

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 723

Behoefte en vastlegging van fosfor bij vleesvarkens

Een dosis-respons studie

November



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
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2013

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
onderzoekopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This report describes a dose response study in
growing-finishing pigs into the influence of
phosphorus in the diet on growth performance
and P-retention in the body

Keywords

Growing-finishing pigs, phosphorus,
requirements, retention, response

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

P. Bikker
R.A. Dekker
J.Th.M. van Diepen
M.M. van Krimpen
A.W. Jongbloed
S. Millet (ILVO, Melle, België)

Titel

Behoefte en vastlegging van fosfor bij
vleesvarkens

Rapport 723

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een dosis-respons studie
bij vleesvarkens waarin de invloed van het P-
gehalte in het voer op de groeiprestaties en de
P-retentie in het dier zijn bepaald.

Trefwoorden

Vleesvarkens, fosfor, behoefte, retentie,
respons

Rapport 723

Behoefte en vastlegging van fosfor bij vleesvarkens

Phosphorus requirements and retention in growing finishing pigs, a dose-response study

P. Bikker

R.A. Dekker

J.Th.M. van Diepen

M.M. van Krimpen

A.W. Jongbloed

S. Millet (ILVO, Melle, België)

November 2013

**Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Beleidsondersteunend Onderzoek
in het kader van het EZ programma Mestinnovaties,
projectnummer BO-12.12-003-001**

Voorwoord

Dit onderzoek naar de fosforbehoefte en -retentie bij vleesvarkens is tot stand gekomen in opdracht van en met gezamenlijke financiering door het Ministerie van Economische Zaken, het Productschap Diervoeder (PDV) en het Productschap Vee en Vlees (PVV). De invulling en uitvoering van het onderzoek werd begeleid door een commissie met vertegenwoordigers van deze financiers. We danken de opdrachtgevers voor het gestelde vertrouwen en we zijn de leden van de commissie zeer erkentelijk voor hun constructieve inhoudelijke bijdrage.

Namens het projectteam,
Paul Bikker, projectleider

Samenvatting

Inleiding

Fosfor is een essentieel nutriënt voor varkens, voor de groei van botten en spieren en een groot aantal fysiologische processen. De huidige P-normen en de forfaitaire gehalten waarmee in de mestwetgeving wordt gewerkt zijn echter gebaseerd op onderzoek van vóór 2002, veelal met zeugen en borgen en mede daardoor gedateerd. Daarom is dit onderzoek uitgevoerd om de invloed van het verteerbaar fosforgehalte (vP) in het voer op de groeiprestaties en de retentie van fosfor in het lichaam van groeiende varkens te bepalen.

Proefopzet

Het dierexperiment is uitgevoerd op proefaccomodatie de Haar van Wageningen UR met 118 vleesvarkens, evenveel zeugen als beren, van 22 tot 125 kg levend gewicht. Na een adaptatieperiode van 7 dagen werden 6 dieren bij 25 kg geslacht om de lichaamssamenstelling te bepalen. De overige dieren werden verdeeld over 5 P-niveaus in het voer: 50, 70, 90, 110 en 130% van de vP-behoefte volgens CVB (2010) in startvoer (25-50 kg), groeivoer (50-80 kg) en eindvoer (80-125 kg) en drie slachtmomenten: 50, 80 en 125 kg lichaamsgewicht. In totaal waren er dus 15 proefbehandelingen. In de start-, groei- en eindvoerders nam het berekend vP-gehalte in gelijke stappen toe volgens de beoogde behandelingen door gebruik van monocalciumfosfaat, bij een vast Ca/vP-verhouding van 3,0 en een minimum Ca-gehalte van 5 g/kg voer. Er werd geen fytase toegevoegd en het intrinsiek fytase in granen was minder dan 50 FTU/kg door verhitting van deze grondstoffen. De dieren waren individueel gehuisvest in hokken met gedeeltelijk roostervloer en gevoerd volgens een voerschema van 2,4 keer de onderhoudsbehoefte gebaseerd op het individueel diergewicht.

Waarnemingen

Het lichaamsgewicht en de voeropname werden wekelijks bepaald. Bij alle dieren die werden geslacht bij een gewicht van 125 kg werd gedurende driemaal drie dagen mest verzameld bij een gemiddeld gewicht van 35-40 kg, 65-70 kg en 100-105 kg. Bij deze dieren werd tevens in samenwerking met de Gezondheidsdienst voor Dieren driemaal een bloedmonster afgenomen bij circa 60, 90 en 110 kg voor het bepalen van serum biomarkers voor botmetabolisme. De varkens werden geslacht bij een eindgewicht van 50, 80 of 125 kg, waarbij bloed, organen en karkas per dieren werden opgevangen en ingevroren, nadat het maagdarmkanaal was leeggespoeld. De darminhoud van dieren geslacht bij 25 (nuldieren) en 125 kg werd verzameld om hierin het P-gehalte te bepalen. Het complete leeg lichaam werd in samenwerking met ILVO (België) gemalen, geautoclaveerd, gedroogd en geanalyseerd op eiwit, vet, as, Ca en P. Van elk dier werd eveneens de metacarpus III en IV van beide voorpoten verwijderd en van de linkerpoot werd de metacarpus IV uitgeprepareerd en geanalyseerd op as, Ca en P in de vetvrije drogestof. De analyse van nutriënten in voer, mest, serum en lichaamswefsels werden geanalyseerd volgens standaard procedures. De resultaten werden statistisch geanalyseerd voor de drie periode 25-50, 50-80 en 80-125 kg en de drie eindgewichten met behulp van variantie- en regressieanalyse in Genstat software.

Vertering

De P-verteerbaarheid van het basisvoer bij het 50% P-niveau was met name voor startvoer lager dan vooraf berekend. De gemiddelde verteerbaarheid van toegevoegd monocalciumfosfaat kwam goed overeen met de tabelwaarde van 0,83. Daarom hebben we de berekening van de vP-behoefte als buigpunt van de respons relaties gebaseerd op het bepaalde vP in basisvoer plus 0,83 maal het toegevoegd P. De gerealiseerde P-verteerbaarheid nam zoals verwacht af bij een toenemend vP-gehalte omdat een varken de absorptie vanuit het maagdarmkanaal afstemt op de behoefte. De verteerbaarheid daalde reeds vanaf een P-niveau van circa 90% van de vooraf berekende behoefte, terwijl de asretentie en de botmineralisatie bij een hoger P-niveau nog verder toenamen. Dit betekent dat bij een factoriele berekening van de P-behoefte op basis van de gewenste retentie rekening gehouden moet worden met een lagere vertering of benutting om de behoefte niet te onderschatten.

Groeiprestaties

Over de gehele periode van 25-125 kg waren de groei en voederconversie van de beren 945 g/d en 2,37 en van de zeugen 876 g/d en 2,57. De toename in vP-gehalte in het voer resulteerde in elk van de drie perioden voor beide seksen in een kromlijngige (kwadratische) verbetering van de groei en de voederconversie. Er waren geen interacties tussen sekse en vP-niveau en geen significante verschillen in de vP-behoefte bepaald met een lineair-plateau model, tussen de seksen. De berekende vP voor maximale groeiprestaties was circa 1,8 g vP/kg voor de drie gewichtstrajecten.

Retentie van as, Ca en P

De verschillen in eiwit- en vetaanzet tussen beren en zeugen namen toe bij een lichaamsgewicht vanaf 50 kg. Gemiddeld van 25-125 kg waren de eiwit- en vetaanzet van beren 155 en 210 g/d en van zeugen 138 en 241 g/d. De eiwitaanzet nam toe bij een hoger P-gehalte in het voer. Verhoging van het P-niveau resulteerde in lineaire toename in de retentie en het gehalte aan as, Ca en P in elk van de drie gewichtstrajecten. We vonden dus geen plateau of maximale aanzet in het lichaam zoals veelal wordt verondersteld in de factoriële afleiding van de behoefte en konden derhalve ook geen buigpunt in de respons berekenen. Dit betekent dat een nader te definiëren gewenste aanzet bij de berekening van de behoefte als uitgangspunt moet worden gebruikt. Er was een interactie tussen vP-niveau en asretentie en -gehalte, met name bij de dieren van 125 kg. Bij een laag P-niveau was de as- en P-retentie en het -gehalte hoger bij zeugen, bij een hoog P-niveau was het gehalte gelijk en of de retentie hoger bij beren. Het hogere gehalte bij zeugen bij een laag P-niveau is waarschijnlijk mede gevolg van de hogere voederconversie van zeugen waardoor meer voer en dus ook meer Ca en vP beschikbaar is per kg lichaamsgroei. Dit betekent dat het vP en Ca-gehalte in het voer van beren evenredig hoger moet zijn om per kg groei dezelfde hoeveelheid mineralen te vertrekken als aan zeugen. Bij een hoog P-niveau waren er geen wezenlijke verschillen in as-, en P-gehalte tussen beren en zeugen. Het P-gehalte in het volle lichaam, inclusief darmvulling, bedroeg 5,2 tot 5,6 g/kg bij een P-niveau van 110 tot 130%. Dit komt goed overeen met de forfaitaire waarden van 5,37 g/kg. De resultaten geven geen aanleiding tot het hanteren van verschillende forfaitaire gehalten voor zeugen en beren en geven geen aanleiding tot het verhogen van de huidige forfaitaire P-gehalten vanwege het houden van beren voor vleesproductie. De huidige proef laat wel zien dat het werkelijke gehalte beïnvloed wordt door het verstrekte vP-gehalte in het voer.

