,2 mg P/kg W/d, varken van 48 kg: 5,9 mg P/kg W/d, varken van 152 kg: 6,8 mg P/kg W/d. Daarbij gaan zij er gemakshalve van uit dat het varken van 152 kg dezelfde Sch-VCP van het basisvoer heeft als een big en een vleesvarken.

In deze studie trachten we de hoeveelheid basaal endogene P verliezen te kwantificeren. Twee gangbare methoden om deze onvermijdelijke P-verliezen te schatten zijn:

- het verstrekken van P-vrije voeders
- de regressiemethode, gebruikmakend van een serie voeders met oplopend P-gehalte afkomstig uit één voermiddel

De resultaten van deze twee methoden worden achtereenvolgens beschreven.

### 2.1 P-vrije voeders

Om P-vrije voeders te verstrekken kan alleen met semi-synthetische voeders worden gewerkt. Maiszetmeel en suiker zijn hier de belangrijkste energieleverende grondstoffen, terwijl gelatine als belangrijkste eiwitbron wordt gebruikt. Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten met betrekking tot de endogene P-verliezen gemeten na verstrekking van P-vrije voeders.

**Tabel 1** Overzicht van proeven met P-vrije voeders en de daarin bepaalde endogene P-verliezen

Belangrijkste voedermiddelen (g/kg)	Varkens, W in kg	Voerniveau	Endogene verliezen, mg/kg DMI <sup>2</sup>	Referentie
Maiszetmeel (492), suiker (200), gelatine (200), sojaolie (40), solka-floc (40)	13,5 tot ?	3,0 x M <sup>1</sup>	199	Almeida en Stein, 2010
Maiszetmeel (405), gelatine (300), suiker (190), solka floc (40)	27,4 tot 78,8	2,5 x M	139 ± 18	Petersen & Stein, 2006
Maiszetmeel (405), gelatine (300), suiker (190), solka floc (40)	19,6 tot ?	2,5 x M	207 ± 15	Stein et al., 2006
Maiszetmeel (493), gelatine (200), suiker (200), solka-floc (40)	33,2 tot ?	2,5 x M	211 ± 39	Widmer et al., 2007

<sup>1</sup> M = maintenance (onderhoud)

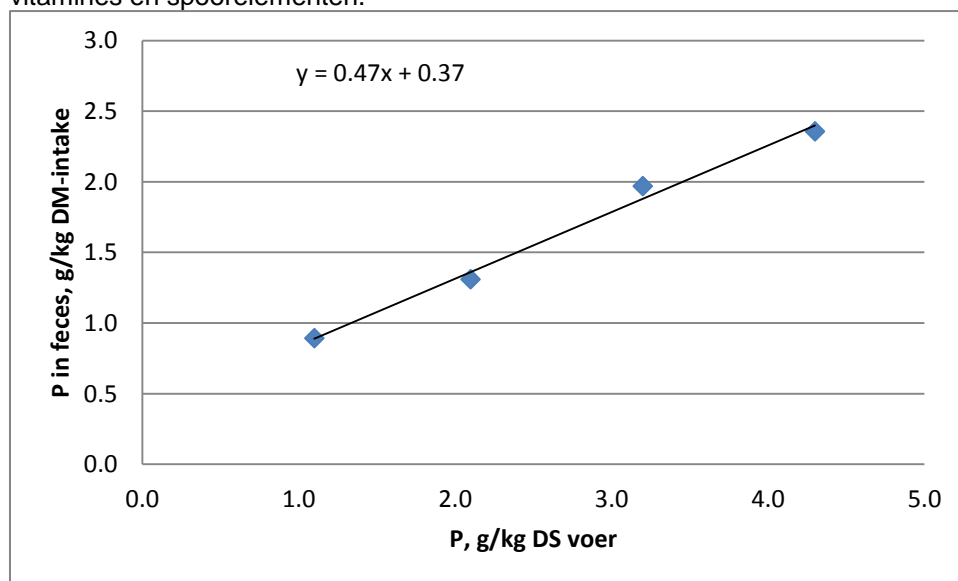
<sup>2</sup> DMI = dry matter intake (droge stofopname)

Stein (2010) meldde de resultaten van nog zes soortgelijke proeven als vermeld in Tabel 1 en vond 206, 212, 153, 174, 187 en 219 mg P/kg DS-opname. Gemiddeld werd door hem op basis van de 10 experimenten een basaal endogeen verlies van  $191 \pm 27$  mg/kg DS-opname gemeten.

## 2.2 Regressiemethode

Het gebruik van regressieanalyse is een geschikte benadering gebleken om de endogene ileale verliezen van aminozuren bij varkens te schatten (Fan et al., 1995; Jansman et al., 2002). Door het verstrekken van voeders met verschillende deficiënte hoeveelheden P aan varkens zou door extrapolatie tot een P-opname van nul, theoretisch de voer-onafhankelijke endogene P uitscheiding moeten worden verkregen. Voorwaarde is wel dat de proef is uitgevoerd in het traject waarbij er een lineaire relatie is tussen de hoeveelheid Sch-vP en de (marginaal) verstrekte hoeveelheid totaal P, dus onder de P-behoefte. Daarnaast moeten de verschillende P-gehalten met dezelfde (combinatie van) grondstoffen worden gerealiseerd.

Figuur 1 geeft een voorbeeld van het onderzoek van Fan et al. (2002). In deze proef voerden ze vier voeders met oplopende hoeveelheden sojaschroot (136, 273, 409 en 546 g/kg voer). Het basisvoer bestond verder uit semi-synthetische ingrediënten. Het voer met 136 g/kg sojaschroot bevatte: 150 g/kg lactose, 100 g/kg dextrose, 583 g/kg maiszetmeel, 18 g/kg maïsolie, zout, en een premix van vitamines en spoorelementen.

**Figuur 1** Resultaten van de regressiemethode volgens Fan et al. (2001)

Het snijpunt met de Y-as is 0,37 g/kg DS en geeft per definitie het basaal endogeen P-verlies aan.

Tabel 2 geeft de resultaten van de schatting van de endogene P-verliezen bij varkens, gebaseerd op de regressiemethode, op basis van gepubliceerd onderzoek. Voor een betere onderlinge vergelijkbaarheid van de literatuurwaarden zijn deze indien ze werden gepubliceerd per kg W of per kg <sup>0.75</sup> omgerekend naar het P-verlies per kg DS-opname.