Metacarpus

Het as, Ca en P-gehalte in de vetvrije droge stof van de metacarpus, vaak gebruikt als maat voor botmineralisatie, nam kromlijinig toe met het P-niveau in voer. Het droog gewicht en het gewicht (massa) van as, Ca en P in de metacarpus stegen echter lineair bij een hoger P-niveau in het voer; alleen bij 125 kg lichaamsgewicht was er een kromlijnige afbuiging. Het buigpunt in de relatie tussen vP in het voer verstrekt vanaf opleggen (start proef) en as-, Ca- en P-gehalte in de metacarpus was bij 50 circa 2,6 g/kg, bij 80 kg circa 2,3 g/kg en bij 125 kg circa 2,2 g/kg voer. Alleen bij 125 kg waren er aanwijzingen dat het vP-gehalte voor maximale botmineralisatie hoger is voor beren dan voor zeugen. Het gewicht van de metacarpus was hoger bij beren dan bij zeugen.

Biomarkers in bloed

Het osteocalcinegehalte in bloed, in de literatuur aangeduid als biomarker voor botopbouw, nam toe bij een hoger vP-niveau in het voer. CTx, marker voor botafbraak, werd niet wezenlijk door het P-niveau beïnvloed. Verdere analyse van de gegevens en vergelijking met literatuur is gewenst om na te gaan of deze biomarkers geschikt zijn voor praktische toepassing.

Conclusie

Samenvattend kunnen de resultaten en inzichten uit deze studie worden gebruikt voor actualisatie van de adviesnormen voor vleesvarkens, voor de ontwikkeling van nutriënt-responsemodellen en voor actualisatie van het forfaitaire P-gehalte in vleesvarkens.

Summary

Introduction

Phosphorous (P) is an essential nutrient in the diet of growing pigs for growth of the skeleton, muscles and other tissues and a number of physiological processes. Present recommendations for digestible P in pig diets and whole body P contents used to calculate P-excretion are based on studies conducted prior to 2002 and generally in gilts and castrates, rather than entire male pigs. Therefore this study was conducted to determine the influence of digestible P (dP) content in the diet on growth performance and P retention in the body of growing pigs.

Experimental design

The experiment is conducted in research facility “De Haar” of Wageningen UR with 118 growing pigs, equal numbers of gilts and boars, from 22 to 125 kg body weight. After a 7-d adaptation period, 6 animals were slaughtered to determine initial body composition. The other pigs were allocated to 5 dietary P-levels representing 50, 70, 90, 110, and 130% of the CVB (2010) recommendations for dP in grower (25-50 kg BW), early finisher (50-80 kg BW) and late finisher (80-125 kg BW) pig diets and killed at 50, 80 or 125 kg body weight (BW). In the grower, early and late finisher diets P was supplemented as monocalcium phosphate (MCP) with a constant ratio of Ca/dP of 3.0 and a minimum Ca-content of 5 g/kg diet. No phytase was supplemented to the diets and intrinsic phytase was below 50 FTU/g by preheating of the cereal fraction of the diets. The pigs were individually housed in pens with partly slatted floor and fed according to a scheme of 2.4 times energy for maintenance, based on individual body weight.

Observations

Body weight and feed intake and refusals were determined weekly. All pigs killed at 125 kg BW were used to collect faecal samples during 3 successive days at a mean BW of 35-40 kg, 65-70 kg and 100-105 kg BW. Blood samples of these pigs were collected at 60, 90 and 110 kg BW to determine serum biomarkers for bone metabolism in cooperation with the Veterinary Health Service. The pigs were killed at 50, 80 or 125 kg BW. Carcass, blood, and organs were collected, the gastrointestinal tract was emptied and the complete empty body was stored at -20°C. Gut contents of pigs killed at 25 and 125 kg were collected and analysed for P content. The complete empty body was ground, subsampled, autoclaved, freeze dried and analysed for crude protein, fat, ash, Ca and P. From each animal the lower part of the front legs was removed and metacarpus III and IV were excised. The metacarpus IV of the left front leg was used to determine ash, Ca and P in fat-free dry matter. Nutrient contents in feed, faeces, and body tissues were analysed according to standard procedures. The results for body composition were statistically analysed for 50, 80 and 125 kg BW and for nutrient retention in three periods, 25-50, 50-80 and 80-125 kg BW using Genstat Statistical Software.

Digestibility

The P digestibility of the basal diet at the 50% P-level was lower than previously calculated. The average digestibility of added MCP agreed well with the table value of 0.83. Therefore, we based the calculation of the dP-requirement as inflection point of the response relationships on the analysed dP in the basal diet plus 0.83 times the added P from MCP. The realised P-digestibility decreased with increasing dP-content because P absorption from the gastrointestinal tract is affected by the requirements of the pig. The digestibility decreased from a P-level of about 90% of the calculated requirement, while the ash retention and the bone mineralisation higher P-levels continued to increase. This implies that in a factorial calculation of P-requirements on the basis of the desired P-retention a gradual decrease in P-digestion should be taken into account to avoid underestimation of the requirements.

Growth performance

From 25 to 125 kg BW, daily gain and FCR were 945 g/d and 2.37 for boars and 876 and 2.57 for gilts. An increase in dP-content in the diet quadratically improved daily gain and FCR in both genders in each of the three periods, without interactions between dP-content and gender. Gender did not influence the dP-content required for maximum growth performance, which was estimated at approximately 1.8 g dP/kg in each of the three BW ranges.

Retention of ash, Ca and P

The mean protein and lipid deposition were 155 and 201 g/d in boars and 138 and 241 g/d in gilts. These differences between the genders increased with increasing BW. The protein deposition increased with increasing dietary P-content. The increase in dietary P-content linearly increased the retention and body content of ash, Ca and P in each of the three BW ranges. We did not find a plateau or maximum retention in the body as often assumed in the factorial calculation of requirements. Hence we could not determine an inflection point in the response curve. This implies that for calculation of the P-requirement, the optimal retention need to be further defined.

We observed an interaction between dP-content and retention and content of ash, especially in animals killed at 125 kg BW. At a low P-level, retention and content of ash and P were higher in gilts, whereas at a high P-content these characteristics were higher in boars or not different between the sexes. The higher P-content in gilts presumably can be partly explained by their higher FCR which means that more Ca and dP were available per kg body gain. Because of their lower FCR, boars need to receive diets with a concomitantly higher mineral content to supply the same amount of mineral per kg of body gain as in gilts.

At a high P-level, there were no significant differences in ash and P content between boars and gilts. The P content per kg live weight, including gut fill, was 5.2 to 5.6 g/kg at a P-level of 110-130% of CVB (2010) standards. This is in good agreement with the presently used value of 5.37 g/kg to calculate on farm P-excretion. These results do not support the need to use different values for P-content in gilts and boars and do not suggest a need to increase the standard value for whole body P-content when raising boars. Nonetheless, the results clearly show that the actual body P-content is affected by dietary P-level.

Metacarpus

The weight of the metacarpus was higher in boars than in gilts. The content of ash, Ca and P in the fat-free dry matter of the metacarpus, often used as measure for bone mineralisation, quadratically increased with dietary P-level. The dry weight and total amount of ash, Ca and P linearly increased with increasing P-level. Only in pigs killed at 125 kg, the response was curvilinear. The inflection point in the relationship between mean dP in feed supplied from 25 kg to slaughter and the ash, Ca and P content in the metacarpus was approximately 2.6 g/kg at 50 kg BW, 2.3 g/kg at 80 kg BW and 2.2 g/kg at 125 kg BW. Only at a BW of 125 kg, the data suggested that the dP-content for maximum bone mineralisation was higher in boars than in gilts.

Biomarkers in blood

Serum osteocalcin, secreted by osteoblasts, and in literature referred to as a biomarker of bone mineralisation, increased with increasing P-level. CTx, regarded as marker for bone degradation, was not affected by dietary P-level. Further analysis of these results and comparison with data from literature are required to establish whether these markers are suited for practical application in growing pigs.

Conclusion

The results of this study can be used to update recommendations for the P in pig diets, the development of response models and validation of the standard whole body P-content in pigs.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	P-gehalte in het dier	1
1.3	P-gehalte in het voer	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Proefdieren.....	2
2.2	Proefopzet en -behandelingen.....	2
2.3	Proefvoerders en voeding	2
2.3.1	Voersamenstelling	2
2.3.2	Voermanagement	3
2.4	Huisvesting.....	3
2.5	Management	4
2.6	Waarnemingen.....	4
2.6.1	Voeropname en groei	4
2.6.2	Vertering	4
2.6.3	Lichaamssamenstelling	4
2.7	Chemische analyses	5
2.7.1	Voer en mest.....	5
2.7.2	Diermateriaal.....	5
2.8	Dataverwerking en statistische analyse	6
3	Resultaten.....	7
3.1	Voersamenstelling.....	7
3.2	Algemeen proefverloop.....	7
3.3	Gewicht en groeiprestaties	8
3.4	Lichaamssamenstelling.....	9
3.4.1	Nuldieren.....	9
3.4.2	Eiwit en vetgehalte.....	9
3.4.3	Calcium en fosfor	10
3.4.4	Samenstelling inclusief maagdarmvulling.....	10
3.5	Lichaamsaanzet.....	11
3.5.1	Eiwit- en vetaanzet.....	11
3.5.2	Calcium- en fosforretentie.....	11
3.6	Botsamenstelling metacarpus	12
3.7	Vertering van nutriënten.....	14
3.7.1	Mineralen	14
3.7.2	Energiewaarde.....	14
3.8	Benutting van bruto en verteerbaar fosfor	15
3.9	Fosforbehoefte	15
3.10	Biomarkers in bloed	16

4	Discussie	17
4.1	Proefverloop en diergezondheid	17
4.2	Voersamenstelling en vertering van fosfor.....	17
4.3	Benutting van fosfor	19
4.3.1	Bruto fosfor	19
4.3.2	Verteerbaar fosfor	19
4.3.3	Berekend verteerbaar fosfor	19
4.4	Groeiprestaties.....	20
4.5	Lichaamssamenstelling en mineralenretentie	21
4.5.1	Eiwit- en vetaanzet.....	21
4.5.2	As en mineralenretentie	21
4.5.3	Forfaitaire gehalten	22
4.6	Mineralenretentie in de Metacarpus.....	23
4.7	Biomarkers in bloed	24
5	Conclusies	25
	Literatuur	27
	Bijlagen.....	28
	Bijlage 1. proefvoerders	28
	Bijlage 2. voerschema.....	29
	Bijlage 3. groeiprestaties.....	30
	Bijlage 4a. lichaamssamenstelling macronutriënten.....	31
	Bijlage 4b. lichaamssamenstelling mineralen	32
	Bijlage 5a. retentie van macronutriënten en mineralen in het lichaam	33
	Bijlage 5b. retentie van macronutriënten en mineralen in het lichaam	34
	Bijlage 6. Metacarpus III en IV botsamenstelling.....	35
	Bijlage 7. Mineralenvertering	37
	Bijlage 8. Mineralenbenutting	38
	Bijlage 9. Bloedkenmerken	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In verband met EU regelgeving moet de fosfaatuitstoot van de Nederlandse veehouderij aanzienlijk worden verlaagd. Om te voorkomen dat hiervoor de omvang van de veestapel moet worden gereduceerd is het noodzakelijk de fosfaatexcretie per dier te verminderen. Hiervoor hebben betrokken partijen (LTO en Nevedi) een convenant afgesloten waarbij verbeteren van de fosfaatbenutting per bedrijf middels een efficiëntiegetal een centrale rol speelt. De benutting per dier kan worden berekend uit de opname via het voer en de vastlegging (retentie) in het dier. Het P-gehalte in het voer en het P-gehalte in het dier spelen hierbij dus een cruciale rol.

1.2 P-gehalte in het dier

In de praktijk wordt gewerkt met een forfaitair gehalte aan P per (kg) vleesvarken. Dit getal is gebaseerd op inmiddels gedateerde gegevens van vóór 2002. Door veranderingen in groeicapaciteit, vleespercentage (lichaamssamenstelling) en voersamenstelling kunnen veranderingen zijn opgetreden (Jongbloed en Kemme, 2002; Jongbloed et al., 2003). Bovendien vindt momenteel een sterke toename plaats van de productie van beren in plaats van borgen. Van beren zijn echter heel weinig relevante gegevens beschikbaar. Het is dus noodzakelijk de vastlegging van fosfor bij de huidige varkens, in het bijzonder bij beren, te bepalen.

1.3 P-gehalte in het voer

Om de fosforexcretie te verlagen dient de aanvoer van bruto P in het voer te verminderen door voeders te formuleren met een hoge P-verteerbaarheid en de dieren zo nauwkeurig mogelijk volgens hun P-behoefte te voeren. Dit vereist dat de P-behoefte van de dieren en de relatie tussen de opname en vastlegging van fosfor nauwkeurig bekend is. Hiermee kan worden voorkomen dat de dieren enerzijds onnodig royaal worden gevoerd, anderzijds dat de dieren een tekort aan fosfor krijgen, waardoor de productie of de gezondheid (beengebreeken) nadelig beïnvloed worden. De huidige fosfornormen voor vleesvarkens zijn gebaseerd op een factoriële berekening en worden afgeleid uit de behoefte voor onderhoud en de retentie van fosfor per kg lichaamsgewicht. Deze methode is beschreven door Jongbloed et al. (2003) maar de beschikbare proeven met vleesvarkens waren vóór 2002 uitgevoerd. Bij deze benadering wordt een aanname gedaan voor de benodigde botmineralisatie. Bij vleesvarkens is maximale botmineralisatie niet strikt noodzakelijk, maar het is onduidelijk hoeveel minder verantwoord is en welk P-gehalte in het voer daarbij hoort (Jongbloed et al., 2003). We kunnen hierover ook geen onderbouwd advies geven omdat er weinig bekend is over de relatie tussen het fosforgehalte in het voer, de benutting van fosfor, de botmineralisatie, de fosforretentie en het fosforgehalte in het dier.

Dit projectvoorstel is erop gericht om 1) een actualisatie te geven van de (forfaitaire) P-retentie in vleesvarkens en 2) de relatie tussen P-opname en -retentie te bepalen om op basis hiervan nieuwe behoeftenormen voor fosfor bij vleesvarkens te kunnen geven.

Proefdoelen

- Bepalen van de invloed van de fosforvoorziening van opleggen tot slachten op de dagelijkse retentie van fosfor en het fosforgehalte in het vleesvarken bij slachten.
- Bepalen van de invloed van de fosforvoorziening via het voer op de karkasaanzet en botmineralisatie tijdens het groeitraject.
- Bepalen van de invloed van de fosforvoorziening via het voer op de groeiprestaties van vleesvarkens.
- Bepalen van de invloed van sekse (zeug, beer) op bovengenoemde kenmerken en relaties.

2 Materiaal en methode

Het protocol van deze proef is goedgekeurd door de DEC van Wageningen UR Livestock Research (DRS proefnummer 2011086, aanmeldcode 2011066).

2.1 Proefdieren

Dit onderzoek is uitgevoerd met 118 vleesvarkens, 59 zeugen en 59 beren, tussen 20 en 125 kg levend gewicht. De varkens waren nakomelingen van een Tempo x Topigs 20 kruising met hoge gezondheidsstatus, afkomstig van varkensvermeerderingsbedrijf Weersink in Geesteren. Voor aanvang van de proef werd een uniforme groep van 120 dieren, inclusief 2 reservedieren, van gelijke leeftijd en met een gewicht van 22-23 kg uitgezocht en naar proefbedrijf de Haar in Wageningen getransporteerd. De dieren werden voorzien van een plastic label in het oor met een unieke oplopende nummering.

2.2 Proefopzet en -behandelingen

In deze factorieel opgezette proef werd de invloed van het P-gehalte in het voer bepaald met behulp van vijf P-niveaus, oplopend van 50 tot 130% van de berekende behoefte (CVB, 2010) in drie gewichtstrajecten van 25-50 kg, 50-80 kg en 80-125 kg levend gewicht met dieren van twee seksen. De dieren werden geslacht bij een gewicht van respectievelijk 50, 80 en 125 kg en kregen gedurende de gehele proefperiode hetzelfde P-niveau als percentage van de berekende behoefte. Daarnaast werd een groep van 3 zeugen en 3 beren geslacht als referentie (nuldieren) om de lichaamssamenstelling bij start van de proef, dus na de gewenningsperiode, te bepalen.

Na een gewenningsperiode van 7 dagen werden de dieren in blokken ingedeeld op basis van sekse en gewicht en vervolgens at random over de behandelingen verdeeld. De behandelingen en het aantal dieren per behandeling is weergegeven in tabel 1. Er waren steeds 4 zeugen en 4 beren per behandeling, behalve in de behandelingen met een P-niveau van 70 en 110% en een eindgewicht van 50 en 80 kg vanwege het maximum aantal van 112 individuele dierplaatsen in de proeffaciliteit.