In de proef van Akinmusire en Adeola (2009), blijken de endogene P-verliezen vergeleken met die van Ajakaiye et al. (2003) erg laag, waarbij de verliezen vervolgens wel heel klein werden als 1000 FTU/kg aan fytase aan het voer werd toegevoegd. Dilger en Adeola (2006) konden geen verklaring vinden voor de grote verschillen in uitkomsten tussen de basaal endogene P-verliezen in hun proeven en die uit de literatuur, waar ook de regressietechniek toegepast was. In de meeste proeven bevatte het voeder met de laagste dosering van het te onderzoeken voedermiddel al ca. 1,0 g P/kg voer of was het afkomstig van de caseïne in het basisvoer. Er werd dus niet voldaan aan de voorwaarde dat in alle voeders het P afkomstig is uit dezelfde bron(nen). Daarnaast werden vaak hoge doseringen van het (de) te onderzoeken voedermiddel(en) (sojaschroot, raapzaadschroot, tarwegries) in het voer opgenomen zodat het de vraag is of de doseringen niet te hoog zijn voor normale fysiologische omstandigheden. Toch wordt een lineair verband tussen de P-dosering en de hoeveelheid Sch-vP verondersteld.

Er blijken dus tussen de studies waarin de regressiemethode werd toegepast heel grote verschillen te bestaan in de schattingen van het basaal endogene P-verlies. Redenen voor deze grote verschillen zijn niet goed te achterhalen. Gezien deze grote variatie in uitkomsten is het daarom de vraag of de regressiemethode, zoals tot nu toe gepubliceerd, een betrouwbare basis kan zijn voor de omrekening van de Sch-VCP in een Sta-VCP. Eén van de discussiepunten in de literatuur is bovendien of er voor P wel sprake is van een rechtlijnig verband tussen vP en totaal P, vooral als het P-gehalte in het voer lager is dan 1,0 g/kg. Schulín-Zeuthen et al. (2007) vragen zich af wat er eigenlijk plaatsvindt als de netto retentie negatief wordt: het is goed mogelijk dat er een andere respons optreedt als de P-behoefte niet gedekt is. Dit zou kunnen leiden tot een lager intercept op de y-as als gevolg van een steilere helling. Verder is het de vraag wat voor effect botdemineralisatie heeft op de endogene P-uitscheiding. Bovendien is het de vraag of bij het stapsgewijs verhogen van het ene P-houdende ingrediënt in de voeders er geen verstremgeling optreedt van een door voerspecifieke factoren geïnduceerde endogene P-uitscheiding met het gemeten Sch-vP. Als voordeel van de regressiemethode wordt wel genoemd dat er in tegenstelling tot de P-vrije voeders geen afysiologische situatie kan optreden. Pettey et al. (2006) merkten bij de door hen gebruikte synthetische voeders op dat deze voeders mogelijk tot een lagere endogene P-uitscheiding zou kunnen leiden door een geringere afschilfering van darmcellen vergeleken met praktijkvoeders, terwijl Fan et al. (2001) met P-vrije voeders symptomen van diarree en trillen bij de varkens waarnamen. Echter bij de andere auteurs die P-vrije voeders aan de varkens gaven wordt hier geen melding van gemaakt.

Ook wij hebben gegevens van eigen proeven met voederfosfaten ontsloten om met behulp van de regressiemethode te komen tot een schatting van de hoeveelheid onverteerd basaal endogeen P. Dit bleek echter te leiden tot onbetrouwbare waarden omdat in het basisvoer zonder toegevoegd mineraalfosfaat er al een relevante hoeveelheid P uit andere ingrediënten met een zekere P-verteerbaarheid aanwezig was. Hierdoor wordt bij extrapolatie naar een P-opname = 0 niet langer een juiste waarde verkregen voor de basaal endogene P-uitscheiding. Er werd dus niet voldaan aan alle voorwaarden om de regressietechniek te mogen toepassen.



**Tabel 2** Overzicht proeven voor schatting van de totale endogene P-verliezen met de regressietechniek (W = levend gewicht; DMI = dry matter intake = droge stofopname)

Belangrijkste grondstoffen in basisvoer (g/kg)	P-leverend ingrediënt, g/kg voer	Varkens, W in kg	Voer(niveau), g/d	vc-P (%)	Endogene verliezen, mg/kg DMI	Referentie
Maiszetmeel (734-278), suiker (100), maïsolie (18-66)	Sojaschroot 136, 273, 409, 546	40 tot 58	2200, 2400, 2600, 2800	3,7, 19,7, 48,1, 34,9	454 ± 210	Ajakaiye et al., 2003
Maiszetmeel (578-284), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18, 36, 48)	Raapzaadschroot (132, 264, 396); 0 FTU/kg	17 tot ?	5% van W	28,3, 26,1, 32,7	101	Akinmusire en Adeola, 2009
Maiszetmeel (578-284), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18, 36, 48)	Raapzaad (132, 264, 396); 1000 FTU/kg	17 tot ?	5% van W	56,5, 61,5, 59,6	38	Akinmusire en Adeola, 2009
Maiszetmeel (578-284), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18, 36, 48)	Sojaschroot (132, 264, 396); 0 FTU/kg	16.6 tot ?	5% van W	34,3, 36,5, 38,6	48	Akinmusire en Adeola, 2009
Maiszetmeel (578-284), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18, 36, 48)	Sojaschroot (132, 264, 396); 1000 FTU/kg	16.6 tot ?	5% van W	68,0, 70,4, 71,2	8	Akinmusire en Adeola, 2009
Maiszetmeel (583-126), lactose (150), dextrose (100), maïsolie (18-66)	Sojaschroot (136-546)	7-21	500, 680, 780, 880	18,8, 37,6, 38,5, 45,2	310 ± 60	Fan et al., 2001
Maiszetmeel (577-75), suiker (120), solka floc (52-0)	Mais 180, 360, 540, 720	25 tot 45 kg	1300, 1500, 1800, 2150	-41,4, 20,3, 21,8, 39,1	670 ± 166	Shen et al., 2002
Maiszetmeel (578-134), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18)	Sojaschroot (conventioneel) (132-528)	18-44 30.9	90 g/kg $W^{0.75}$	42,1, 46,5, 41,1, 45,1	30.9	Dilger en Adeola, 2006
Maiszetmeel (578-134), suiker (150), dextrose (100), sojaolie (18)	Sojaschroot (laag fytaat) (132-528)	18-44	90 g/kg $W^{0.75}$	43,2, 65,3, 58,1, 58,2	84.1	Dilger en Adeola, 2006
Maiszetmeel (735-405)	Sojaschroot (246-574)	20-	Bijna ad lib.	50,6 ± 2,4	710 ± 110	Fang et al., 2007
Maiszetmeel (661-239)	Tarwegries (312-729)	20-	Bijna ad lib.	63,2 ± 5,4	700 ± 170	Fang et al., 2007
Dextrose (254), suiker (254, maiszetmeel (254), caseïne (145), cellulose (40)	Mononatriumfosfaat (224 gP/kg; 0,0, 3,5, 7,0)	25-100	1488, 1483, 1491	27,2	79	Petty et al., 2006
Dextrose (254), suiker (254, maiszetmeel (254), caseïne (120), cellulose (40)	Mononatriumfosfaat (224 gP/kg; 0,0, 3,0, 6,0)	25-100	2384, 2398, 2401	59,2	70	Petty et al., 2006
Dextrose (254), suiker (254, maiszetmeel (254), caseïne (70), cellulose (40)	Mononatriumfosfaat (224 gP/kg; 0,0, 3,0, 6,0)	25-100	3227, 3171, 3152	98,4	76	Petty et al., 2006
Maiszetmeel (713-0), suiker (25), cellulose (84-3)	Bruine rijst (150, 300, 450, 600, 750, 900)	12-?	500, 600, 700, 800, 900, 950	-35,6, 7,0, 23,2, 30,0, 30,6, 40,0	725 ± 83	Yang et al., 2007