Tabel 1. Proefschema, behandelingen en aantal dieren per behandeling

P-niveau % van behoefte ¹⁾	25-50 kg			25-80 kg			25-125 kg		
	beh.	zeugen	beren	beh.	zeugen	beren	beh.	zeugen	beren
50	1	4	4	6	4	4	11	4	4
70	2	3	3	7	3	3	12	4	4
90	3	4	4	8	4	4	13	4	4
110	4	3	3	9	3	3	14	4	4
130	5	4	4	10	4	4	15	4	4
Aantal dieren		18	18		18	18		20	20

¹⁾ P als percentage van de berekende behoefte in de trajecten 25-50, 50-80 en 80-125 kg op basis CVB (2010).

2.3 Proefvoerders en voeding

2.3.1 Voersamenstelling

De complete samenstelling van de proefvoerders is weergegeven in bijlage 1. Er waren driemaal vijf proefvoerders voor de perioden 25-50 kg (startvoer), 50-80 kg (groeivoer) en 80-125 kg (eindvoer). Alle voeders hadden een berekend energiegehalte van 1,10 EW en een aminozuregehalte 5% boven de norm (CVB, 2010) om te voorkomen dat het aminozuregehalte de groeiprestaties zou beperken. De voeders waren zoveel mogelijk gelijk in samenstelling om een ongewenste invloed van grondstoffen of andere nutriënten dan fosfor zoveel mogelijk te beperken. De verlaging van het aminozuregehalte in groeivoer en eindvoer werd voornamelijk gerealiseerd door een uitwisseling van sojaschroot en zuivere aminozuren tegen graan en sojahuilen.

Als uitgangspunt voor het oplopend vP-gehalte werd een vP-behoefte berekend van respectievelijk 2,4 g/EW voor 25-50 kg, 2,1 g/EW van 50-80 kg en 1,9 g/EW van 80-125 kg. Per gewichtstraject werd een basisvoer geformuleerd met een vP-gehalte van 50% van deze berekende behoefte. De gewenste oplopende vP-gehalten werden gerealiseerd door toevoeging van monocalciumfosfaat aan

de basisvoerders. Er werd geen gebruik gemaakt van fytase omdat de precieze bijdrage van een (oplopende) dosering aan het vP-gehalte moeilijk is te voorspellen. Om een onbekende invloed van intrinsiek fytase te minimaliseren werd een mengsel van tarwe, gerst en sojaolie na voorverdichting in een BOA compactor gepelleteerd (4 mm matrijs, 65-69°C, 2500 kg/uur), gemalen en opgeslagen om als grondstof in de proefvoerders te gebruiken.

Voor de benutting van fosfor, met name de retentie in botweefsel is voldoende calcium nodig. Een te hoog Ca-gehalte en Ca/P-verhouding in het voer hebben echter een negatieve invloed op de absorptie van P vanuit het maagdarmkanaal. Daarom is in de proefvoerders een ondergrens van 5 g Ca/kg voer en een Ca/vP-verhouding van 3,0 gehanteerd. Bij dit niveau mag worden aangenomen dat Ca niet limiterend is voor de benutting en retentie van P (Jongbloed et al., 2003). Om deze verhouding te kunnen behouden, werd bij een stijgende hoeveelheid P (in de vorm van MCP) ook extra Ca toegevoegd (in de vorm van MCP en CaCO_3). Om het energiegelhalte constant te houden werd maïszetmeel vervangen door soja- en palmolie bij een stijgende mineralentoevoeging.

De proefvoerders werden geproduceerd in de proefvoerfabriek van coöperatie ABZ Diervoeding te Leusden vanuit een vooraf gereserveerde en geanalyseerde partij grondstoffen waarmee alle 15 proefvoerders werden geproduceerd. Voor elk van de drie voersoorten werd steeds eerst een basismengsel gemaakt en opgeslagen, waarna aan deze basis de gewenste hoeveelheid calcium en fosfor werd toegevoegd. De voeders werden gepelleteerd met stoom bij een pelletediameter van 4 mm. Gedurende de proefvoerproductie werd van elke partij een representatief monster genomen door na de koeler continu een klein gedeelte van het gepelleteerde voer te verzamelen.

2.3.2 Voermanagement

De varkens werden individueel gevoerd volgens een hoog voerschema van 2,4 x de energiebehoefte voor onderhoud, waarbij onderhoud werd berekend per kg levend gewicht als $0,728 \text{ MJ NE/kg}^{0.6}$ (Noblet et al., 1999; Van Milgen et al., 2008). De voergift nam hierbij toe van 1,25 kg bij 25 kg tot 3,2 kg bij 120 kg levend gewicht (bijlage 2). De voergift werd per dag afgewogen en in twee ongeveer gelijke porties verstrekt om 8.00 uur en 16.00 uur. De dagelijkse voergift werd wekelijks op maandag berekend op basis van het individueel diergewicht en de verwachte groei gebaseerd op de groei in de achterliggende proefweek. Op basis hiervan werd tevens per individueel dier het gewenste moment van overgang naar groeivoer en eindvoer bepaald, zo dicht mogelijk bij een gewicht van 50 (minimaal 48 kg) respectievelijk 80 kg (minimaal 78 kg). De voerovergangen vonden plaats aan het begin van een nieuwe proefweek, waarbij abrupt naar de volgende voersoort werd overgeschakeld. Het gepelleteerde voer werd droog verstrekt in een trog. Eventuele voerresten werden dagelijks verwijderd, gewogen en per dier bewaard. Gedurende de proefweek werden deze voerresten zo veel mogelijk opnieuw verstrekt naast de dagelijkse voergift. Aan het eind van elke proefweek werden nog niet opgenomen voerresten gewogen en weggedaan. In de daarop volgende proefweek vond zo mogelijk compensatie voor deze voerresten plaats door een gelijke hoeveelheid extra vers voer te verstrekken. De gerealiseerde voeropname werd gemiddeld per week berekend uit de voergift en de voerrest voor zover deze niet alsnog door de dieren was opgenomen. Water was onbeperkt beschikbaar via drinknippels.

2.4 Huisvesting

De dieren werden gedurende de gehele proefperiode in één stalafdeling gehuisvest in individuele hokken met betonnen vloer en hokafscheiding van houten wanden en metalen buizen. De dieren die werden geslacht bij een gewicht van 80 of 125 kg waren gehuisvest in een deel van de stal met hokken met een oppervlakte van $2,9 \text{ m}^2$ ($1,1 \times 2,7 \text{ m}$) met 1/3 deel roostervloer. De dieren die werden geslacht bij 50 kg waren gehuisvest in een ander deel van dezelfde afdeling met hokken van ongeveer de halve grootte. Binnen deze twee delen werden de dieren random verdeeld over de hokken. Aan de voorkant van elk hok was een afsluitbare voerbak. Aan de achterzijde van elk hok was een drinknippel aanwezig.

De stal werd verwarmd tot een temperatuur van 24°C bij aankomst van de dieren. Deze werd geleidelijk afgebouwd tot 20°C bij 50 kg. De stal werd verlicht van 6.00 tot 18.00 uur; 's nachts was er alleen noodverlichting.

2.5 Management

De dieren werden tweemaal daags gecontroleerd en bijzonderheden werden genoteerd op een stallijst en in een logboek. Mest werd dagelijks verwijderd uit de ligruimte en deze werd beperkt ingestrooid met zaagsel. Bij gezondheidsstoornissen werd de lichaamstemperatuur van de betreffende dieren tweemaal daags geregistreerd en met de dierenarts overlegd over benodigde medicatie.

2.6 Waarnemingen

2.6.1 Voeropname en groei

De dieren werden wekelijks op maandagmorgen voor de voerbeurt gewogen. Op basis van het gewicht van de dieren en opgenomen hoeveelheid voeder werd per periode de gerealiseerde groei, voeropname en voederconversie berekend.

2.6.2 Vertering

De verteerbaarheid van Ca en P in de proefvoerders werd bepaald in de drie gewichtstrajecten om de gerealiseerde vP-opname te kunnen vaststellen. Hiervoor werd driemaal mest verzameld van alle 40 zeugen en beren die op 125 kg werden geslacht, bij circa 35-40, 65-70 en 100-105 kg. In elke periode werd mest tweemaal daags rectaal verzameld via grab sampling gedurende drie achtereenvolgende dagen, 's morgens na het voeren (ca. 10.00 uur) en 's middags voor het voeren (ca. 15.00 uur) en bewaard in een afgesloten plastic emmer van circa 1 L. De emmertjes werden tussentijds koel opgeslagen en na afloop van de verzamelperiode ingevroren. Na afloop van de proef werd in gedroogde mest het gehalte aan drogestof, chroom als indicator, calcium en fosfor bepaald. In mestmonsters van de beren van de behandeling met een P-niveau van 90% werd in verse mestmonsters het stikstofgehalte bepaald en na drogen het vetgehalte. Hiermee werd de energiewaarde berekend.