### **2.3 Conclusie endogeen P**

In navolging van de gestandaardiseerde aminozuurverteerbaarheid wordt voorgesteld om het fecaal endogene P-verlies te relateren aan de droge stofopname en niet aan het lichaamsgewicht. Op basis van bovenstaande literatuur blijkt dat bij toepassing van de regressiemethode de schatting van de fecale uitscheiding van basaal endogeen P aan een grote variatie onderhevig is. Deze variatie is zowel afhankelijk van de proef als van het proefvoer. Hoewel men in deze proeven wel een basaal endogene P-uitscheiding berekent door extrapolatie naar een opname van  $P = 0$ , is onze conclusie vooralsnog dat het basaal endogene P-verlies verkregen met een P-vrij voer veel meer herhaalbare resultaten oplevert en daarom de voorkeur verdient als uitgangspunt voor het omrekenen van de Sch-VCP in een Sta-VCP. Daarom wordt in het vervolg gerekend met een fecaal basaal endogene P-uitscheiding bij varkens van 200 mg/kg DS-opname, gebaseerd op het uitgebreide onderzoek van de groep van Stein. Opgemerkt wordt dat deze endogene P-uitscheiding wel verdisconteerd moet worden in de P-behoefthenormen.

## 3 Berekening gestandaardiseerde P-verteerbaarheid

### 3.1 Materiaal en methoden

Bij Wageningen UR Livestock Research is in de achterliggende decennia de schijnbare P-verteerbaarheid bepaald in ca. 200 partijen droge voedermiddelen, ca. 15 partijen vochtrijke diervoeders en ca. 30 partijen voederfosfaten. De meeste voeders in de verteringsproeven zijn niet of koud gepelleteerd waardoor de maximale temperatuur niet boven 65 °C kwam, zodat voeders, afhankelijk van de ingemengde voedermiddelen, nog intrinsiek fytase kunnen bevatten. Van alle proeven zijn alle relevante gegevens in een Excel-file gezet. Dit betreft o.a. de naam van het onderzochte voedermiddel, het proefnummer, het basisvoer, gewicht van de varkens, aantal herhalingen, chemische samenstelling van het rantsoen, de Weende analyse en mineralengehalten in het proefvoer, de schijnbare verteerbaarheid van P in het totale rantsoen en van het proefvoer. Van de eerste paar series verteringsproeven werd daarbij de Sch-VCP waarde herberekend omdat toentertijd de berekeningen nog handmatig werden gedaan en de kans op fouten hierdoor groter was. Ook werden diverse regressieberekeningen uitgevoerd om mogelijke verbanden op te sporen tussen het totaal-P-gehalte, het fytaat-P-gehalte, het niet-fytaal-P-gehalte (NPP) en het percentage fytaal-P met de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid.

### 3.2 Resultaten

#### 3.2.1 Gestandaardiseerde P-verteerbaarheid van de onderzochte voedermiddelen

In tabel 3 staan de belangrijkste resultaten van alle verteringsproeven omtrent P-verteerbaarheid met droge voedermiddelen, terwijl in tabel 4 de resultaten staan van vochtrijke voedermiddelen. Van diverse voedermiddelen was geen fytaal-P gehalte geanalyseerd; in die gevallen staat achter dit gehalte het aantal monsters waarin het fytaal-P gehalte wel was geanalyseerd. Enkele proeven werden als uitbijter beschouwd omdat de uitkomsten (zeer) sterk afweken van de gangbare uitkomsten. Dit betrof o.a. een partij tarwegries die bij 12 g Ca/kg voer was getest (VV990), een partij blauwe lupinen (BB2), een partij gerst (BB3-04) en een partij erwten (BB3-08). Zoals uit tabel 3 blijkt zijn er van diverse voedermiddelen slechts één of twee waarnemingen. In de laatste kolom staat de Sta-VCP indien rekening wordt gehouden met een basaal endogeen P-verlies van 200 mg/kg DS-opname.

We hebben de Sta-VCP van 30 partijen voederfosfaat berekend. Als gevolg van het hoge P-gehalte in de voederfosfaten blijkt vergeleken met de Sch-VCP, de Sta-VCP slechts 0,1%-eenheid hoger te zijn. Aangezien in de CVB-tabel de VCP zonder decimalen wordt aangegeven, wordt voorgesteld de Sch-VCP van de voederfosfaten niet aan te passen.

**Tabel 3** Samenvatting van het P- en fytaat-P gehalte en de berekende schijnbare (Sch-VC) en gestandaardiseerde (Sta-VC)-P-verteerbaarheid in droge voedermiddelen op basis van eerder uitgevoerd onderzoek bij Wageningen UR Livestock Research