2.6.3 Lichaamssamenstelling

2.6.3.1 Sectie

Bij aanvang van de proef werden de 6 nuldieren gewogen en geslacht. Tijdens de proef vond eenmaal per week sectie plaats bij de dieren die het gewenste eindgewicht van 50, 80 of 125 kg hadden bereikt. Het gewenste slachtmoment werd per individueel dier gebaseerd op het wekelijks bepaalde gewicht en de verwachte groei, waarbij een minimaal eindgewicht van 48, 78 en 123 kg werd gehanteerd. Op de dag van slachten kregen de betreffende dieren geen voer. De dieren werden 's morgens voorafgaand aan het slachten om ca. 07.00 uur gewogen en aansluitend naar de nabijgelegen sectieruimte getransporteerd. Daar werden de dieren verdoofd met behulp van elektrocutie, opgehangen en gedood door verbloeding. Alle bloed werd opgevangen, waarna de dieren werden geopend en alle ingewanden werden verwijderd en opgevangen in gelabelde plastic emmers. Bloed, maagdarmkanaal en overige organen werden gewogen, waarna het maagdarmkanaal werd geleegd, gespoeld en opnieuw gewogen. Bloed en lege organen werden gezamenlijk in een plastic zak verzameld en opgeslagen. Van elk karkas werd het onderste gedeelte van de linker- en rechtersporpoot tussen de carpus (polsgewricht) en de phalanges (kootjes) losgesneden en globaal van huid en spierweefsel ontdaan. De op deze wijze vrij geprepareerde metacarpus I-IV (middenhandsbeentjes) met omliggend weefsel werden afzonderlijk gewogen en in twee plastic zakjes opgeslagen. Het resterend karkas werd in stukken van circa 20 kg verdeeld, gewogen en in plastic zakken verpakt. Alle onderdelen werden ingevroren bij -20°C.

Bij de dieren met een slachtgewicht van 25 kg (nuldieren) en van 125 kg werd de inhoud van het maagdarmkanaal opgevangen, gewogen en een representatief deel van 20% per behandeling (P-niveau en sekse) in een verzamelemmer bewaard. Aan het eind van de proef werd deze darminhoud gedroogd en geanalyseerd op fosfor en stikstof om hiermee de aan- en afvoer aan mineralen (P, N) in het maagdarmkanaal van een levend dier te kunnen bepalen.

2.6.3.2 Homogenisatie

Na afloop van de proef werden de karkas- en orgaanfracties met een vriertransport naar ILVO in Melle vervoerd. Daar werden per dier de orgaan- en karkasfractie (zonder metacarpus) in bevroren toestand gezamenlijk gemalen in een crusher. Het gemalen karkas werd handmatig gehomogeniseerd waarna een representatief deel van circa 9 kg in een afgesloten emmer van 15,6 L werd opgeslagen bij -20°C. Deze fractie werd overnacht, gedurende 6 uur geautoclaveerd bij 121°C en circa 1,2 bar (SMI AVX5091). Het geautoclaveerde mengsel werd gehomogeniseerd met een staafmixer (Robot-Coupe MP450) waarna een representatief deel van circa 1,5 kg werd gevriesdroogd. Dit gevriesdroogde materiaal werd geblend (Kenwood Major 707) voor verdere analyse.

2.6.3.3 Metacarpus

De onderpootjes met metacarpus I-IV werden na afloop van de proef ontdooid en overnacht in een waterbad van 75°C geweekt. Hierna werden de metacarpus III en IV vrijgemaakt van omliggend weefsel waarna de epifyse (kop) en het kraakbeen werden verwijderd bij de groeischijf waarna de diafyse van beide botjes, het lange rechte gedeelte, werd gebruikt voor verdere analyse. De schone metacarpus III en IV werden vervolgens gewogen, overnacht gedurende 16 uur bij 75°C gedroogd, waarna eventueel resterend weefsel werd verwijderd. Na 10 minuten acclimatiseren werden de botjes gewogen en opgeslagen voor verdere analyse.

2.7 Chemische analyses

2.7.1 Voer en mest

Voermonsters werden gemalen over een 1 mm zeef en geanalyseerd op vocht (droge stof), anorganische stof, calcium, fosfor en chroom. Voeders met het P-niveau van 90% werden tevens geanalyseerd op stikstof (ruw eiwit), vet, zetmeel en suiker. Droge stof werd bepaald door het drogen bij 103°C tot een constant gewicht (ISO, 6496). Ruw eiwit werd berekend als $N \times 6,25$ na analyse van N met de Kjeldahl methode met CuSO_4 als katalysator (ISO 5983). Ether extract (ruw vet) werd gravimetrisch bepaald na hydrolyse met HCl en extractie met petroleum (kookpunt 40-60°C) (ISO, 6492). Ruwe as werd bepaald door verassing bij 550°C tot een constant gewicht (ISO, 5984). Zetmeel werd enzymatisch bepaald volgens ISO 15914. De monsters werden eerst geëxtraheerd met 40% ethanol om suikers te verwijderen, gevolgd door hydrolyse met DMSO bij 100°C en geconcentreerd HCl bij 60°C. De oplossing werd kwantitatief omgezet in glucose door amyloglucosidase en spectrometrisch bepaald bij 340 nm met de hexokinase methode. Ca en P werden bepaald na verassing bij 550°C, oplossen van het residu in HCl en analyse met spectrofotometrie (ISO 6491) voor P en atoomabsorptie spectrometrie (AAS) (ISO, 6869) voor Ca. Mestmonsters werden na droging bij 70°C op vergelijkbare wijze gemalen en geanalyseerd op vocht, anorganische stof, calcium, fosfor en chroom, en bij het P-niveau van 90% tevens op stikstof (ruw eiwit) en vet. Stikstof werd hierbij bepaald in verse mest.

2.7.2 Diermateriaal

De gevriesdroogde en gemalen karkasmonsters (zie boven) werden geanalyseerd op vocht (droge stof), stikstof (ruw eiwit), vet, anorganische stof, calcium en fosfor. Droge stof werd bepaald door het drogen bij 103°C tot een constant gewicht (ISO, 6496). Ruw eiwit werd berekend als $N \times 6,25$ na analyse van N met de Kjeldahl methode met K_2SO_4 en CuSO_4 als katalysator (ISO 5983-2). Ether extract (ruw vet) werd gravimetrisch bepaald na hydrolyse met HCl en extractie met petroleum (kookpunt 40-60°C) (ISO, 6492). Het residu werd gedurende vier uur gedroogd bij 103°C en aansluitend verast bij 825°C gedurende vier uur. Na oplossen van het residu in HCl werden Ca en P geanalyseerd met ICP-AES.

Voor het bepalen van de metacarpus samenstelling werd de metacarpus IV gebroken, waarna het vet werd geëxtraheerd met petroleum (kookpunt 40-60°C) (ISO, 6492). Ruwe as werd bepaald door verassing bij 825°C tot een constant gewicht bij gedurende vier uur. Na oplossen van het residu in HCl werden Ca en P geanalyseerd met ICP-AES (NEN-EN 15510:2007).

2.8 Dataverwerking en statistische analyse

De meeste kenmerken zijn direct aan individuele dieren bepaald. Voor het berekenen van de retentie van eiwit, vet, as, calcium en fosfor in het traject van 25 kg tot slachten is de lichaamssamenstelling van de nuldieren per kg levend gewicht als beginsamenstelling gebruikt voor de dieren van alle behandelingen. Voor het berekenen van de aanzet van 50-80 kg en van 80-125 kg is de beginsamenstelling per P-niveau afgeleid van de eindsamenstelling van de dieren geslacht op respectievelijk 50 en 80 kg op hetzelfde P-niveau.

De data zijn geanalyseerd met variantieanalyse van een gerandomiseerd design met individuele dieren als experimentele eenheid en gebruik van Genstat statistische software. De data zijn geanalyseerd voor de drie gewichtstrajecten afzonderlijk met een factorieel model met P-niveau en sekse als factoren. Hierbij is het P-niveau als polynoom in de analyse opgenomen zodat lineaire en kwadratische effecten van P-niveau en de invloed van sekse hierop konden worden bepaald.

$$Y_{ij} = \mu + P\text{-niveau}_i + \text{sekse}_j + P\text{-niveau}_i \times \text{sekse}_j + e_{ij}$$

met

Y_{ij}	= te verklaren variabele,
μ	= algemeen gemiddelde
$P\text{-niveau}_i$	= P effect (i=1 ... 5)
Sekse_j	= effect van sekse, (j= 1, 2)
e_{ij}	= residual error.

Een Fisher protected t-test is gebruikt voor vergelijking van gemiddelden per P-niveau bij een overall effect van P-niveau van $P < 0.1$. Paarsgewijze verschillen ($P < 0.05$) zijn gemarkeerd met een letter in superscript.

Bij lineaire en kwadratische effecten van het P-niveau is de responscurve voor relevante kenmerken ook geanalyseerd met de Genstat R2LINES procedure voor een gebroken-lijn en lineair-plateau respons relatie. Met behulp hiervan kan de P-behoefte als buigpunt van de relatie worden bepaald.

3 Resultaten

3.1 Voersamenstelling

De geanalyseerde samenstelling van het start-, groei- en eindvoer met P-niveau van 90% van de berekend behoefte is weergegeven in tabel 2. De geanalyseerde waarden kwamen goed overeen met de berekende nutriëntgehalten zoals vermeld in bijlage 1.

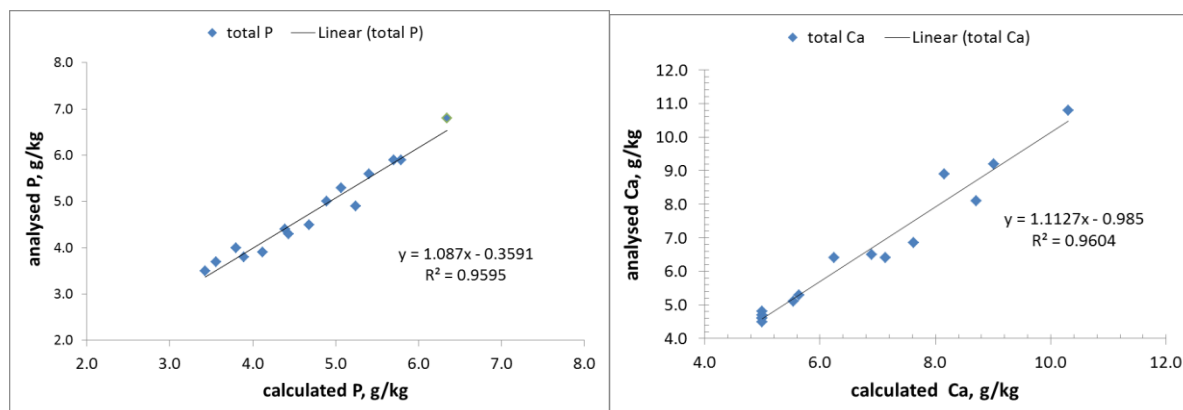
Tabel 2. Geanalyseerde nutriëntgehalten (g/kg) in start-, groei- en eindvoer met een P-niveau 90%.

	DS	As	RE	Rvet	zetmeel	suiker	NSP ¹⁾	EW ²⁾
Startvoer	880	47	169	48	425	56	135	1,114
Groeivoer	885	44	162	43	451	52	133	1,117
Eindvoer	871	41	150	52	430	48	150	1,135

¹⁾ Berekend als restfractie

²⁾ Zie paragraaf 3.7.3

De calcium- en fosforgehalten zijn geanalyseerd in alle proefvoerders. De relatie tussen de berekende en bepaalde gehalten (figuur 1) laat zien dat de geanalyseerde gehalten goed overeenkwamen met de berekende waarden. De Ca- en P-gehalten zoals bepaald op basis van de regressielijn zijn gebruikt voor verdere berekeningen, om de invloed van variatie tussen individuele analyses te beperken. De kleine verschillen in gehalten vallen binnen de analysefout voor Ca en P.



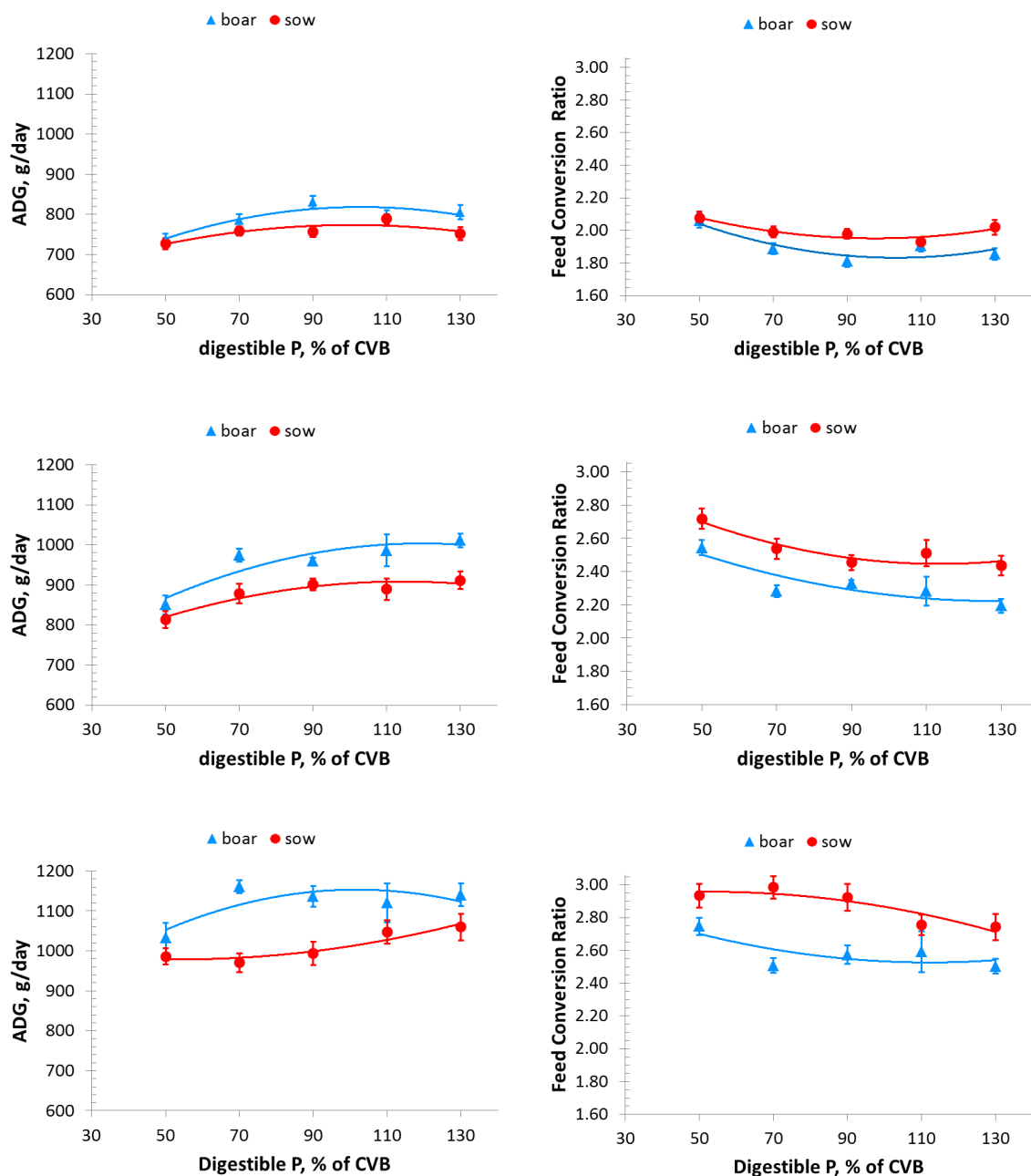
Figuur 1. Verband tussen berekend en bepaald fosfor- (P) en calciumgehalte (Ca) in de proefvoerders.

3.2 Algemeen proefverloop

De proef is goed en volgens proefplan verlopen. Er waren weinig gezondheidsproblemen, ondanks het zeer lage P-niveau in het voer bij de laagste behandelingsgroepen. Slechts 2 dieren konden een opgelopen voerrest niet compenseren (hok 9, beh 12, totaal 6 kg en hok 37, beh 11, 15 kg). In totaal hebben 9 dieren ziekteverschijnselen vertoond, waarvan er 4 (beh 6, 13 en 14 (2x)) behandeld zijn met antibiotica. Een dier van beh. 1 (hok 98) bleek kort voor slachten een kreupele achterpoot te hebben. Er was een dier (hok 25, beh. 11) met een gebroken poot op een gewicht van 72 kg. Dit dier is vervolgens gewisseld met een dier van hetzelfde P-niveau (hok 13, beh. 6) en geslacht. Een dier van beh. 6 (hok 44) had bij slachten drie gebroken rugwervels, waarbij niet eerder afwijkingen waren geconstateerd.

3.3 Gewicht en groeiprestaties

Het gemiddeld lichaamsgewicht bij aanvang van de proefperiode was 23,8 kg. Het gemiddeld gewicht aan het eind van de start-, groei- en eindvoerperiode was respectievelijk 51,4 kg, 82,1 kg en 126,1 kg. De groeiprestaties van de varkens zijn weergegeven in figuur 2 en in bijlage 3. De gemiddelde voeropname was respectievelijk 1,5 kg, 2,2 kg en 2,9 kg/d in de start-, groei- en eindvoerperiode en werd niet door de sekse beïnvloed. De voeropname werd slechts in zeer beperkte mate beïnvloed door het vP-niveau in het voer. Alleen in het traject van 50-80 kg en 80-125 kg was de voeropname bij het laagste P-niveau 20-30 g/d lager dan het overall gemiddelde. Dit betekent dat bij het gehanteerde voerschema zelfs bij een zeer laag P-niveau van 50% van de behoefte de dieren vrijwel volledig hun dagelijkse portie voer opaten.



Figuur 2. Invloed van P-gehalte in het voer, als % van de berekende behoefte op de groei en voederconversie van 25-50 kg (boven), 50-80 kg (midden) en 80-125 kg (onder).