Grondstof	DS, g/kg	Aantal	P, g/kg DS	Fytaal-P, g/kg DS	Sch-VCP %	Sta-VCP %
Aardappelwit	898	2	2,2 ± 0,6	0,7 (1)	115,5±61,8	125,0±64,2
Beendermeel	917	2	82,5±8,9	0	72, 6±3,9	72,9±3,9
Bierbostel, gedroogd	883	1	5,5	2,4	30,8	34,5
Bietenpulp	883	1	1,1	0	-14,8	4,2
Biscuitmeel	898	1	2,0	0,9	46,4	56,2
Broodmeel	893	1	2,1	0,5	48,6	58,0
Capucijners	846	1	4,4	2,6	66,8	71,4
Citruspulp	868	1	1,8	0,9	22,5	33,4
Crambeschilfers	842	1	15,3	9,6	57,3	58,6
DDGS, combi	859	1	9,6	3,3	57,6	59,7
DDGS, tarwe	916	2	9,1±0,0	2,9±0,2	55,3±3,1	57,5±3,1
DDGS, mais	895	2	8,4±0,9	3,3±0,5	53,3±8,1	55,7±8,1
Diermeel	956	3	28,7±5,6	0,0	76,1±8,3	76,8±8,3
Erwten	853	6	4,7±0,7	2,6±0,7	39,7±4,2	44,2±4,7
Gerst <sup>1</sup>	856	6	4,3±0,3	2,8±0,2	39,2±4,1	43,8±3,9
Gersteslijpmeel	864	2	6,7±3,0	-	24,5±5,2	27,8±3,7
Grondnotenschilfers	913	2	6,2±0,9	4,1±0,3	23,4±5,3	26,7±5,8
Katoenzaadschilfers	888	1	11,9	7,0	30,3	32,0
Kokosschilfers	888	4	5,8±0,2	2,7±0,2	27,0±2,8	30,4±3,0
Kokosschroot	886	3	5,9±0,3	2,8±0,4	25,5±15,6	29,0±15,7
Lijnzaadschilfers	860	1	7,7	5,4	10,3	12,9
Lijnzaadschroot	900	1	9,5	6,5	8,1	10,2
Luzernemeel	898	1	3,4	0,5	23,1	29,1
Lupinen	888	5	3,2±0,3	1,3±0,8 (3)	60,3±14,0	66,6±14,6
Mais	868	13	3,2±0,3	2,3±1,1 (9)	20,5±7,9	26,8±7,5
Maisglutenvoer	882	13	9,9±1,5	6,5±2,8 (11)	22,3±8,5	24,4±8,5
Maiskiemschroot	887	2	7,2	5,9	18,4±5,7	21,2±5,7
Maisvoermeel	887	9	7,3±1,6	5,6±2,8 (7)	22,5±8,6	25,4±8,9
Maisvoerschroot	877	4	7,4±0,7	5,4±0,2	21,2±11,1	24,2±10,9
Magere melkpoeder	947	2	10,6±0,1	0,0	90,6±1,1	92,4±1,0
Voerbonen	826	4	5,4±0,6	2,4±1,2	34,7±9,4	38,5±9,5
Palmpitschilfers	901	3	6,1±1,2	3,6±0,6	36,7±5,3	40,1±5,1
Raapzaadschilfers	912	5	10,8±0,4	8,7±0,8	25,8±7,9	27,6±8,0
Raapzaadschroot	873	5	11,8±0,5	8,9±4,0	25,6±2,9	27,3±3,0
Rogge <sup>1</sup>	868	2	3,9±0,1	2,9±0,1	63,1±30,0	68,2±30,1
Rijstevoermeel	888	6	16,5±3,1	12,3±6,9	12,8±5,9	14,1±5,9
Rijstevoerschroot	892	1	22,2	-	15,3	16,2
Sesamzaadschilfers	922	1	11,2	-	14,4	16,2
Sojabonen	884	4	6,1±0,4	3,3±1,9 (2)	52,9±12,6	56,2±12,8
Sojahullen	863	4	1,7±0,4	0,7±0,4	-23,9±31,0	-11,5±31,9
Sojaschilfers/-schroot	866	14	7,0±0,7	4,5±1,7 (12)	40,0±5,8	42,8±5,9
Sorghum	826	1	3,6	2,8	15,4	20,9
Tapioca	874	5	1,3±0,3	0,4±0,2	8,3±8,8	24,6±9,1
Tarwe, inactief	892	2	3,9±0,1	2,7 (1)	26,6±0,2	31,7±0,1
Tarwe <sup>1</sup>	851	7	3,9±0,7	2,9±1,1 (6)	46,1±8,2	51,4±7,2
Tarweglutenvoer	886	2	8,2±0,9	5,0 (1)	28,8±8,1	31,3±8,4
Tarweglutenvoer (Amyfeed)	907	2	11,4±2,0	4,8±0,2	27,6±5,6	29,4±5,3
Tarwegries, inactief	924	1	13,6	-	18,9	20,4
Tarwegries <sup>1</sup>	860	8	12,1±0,9	9,9±4,6 (6)	31,7±9,0	33,3±8,9
Tarwekiemmeel	865	1	10,8	7,7	42,4	44,2
Tarwezemelen/-grint <sup>1</sup>	874	2	15,0±0,8	11,8±0,2	32,4±12,6	33,8±12,7
Triticale <sup>1</sup>	859	2	4,0±0,2	3,0±0,3	58,6±2,7	63,6±2,4
Verenmeel	890	1	1,6	0,0	84,0	96,3
Vismeel	928	4	24,0±1,7	0,0	79,6±15,0	80,5±15,0
Vleesbeendermeel	933	1	62,2	0,0	80,9	81,2
Zonnebloemzaadschroot	883	14	11,3±2,3	8,9±4,6 (10)	14,8±7,0	16,7±6,9

<sup>1</sup> bevat intrinsiek fytaase

**Tabel 4** Samenvatting van het P- en fytaat-P gehalte en de berekende schijnbare (Sch-VC) en gestandaardiseerde (Sta-VC)-P-verteerbaarheid in vochtrijke diervoeders op basis van eerder uitgevoerd onderzoek bij Wageningen UR Livestock Research

Grondstof	DS, g/kg	Aantal	P, g/kg DS	Fytaat-P, g/kg DS	Sch-VCP %	Sta-VCP %
Aardappelstoomschillen	145	4	3,1 ± 1,3	0,4±0,1 (2)	27,4±11,5	34,5±12,2
Bierbostel, ingekuild	244	2	6,9±0,2	3,8±1,1	61,0±1,7	63,9±1,6
Corn Cob Mix	630	2	3,5±0,2	0,6±0,4	55,3±13,8	61,0±14,2
Restgist	90	5	13,8±6,5	0,0 (2)	38,5±17,0	40,2±17,3
Mais, ingekuild	617	1	3,5	1,5	35,0	40,7
Maisglutenvoer, ingekuild	424	2	8,5±1,8	5,3±1,0	20,1±6,7	22,5±6,2
Myceliumspoeling	100	3	14,5±0,3	0,9±0,6	79,8±6,5	81,1±6,5
Tarwezetmeel (Bondatar)	251	3	2,4±0,3	0,1 (1)	53,4±18,1	61,9±17,0

Vergelijking van de Sch-VCP met de Sta-VCP in tabel 3 geeft aan dat vooral voor voedermiddelen met een laag P-gehalte zoals bietenpulp (1,1 g P/kg ds), citruspulp (1,8 gP/kg ds) en tapioca (1,3 g P/kg ds) de Sta-VCP met respectievelijk 19, 11 en 16 %-eenheden veel hoger is dan de Sch-VCP in deze voedermiddelen. In de granen zoals gerst, mais en tarwe is de Sta-VCP respectievelijk 5, 6 en 5 %-eenheden hoger dan de Sch-VCP. Bij voedermiddelen met een hoog P-gehalte zoals maisglutenvoer (9,9 g P/kg ds), raapzaadschroot (11,8 g P/kg ds), tarwegries (12,1 g P/kg ds) en zonnebloemzaadschroot (11,3 g P/kg ds) is het verschil tussen de Sta-VCP en de Sch-VCP gering, gemiddeld 1,8 %-eenheden.

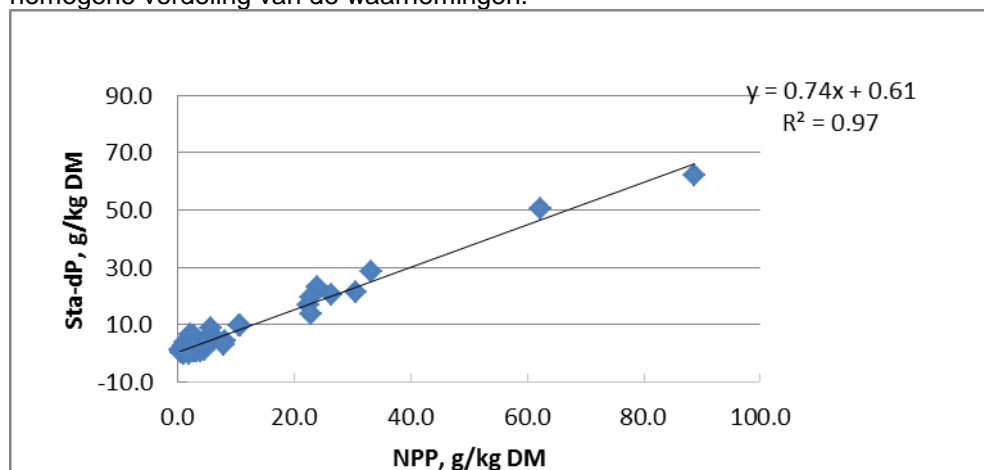
### 3.2.2 Relaties tussen P-gehalte en gestandaardiseerde P-verteerbaarheid in voedermiddelen

Omdat niet van alle voedermiddelen die in de varkensvoeding worden gebruikt, de Sta-VCP is vastgesteld zou het aantrekkelijk zijn om de Sta-VCP betrouwbaar te kunnen schatten uit het P-gehalte of het niet-fytaat-P-gehalte (NPP) van verwante voedermiddelen. Ook zou van voedermiddelen binnen een grondstoffengroep mogelijk de Sta-VCP nauwkeuriger geschat kunnen worden bij een iets afwijkend P- of NPP-gehalte. Daarom zijn er diverse regressieberekeningen uitgevoerd waarmee het verband is bepaald tussen het P-, het fytaat-P- en het NPP-gehalte met de Sta-VCP van enkele voedermiddelen en voedermiddelengroepen (tabel 5), terwijl in bijlage 1 meer resultaten vermeld zijn. Daarnaast zijn relaties uitgerekend voor alle proeven gezamenlijk, waarbij die met de sojahullen niet zijn meegenomen, omdat die een sterk negatieve Sch-VCP en Sta-VCP hadden evenals van een partij aardappeleiwit die een zeer hoge P-verteerbaarheid had (>150). Ook zijn regressieberekeningen uitgevoerd zonder de dierlijke producten (van landdieren en vismeel) en ook zonder dierlijke producten en de fytase-houdende voedermiddelen zoals gerst, rogge, tarwe, tarwegries, tarwezemelen en triticale.

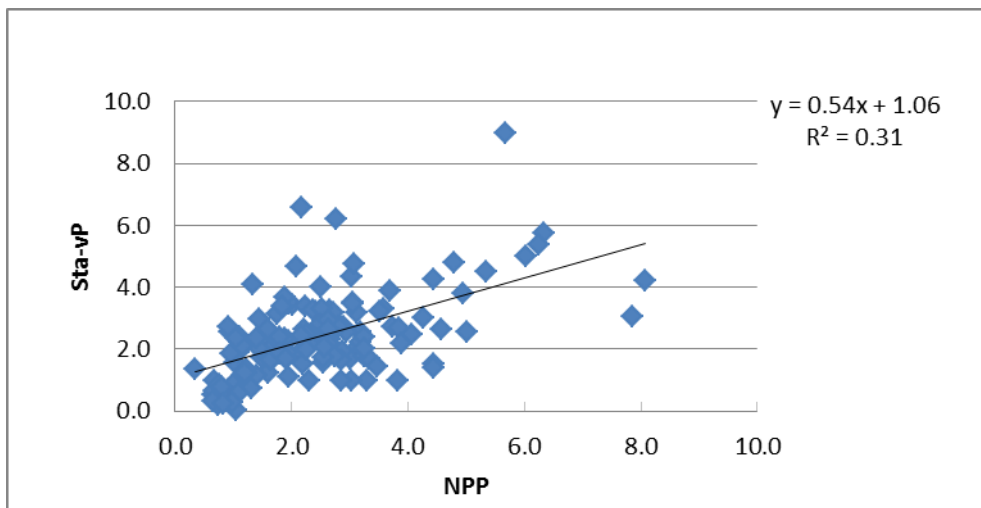
**Tabel 5** Verband tussen het totaal P- en het niet-fytaat-P-gehalte (g/kg ds) en de Sta-vP (g/kg ds) van enkele voedermiddelen en voedermiddelengroepen (Sta-vP = gestandaardiseerde vP; NPP=niet fytime P)