P-niveau en sekse hadden wel een zeer significant effect op de groei en voederconversie in elk van de drie gewichtstrajecten. De gemiddelde groei was 774, 912 en 1065 g/d en de voederconversie 1,95, 2,44 en 2,73 respectievelijk in de trajecten van 25-50, 50-80 en 80-125 kg. Over de gehele periode (25-125 kg) was de gemiddelde groei 910 g/d en de voederconversie 2,47. Het P-niveau had tot 80 kg een lineair en kwadratisch (kromlijvig) effect op de groei en voederconversie. De invloed van het P-niveau werd voornamelijk veroorzaakt door een lagere groei en hogere (slechtere) voederconversie bij het P-niveau van 50%. In het traject van 80-125 kg had het P-niveau een lineair effect. Dit betekent dat elke toename in P-niveau in het voer resulteerde in een verbetering van groei en voederconversie. Over de gehele periode van 25-125 kg was de groei bij het P-niveau van 50% circa 50 g/d lager dan het overall gemiddelde en de voederconversie circa 0,1 hoger (bijlage 3). Het verschil tussen zeugen en beren was in alle perioden significant ($P < 0.001$) en nam toe naarmate de dieren ouder en zwaarder werden van circa 40 g/d en 0,1 in voederconversie in de startvoerperiode tot 100 g/d en 0,3 in voederconversie in de eindvoerperiode. Er waren geen duidelijke effecten (interacties) van sekse op de lineaire en kwadratische effecten van het P-niveau. Dit betekent dat er geen aanwijzingen waren voor een verschil in P-behoefte voor groei tussen zeugen en beren.

3.4 Lichaamssamenstelling

3.4.1 Nulddieren

De samenstelling van de nulddieren geslacht bij aanvang van de proefperiode bij een levend gewicht van $23,5 \pm 2,7$ kg was als volgt (gemiddelde $\pm$ SD): leeg gewicht $22,0 \pm 2,6$, vocht 700 ± 10 g/kg, ruw eiwit $169,2 \pm 6,3$ g/kg, ruw vet $98,7 \pm 7,7$ g/kg, ruwe as $28,0 \pm 2,0$ g/kg, P $5,52 \pm 0,40$ g/kg, Ca $8,54 \pm 0,82$ g/kg.

3.4.2 Eiwit en vetgehalte

In tabel 3 en bijlage 4a is de invloed van de proefbehandelingen op het gehalte aan water, eiwit, vet en as in het lichaam bij slachten weergegeven. Dit betreft het leeg lichaam (empty body weight, EBW), dus het totaal van karkas, bloed en organen, zonder de vulling van het maagdarmkanaal en de inhoud van de blaas bij slachten. Het P-niveau had een klein effect op het vetgehalte, wat met name werd veroorzaakt door een iets hoger vetgehalte in de dieren bij het laagste P-niveau. Alleen bij 125 kg was sprake van een doorgaande lineaire daling ($PL = 0.01$) in vetgehalte bij een hoger P-niveau. Bij dit hoogste slachtgewicht nam het eiwitgehalte enigszins toe ($PL = 0.02$) bij een hoger P-niveau in het voer.

De invloed van sekse werd groter bij een hoger slachtgewicht. Het vetgehalte was bij 50, 80 en 125 kg hoger in zeugen dan in beren en dit verschil nam toe van 10 g/kg bij 50 kg tot 45 g/kg ($P < 0.001$) bij 125 kg slachtgewicht. Het eiwitgehalte was iets lager in de beren dan in de zeugen bij 50 kg en hoger in de beren bij een gewicht van 125 kg (168 vs. 163 g/kg, $P < 0.001$).

Tabel 3. Invloed van sekse en P-niveau (% van de berekende behoefte) op de samenstelling (g/kg) van het leeg lichaam aan het eind van de proefperiode bij 125 kg.

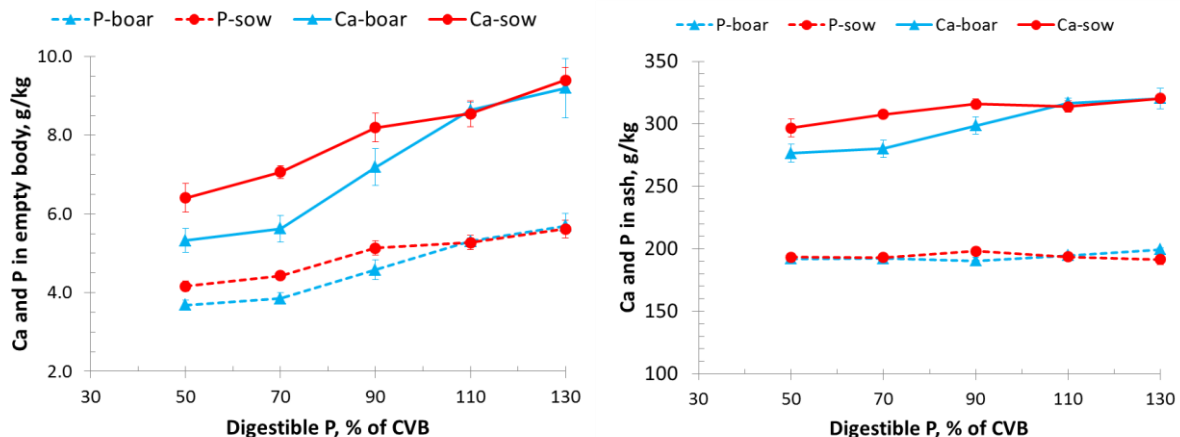
	P-niv					SE	Sekse		P		Sekse	S×PL ¹⁾	S×PQ ¹⁾
	50	70	90	110	130		Beer	Zeug	PL ¹⁾	PQ ¹⁾			
Aantal, n	8	8	8	8	8		20	20					
Vocht	581	582	583	587	590	5.1	604	565	0.19	0.676	<0.001	0.187	0.732
Eiwit	163 ^a	165 ^{ab}	166 ^{ab}	166 ^{ab}	168 ^b	1.62	168	163	0.024	0.718	<0.001	0.463	0.369
Vet	236 ^b	233 ^{ab}	226 ^{ab}	222 ^{ab}	215 ^a	6.32	204	249	0.013	0.833	<0.001	0.289	0.935
As	20.4 ^a	21.5 ^a	25.0 ^b	27.2 ^c	29.0 ^c	0.65	23.8	25.4	<0.001	0.990	0.010	0.143	0.905
Ca	5.87 ^a	6.34 ^a	7.69 ^b	8.59 ^c	9.30 ^c	0.277	7.19	7.92	<0.001	0.988	0.006	0.071	0.705
P	3.93 ^a	4.14 ^a	4.86 ^b	5.29 ^c	5.66 ^c	0.131	4.62	4.92	<0.001	0.961	0.016	0.045	0.386
Ca in as	286 ^a	294 ^a	307 ^b	315 ^{bc}	320 ^c	4.0	298	311	<0.001	0.525	0.002	0.009	0.555
P in as	192.6	192.6	194.2	194.1	195.3	1.59	193.7	193.8	0.182	0.907	0.941	0.047	0.027

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij $P < 0.05$.

3.4.3 Calcium en fosfor

Een hoger P-niveau resulteerde consistent in een hoger as-, Ca- en P-gehalte in het lichaam (tabel 3 en bijlage 4a,b). Bij elk slachtgewicht nam het asgehalte lineair toe ($P < 0.001$) van circa 18 tot bijna 30 g/kg bij een stijgend P-niveau in het voer. Bij 125 kg eindgewicht was het asgehalte bij de zeugen hoger dan bij de beren (gemiddeld 25,4 vs 23,8 g/kg). Bij een lager slachtgewicht was er geen effect van sekse op het asgehalte. Ook het calcium- en fosforgehalte nam bij elke eindgewicht lineair toe met een stijgend P-niveau in het voer. Bij 125 kg was het Ca- en P-gehalte hoger bij zeugen dan bij beren ($P = 0.006$ en 0.016 voor Ca en P, tabel 3 en bijlage 4b), waarbij dit verschil vooral aanwezig was bij een laag P-niveau en afnam bij een stijgend P-niveau (interactie $S \times PL = 0.071$ en 0.045 voor Ca en P) (zie figuur 3). Bij een vP-niveau van 110 en 130% was het gemiddeld P-gehalte respectievelijk 5,29 en 5,66 g/kg EBW (bijlage 4b). Binnen de asfractie was het P-gehalte vrij constant, gemiddeld 195 g/kg as, terwijl het Ca-gehalte lineair ($P < 0.001$) toenam bij verhoging van het P-niveau in het voer van circa 270 tot 320 g/kg as (figuur 3 en bijlage 4b). Alleen bij 125 kg was er een interactie tussen sekse en P-lineair ($P = 0.009$) waarbij de zeugen bij een laag P-niveau een hoger Ca-gehalte per kg as hadden. Vergelijkbare effecten werden gevonden voor de Ca/P-verhouding in het dier. Deze nam lineair toe met het P-niveau in alle gewichtstrajecten van circa 1,40 tot 1,60 bij 50 en 80 kg en van circa 1,50 tot 1,65 bij 125 kg. Daarnaast hadden de zeugen bij 125 kg een hogere gemiddelde Ca/P-ratio dan de beren (1.60 vs. 1.54, $P < 0.001$). Tenslotte nam de verhouding tussen as, Ca en P enerzijds en eiwit in het lichaam anderzijds lineair toe ($P < 0.001$) met een stijgend P-niveau. Bij 125 kg was hierbij ook een verschil tussen beren en zeugen: de verhouding P/ruw eiwit nam bij beren toe van 22,3 tot 33,2 en bij zeugen van 26,1 tot 34,2. Voor Ca/ruw eiwit was dit verschil nog groter; deze nam toe van 32,2 tot 53,6 voor beren en van 40,2 tot 57,3 bij zeugen. Dit duidt er op dat bij een laag P-niveau er weinig bot wordt aangezet, vooral bij beren, zodat er relatief veel P in soft tissue zit.