Voedermiddel- of -groep	n	Sta-vP vs P	N	Sta-vP vs NPP
Kokosschilfers/-schroot	7	$Y=-1,61x+11,1$ ; $r^2=0,55$	7	$Y=-1,17x+5,4$ ; $r^2=0,69$
Mais	12	$Y=0,56x-0,9$ ; $r^2=0,46$	8	$Y=-0,03x+0,9$ ; $r^2=0,01$
Maisbijproducten	28	$Y=0,24x+0,0$ ; $r^2=0,28$	24	$Y=0,35x+1,2$ ; $r^2=0,20$
Mais+maisbijproducten	40	$Y=0,22x+0,2$ ; $r^2=0,52$	32	$Y=0,48x+0,8$ ; $r^2=0,38$
Raapzaadschilfers/-schroot	9	$Y=-0,16x+4,9$ ; $r^2=0,05$	8	$Y=0,14x+2,8$ ; $r^2=0,03$
Sojaschilfers/-schroot	14	$Y=0,37x+0,4$ ; $r^2=0,27$	13	$Y=0,16x+2,6$ ; $r^2=0,01$
Tarwebijproducten	15	$Y=0,28x+0,5$ ; $r^2=0,20$	10	$Y=-0,18x+4,7$ ; $r^2=0,01$
Zonnebloemzaadschroot	14	$Y=0,22x-0,6$ ; $r^2=0,36$	10	$Y=0,89x-0,4$ ; $r^2=0,41$
Alle droge voedermiddelen, excl. sojahullen	187	$Y=0,70x-2,6$ ; $r^2=0,84$	154	$Y=0,74x+0,6$ ; $r^2=0,97$
Alle droge voedermiddelen excl. sojahullen en dierlijke voedermiddelen	174	$Y=0,18x+1,0$ ; $r^2=0,32$	140	$Y=0,53x+1,1$ ; $r^2=0,30$
Alle droge voedermiddelen excl. sojahullen, dierlijke en fytasehoudende voedermiddelen	148	$Y=0,17x+1,0$ ; $r^2=0,28$	118	$Y=0,59x+0,5$ ; $r^2=0,42$

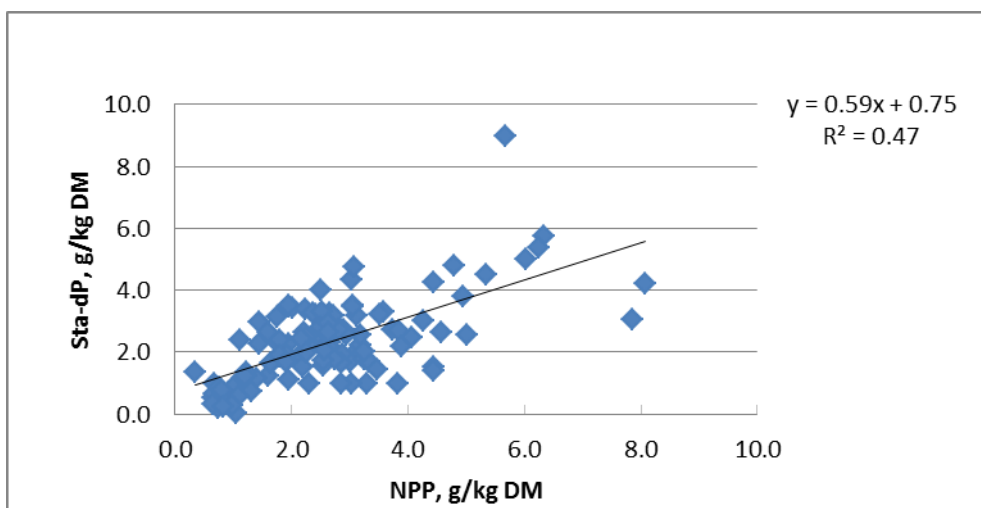
Aan de verbanden die voor enkele voedermiddelen werden gevonden moet weinig betekenis worden toegekend omdat het maar een gering aantal waarnemingen betreft. Uit tabel 5 blijkt dat er maar weinig statistisch significante verbanden aanwezig waren tussen het Sta-vP-gehalte en het totaal P- en niet-fytine P-gehalte (NPP). Een mogelijke reden zou kunnen zijn dat de standaardafwijking van de Sta-VCP van een voedermiddel ca. 5%-eenheden is, terwijl er vaak maar een geringe variatie is in het NPP- en Sta-vP-gehalte binnen productgroepen. Ook is nagegaan of over alle voedermiddelen heen verbanden tussen het Sta-vP-gehalte en het totaal P- of NPP-gehalte konden worden aangetoond. Een belangrijke opmerking bij deze berekeningen is dat door het hoge Sta-vP- en het P-gehalte van dierlijke voedermiddelen er een vertekend beeld ontstaat van de  $R^2$ ; er is geen homogene verdeling van de waarnemingen. Daarom is er ook een serie berekeningen gedaan met alle voedermiddelen zonder deze dierlijke voedermiddelen. In de laatste serie berekeningen zijn ook voedermiddelen weggelaten die intrinsieke fytase bevatten. In de figuren 2, 3 en 4 is zichtbaar gemaakt waarom het niet verantwoord is om veel betekenis toe te kennen aan de berekende verbanden vanwege de niet-homogene verdeling van de waarnemingen.



**Figuur 2** Verband tussen gestandaardiseerde vP (Sta-vP; g/kg ds) en niet-fytaat-P (NPP; g/kg ds); alle droge voedermiddelen behalve sojahullen



**Figuur 3** Verband tussen gestandaardiseerde vP (Sta-vP; g/kg ds) en niet-fytaat-P (NPP; g/kg ds); alle droge voedermiddelen behalve sojahullen en ook geen dierlijke voedermiddelen



**Figuur 4** Verband tussen gestandaardiseerde vP (Sta-vP; g/kg ds) en niet-fytaat-P (NPP; g/kg ds); alle droge voedermiddelen maar geen sojahullen, dierlijke en fytase-houdende voedermiddelen

#### 4 Consequenties voor de P-behoefthenormen bij varkens

In het systeem van Sta-VCP wordt gerekend met een basaal endogeen verlies van 0,2 g P/kg DS-opname. Het Sta-vP gehalte van voedermiddelen en voeders is daardoor 0,2 g/kg ds hoger dan het Sch-vP gehalte. Dit verschil moet via de onderhoudsbehoefte in de normering verwerkt worden om te voorkomen dat dieren netto minder vP krijgen. Dus zou de vP-behoefte in het Sta-VCP systeem 0,2 g vP hoger moeten zijn dan in het Sch-VCP systeem om dezelfde hoeveelheid vP te verstrekken. In de huidige P-behoefthenormen volgens het systeem van de schijnbare P-verteerbaarheid wordt rekening gehouden met een fecaal endogene P-uitscheiding van 6 mg P/kg levend gewicht (Jongbloed et al., 2003). Er lijkt een zekere dubbeltelling plaats te vinden omdat de fecaal endogene verliezen zowel in de Sch-VCP als in de onderhoudsbehoefte zijn verdisconteerd. De vraag is welke invloed dit heeft op de behoefte aan vP. In tabel 6 is een overzicht gegeven van het berekend endogeen P-verlies en de berekende vP-behoefte tussen beide benaderingen. De gewichten en voeropname zijn ontleend aan CVB (2010).

**Tabel 6** Vergelijking fecale endogene P-verliezen bij varkens volgens het systeem van gestandaardiseerde P-verteerbaarheid (Sta-VCP) en volgens het bestaande systeem van schijnbare P-verteerbaarheid (Sch-VCP)

	BW (kg)	DS-opname, kg/d	Fecaal endogeen P-verlies		
			Volgens Sta-VCP systeem, mg/d	Volgens Sch-VCP systeem, mg/d	Toename bij Sta-VCP, mg/d
Big	10	0.42	85	60	25
Big	20	0.88	176	120	56
Vleeszeug, goed	25	0.88	176	150	26
Vleeszeug, goed	32	1.14	229	192	37
Vleeszeug, goed	41	1.42	283	246	37
Vleeszeug, goed	57	1.85	370	342	28
Vleeszeug, goed	82	2.43	486	492	-6
Vleeszeug, goed	100	2.62	523	600	-77
Vleeszeug, goed	120	2.66	531	720	-189
Zeug, 1e worps dracht, d0	140	1.91	382	840	-458
Zeug, 1e worps dracht, d50	165	2.09	418	990	-572
Zeug, 1e worps dracht, d100	203	2.67	533	1218	-685
Zeug, 3e worps dracht, d0	185	2.13	427	1110	-683
Zeug, 3e worps dracht, d50	205	2.27	453	1230	-777
Zeug, 3e worps dracht, d100	236	2.84	569	1416	-847
Zeug, 1e worps lacterend	190	6.25	1250	1140	110
Zeug, 3e worps lacterend	210	6.66	1332	1260	72

Uit tabel 6 is af te leiden dat de verschillen in fecaal endogeen P-verlies voor alle diercategorieën behalve voor de drachtige zeugen zeer gering zijn. Dit behoeft nadere uitwerking bij introductie van nieuwe behoeftenormen bij een systeem van Sta-VCP.

Omdat er voor fokzeugen gegevens omtrent fecaal endogene P-uitscheiding in het Sta-VCP systeem geheel ontbreken is een goede onderbouwing hiervan gewenst.



## 5 Conclusies

- Overgang van een systeem van schijnbare VCP naar gestandaardiseerde VCP houdt meer rekening met de eigenschappen van de voedermiddelen;
- Basaal fecaal endogene P-uitscheiding verkregen via een P-vrij voer geeft de meest stabiele waarde. Op basis van literatuur kan gerekend worden met 200 mg P per kg ds-opname;
- Herberekening van de P-verteerbaarheid van voedermiddelen resulteert in een hogere gestandaardiseerde VCP vergeleken met de schijnbare VCP. Het verschil is groter bij een laag P-gehalte. Bij voedermiddelen zoals bietenpulp met ca. 1,0 g P/kg DS is de gestandaardiseerde VCP 20%-eenheden hoger dan de schijnbare VCP. Bij granen zoals gerst met 4,3 g P/kg DS is de gestandaardiseerde VCP bijna 5%-eenheden hoger, terwijl bij voedermiddelen met ca. 10 g P/kg DS de gestandaardiseerde VCP slechts 2%-eenheden hoger is dan de schijnbare VCP;
- Het systeem van gestandaardiseerde VCP moet verwerkt worden in de P-behoefte van varkens;
- Er werden geen zinvolle verbanden gevonden tussen het gehalte aan niet-fytaat-P en het gehalte aan gestandaardiseerde vP in het voer;
- Experimenteel onderzoek naar de fecaal endogene P-uitscheiding bij met name fokzeugen wordt aanbevolen.

## Literatuur

- Ajakaiye, A., Fan, M.Z., Archbold, T., Hacker, R.R., Forsberg, C.W., Phillips, J.P., 2003. Determination of true digestive utilization of phosphorus and the endogenous phosphorus output associated with soybean meal for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81, 2766-2775.
- Akinmusire, A.S., Adeola, O., 2009. True digestibility of phosphorus in canola and soybean meals for growing pigs: Influence of microbial phytase. *J. Anim. Sci.* 87, 977-983.
- Almeida, F.N., Stein, H.H., 2010. Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 88, 2968-2977.
- Bohlke, R.A., Thaler, R.C., Stein, H.H., 2005. Calcium, phosphorus, and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83, 2396-2403.
- CVB, 2010. Tabellenboek Veevoeding 2010. Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarden veevoerders. Productschap Diervoeder CVB, Den Haag.
- Dilger, R.N., Adeola, O., 2006. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. *J. Anim. Sci.* 84, 627-634.
- Fan, M.Z., Sauer, W.C., McBurney, M.I., 1995. Estimation by regression analysis of endogenous amino acid levels in digesta collected from the distal ileum of pigs. *J. Anim. Sci.* 73, 2319-2328.
- Fan, M.Z., Archbold, T., Sauer, W.C., Lackeryam, D., Rideout, T., Gao, Y., De Lange, F.M., Hacker, R.R., 2001. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. *J. Nutr.* 131, 2388-2396.
- Fang, R.J., Yin, Y.L., Wang, K.N., He, J.H., Chen, Q.H., Li, T.J., Fan, M.Z., Wu, G., 2007. Comparison of the regression analysis method and the substitution method for the determination of true phosphorus digestibility and faecal endogenous losses associated with feed ingredients for growing pigs. *Livest. Sci.* 109, 251-254.
- Gueguen, L., Besancon, P., Rerat, A., 1968. Utilisation digestive, cinétique de l'absorption et efficacité de la rétention du phosphore phytique chez le porc. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 8, 273-280.
- Jansman, A.J.M., Smink, W., VanLeeuwen, P., Rademacher, M., 2002. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 98, 49-60.
- Jongbloed, A.W., Diepen, J.Th.M. van, Kemme, P.A., 2003. Fosfornormen voor varkens: herziening 2003. CVB-documentatierapport nr. 30.
- Jørgensen, H., Just, A., Fernández, J.A., 1985. The influence of dietary supply of minerals on apparent absorption and retention of minerals in growing pigs. *Beretrn. Fra statens Husdyrbrugsforsøg* 580, 360363.
- Kim, B.G., Lee, J.W., Stein, H.H., 2011. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 88, 4145.
- Partridge, I.G., 1978. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs 3. Net movements of mineral nutrients in the digestive tract. *Brit. J. Nutr.* 39, 527-537.
- Petersen, G.I., Stein, H.H., 2006. Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84, 2126-2132.
- Petty, L.A., Cromwell, G.L., Lindemann, M.D., 2006. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets. *J. Anim. Sci.* 84, 618-626.
- Rodehutschord, M., Haverkamp, R., Pfeffer, E., 1998. Inevitable losses of phosphorus in pigs, estimated from balance data using diets deficient in phosphorus. *Arch. Anim. Nutr.* 51, 27-38.
- Schulin-Zeuthen, M., Kebreab, E., Gerrits, W.J.J., Lopez, S., Fan, M.Z., Dias, R.S.W., France, J., 2007. Meta-analysis of phosphorus balance data from growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85, 1953-1961.
- Shen, Y., Fan, M.Z., Ajakaiye, A., Archbold, T., 2002. Use of regression analysis technique to determine true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output with corn in growing pigs. *J. Nutr.* 132, 1199-1206.
- Stein, H.H., Boersma, M.G., Pedersen, C., 2006. Apparent and true total tract digestibility of phosphorus in field peas (*Pisum sativum* L.) by growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 86, 523-525.
- Stein, H.H., 2010. Pers. Mededeling.
- Widmer, M.R., McGinnes, L.M., Stein, H.H., 2007. Energy, phosphorus, and amino acid digestibility of high-protein distillers dried grains and corn germ fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85, 2994-3003.
- Yang, H., Li, A.K., Yin, Y.L., Li, T.J., Wang, Z.R., Wu, G., Huang, R.L., Kong, X.F., Yang, C.B., Kang, P., Deng, J., Wang, S.X., Tan, B.E., Hu, Q., Xing, F.F., Wu, X., He, Q.H., Yao, K., Liu, Z.J., Tang, Z.R., Yin, F.G., Deng, Z.Y., Xie, M.Y., Fan, M.Z., 2007. True digestibility and the endogenous phosphorus outputs associated with brown rice for weanling pigs measured by simple regression analysis technique. *Anim.* 1, 213-220.

## Bijlage

**Bijlage 1** Verband tussen het P- en het NPP-gehalte (g/kg ds) met de vP (g/kg DS) of Sta-VCP (%) van enkele grondstoffen en grondstoffengroepen (Pt=totaal P; NPP=niet fytine P; IPP=fytaat-P)

Grondstof of -groep	n	Sta-vP vs P	STTD-P vs P	n	Sta-VCP vs %IPP	Sta-vP vs NPP	Sta-VCP vs NPP
Erwten	6	Y=0.27x+0.9; r2=0.67	Y=-4.3x+68.2; r2=0.44	6	Y=-0.00x+48.0; r2=0.01	Y=0.16x+1.8; r2=0.58	Y=-1.2x+50.9; r2=0.09
Gerst	6	Y=0.70x-1.1; r2=0.70	Y=5.7x+19.2; r2=0.22	6	Y=-0.56x+80.3; r2=0.50	Y=0.82x+0.7; r2=0.73	Y=9.9x+28.9; r2=0.51
Kokosschilfers/-schroot	7	Y=-1.61x+11.1; r2=0.55	Y=-32.8x+221; r2=0.63	7	Y=1.26x-29.2; r2=0.47	Y=-1.17x+5.4; r2=0.69	Y=-22.5x+99.8; r2=0.71
Lupinen	5	Y=-0.70x+4.4; 0.48	Y=-44.2x+208; r2=0.78	3	-	-	-
Mais	12	Y=0.56x-0.9; r2=0.46	Y=9.2x-1.6; r2=0.18	8	Y=0.35x+1.7; r2=0.19	Y=-0.03x+0.9; r2=0.01	Y=-5.6+31.9; r2=0.07
Maisbijproducten	28	Y=0.24x+0.0; r2=0.28	Y=-0.3x+29.2; r2=0.01	24	Y=-0.16x+36.2; r2=0.05	Y=0.35x+1.2; r2=0.20	Y=1.4x+21.2; r2=0.04
Mais+maisbij-producten	40	Y=0.22x+0.2; r2=0.52	Y=-0.6x+29.2; r2=0.04	32	Y=-0.05x+29.2; r2=0.01	Y=0.48x+0.8; r2=0.38	Y=0.3x+24.6; r2=0.01
Raapzaadschilfers/-schroot	9	Y=-0.16x+4.9; r2=0.05	Y=-3.9x+71.6; r2=0.27	8	Y=-0.16x+40.6; r2=0.02	Y=0.14x+2.8; r2=0.03	Y=0.3x+27.1; r2=0.01
Rijstbijproducten	6	Y=0.20x-0.7; r2=0.54	Y=0.2x+11.8; r2=0.03	3	-	-	-
Sojaschilfers/-schroot	14	Y=0.37x+0.4; r2=0.27	Y=-1.0x+49.5; r2=0.01	13	Y=0.28x+25.6; r2=0.03	Y=0.16x+2.6; r2=0.01	Y=-5.6x+57.6; r2=0.01
Tapioca	5	Y=0.29x-0.1; r2=0.38	Y=-2.7x+28.1; r2=0.01	5	Y=-0.38x+36.6; r2=0.14	Y=0.54x-0.2; r2=0.44	Y=3.8x+21.3; r2=0.01
Tarwe	6	Y=0.48x+0.2; r2=0.48	Y=-1.1x+58.1; r2=0.01	5	Y=0.70x+2.7; r2=0.29	Y=0.15x+2.0; r2=0.01	Y=-12.0x+67.4; r2=0.24
Tarwebijproducten	15	Y=0.28x+0.5; r2=0.20	Y=-0.41x+37.2; r2=0.01	10	Y=0.18x+21.2; r2=0.02	Y=-0.18x+4.7; r2=0.01	Y=-3.6x+44.4; r2=0.08
Zonnebloemzaad-schroot	14	Y=0.22x-0.6; r2=0.36	Y=0.3x+13.2; r2=0.02	10	Y=-0.63x+64.8; r2=0.41	Y=0.89x-0.4; r2=0.41	Y=10.2x-10.7; r2=0.65
Alle droge voedermiddelen, excl. sojahullen	187	Y=0.70x-2.6; r2=0.84	Y=0.44x+33.1; r2=0.35	154	Y=-0.48x+66.4; r2=0.35	Y=0.74x+0.6; r2=0.97	Y=0.88x+34.4; r2=0.19
Alle droge voedermiddelen excl. sojahullen en dierlijke voedermiddelen	174	Y=0.18x+1.0; r2=0.32	Y=-1.58x+45.6; r2=0.14	140	Y=-21x+48.1; r2=0.06	Y=0.53x+1.1; r2=0.30	Y=0.70x+33.2; r2=0.00
Alle droge voedermiddelen excl. sojahullen, dierlijke en fytasehoudende voedermiddelen	148	Y=0.17x+1.0; r2=0.28	Y=-1.41x+43.3; r2=0.12	118	Y=-0.30x+51.0; r2=0.13	Y=0.59x+0.5; r2=0.42	Y=0.59x+0.75; r2=0.47



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info@livestockresearch.wur.nl](mailto:info@livestockresearch.wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)