Figuur 3. Invloed van P-gehalte in het voer, als % van de berekende behoefte, op het Ca- en P-gehalte in het lichaam bij een slachtgewicht van 125 kg, uitgedrukt in g/kg (links) en in g/kg anorganische stof (rechts).

3.4.4 Samenstelling inclusief maagdarmvulling

Om te bepalen hoeveel mineralen bij opleggen per dier werd aangevoerd en bij slachten werd afgevoerd moet ook de inhoud van het maagdarmkanaal meegenomen worden. Hiervoor is de inhoud van het maagdarmkanaal van de nuldieren aangevoerd bij 20-25 kg en van de dieren geslacht bij een gewicht van 125 kg per behandeling gepoold en is aansluitend het N en P-gehalte bepaald. Het P-gehalte was 1,9 g/kg verse maagdarminhoud bij de nuldieren en nam toe met het vP-niveau in het voer van 2,7 tot 3,3 g/kg maagdarminhoud bij de dieren geslacht op 125 kg. Het N-gehalte in de verse darminhoud was circa 4,7 g/kg bij de nuldieren en 6,9 g/kg bij 125 kg en verschilde niet wezenlijk tussen behandelingen. Het gemiddelde N en P-gehalte was voor de nuldieren respectievelijk $25,6 \pm 1.0$ en $5,27 \pm 0,37$ g/kg levend gewicht. Bij de dieren geslacht bij 125 kg nam het P-gehalte per kg levend gewicht lineair ($P < 0.001$) toe van 4,13 tot 5,54 bij zeugen en van 3,64 tot 5,62 bij beren (tabel 4). Er was daarbij een interactie tussen sekse en het lineaire effect van P-niveau. Bij de lage P-niveaus in het voer was het P-gehalte in zeugen hoger dan in beren. Bij de hogere P-niveaus was er geen

verschil. Het gemiddeld N-gehalte in het dier steeg enigszins bij een hoger P-niveau ($P=0.02$) terwijl de beren een duidelijk hoger N-gehalte hadden dan de zeugen.

Tabel 4. Invloed van P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) en sekse op het P-gehalte (g/kg) in het levend dier bij een slachtgewicht van 125 kg.

	Sekse	P-niv						SE	P				
		50	70	90	110	130	Gem.		PL ¹⁾	PQ ¹⁾	Sekse	S×PL ¹⁾	S×PQ ¹⁾
P-gehalte	Gem.	3.88 ^a	4.10 ^a	4.79 ^b	5.22 ^c	5.58 ^c	4.71	0.128	<0.001	0.945	0.015	0.045	0.428
	Beer	3.64	3.82	4.53	5.22	5.62	4.57	0.081					
	Zeug	4.13	4.38	5.05	5.21	5.54	4.86	0.081					
N-gehalte	Gem.	25.45	25.77	26.02	26.08	26.26	25.92	0.25	0.021	0.618	<0.001	0.474	0.436
	Beer	25.88	26.70	26.17	26.14	26.84	26.35	0.35					
	Zeug	25.02	24.84	25.87	26.02	25.68	25.49	0.35					

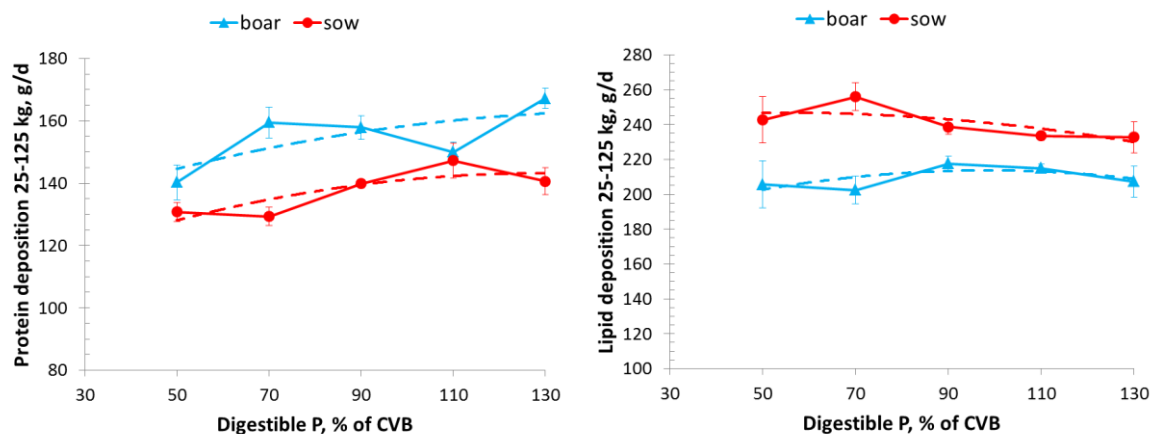
¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse en P-niveau.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij $P<0.05$.

3.5 Lichaamsaanzet

3.5.1 Eiwit- en vetaanzet

De aanzet van water, eiwit, vet, as, Ca en P per gewichtstraject is weergegeven in bijlage 5. De gemiddelde eiwitaanzet nam toe van 125 g/d in de groeifase tot 162 g/d in de eindfase. In de gehele periode van 25 tot 125 kg was de eiwitaanzet 155 g/d bij de beren en 138 g/d bij de zeugen. De gemiddelde vetaanzet nam toe naarmate de dieren zwaarder werden van 116 g/d in de groeifase tot 334 g/d in de eindfase. In de gehele proefperiode van 25 tot 125 kg was de vetaanzet 210 g/d bij beren en 241 g/d bij zeugen ($P<0.001$). De verschillen in vet- en eiwitaanzet tussen zeugen en beren namen toe naarmate de dieren zwaarder werden. In de groei- en eindfase resulteerde een hoger P-niveau in het voer in een hogere eiwitretentie, met name door een lagere eiwitaanzet bij de twee laagste P-niveaus. Het P-niveau had geen eenduidig effect op de vetaanzet. In figuur 4 zijn de eiwit- en vetaanzet voor de gehele periode van 25 tot 125 kg weergegeven.

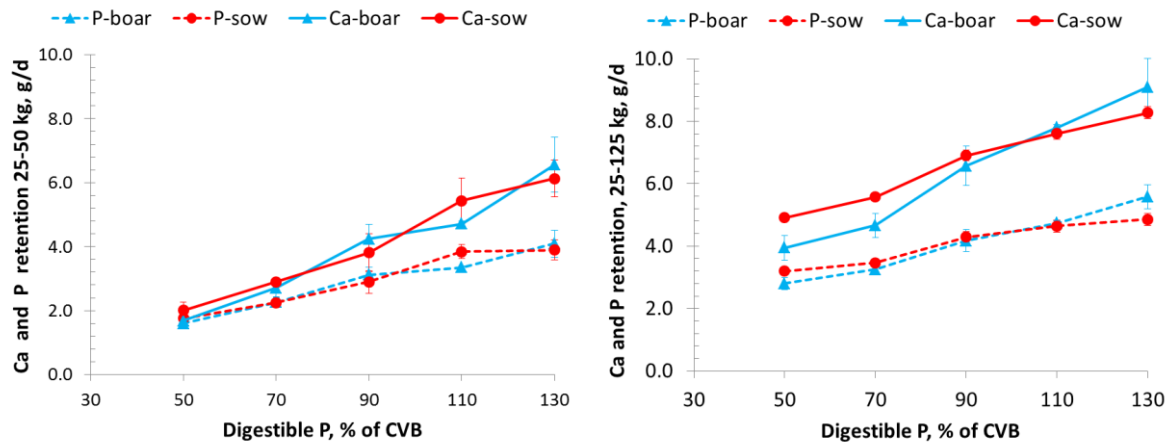


Figuur 4. Invloed van P-gehalte in het voer, als % van de berekende behoefte, op de eiwit- (links) en vetretentie (rechts) in g/d van 20 tot 125 kg. De stippellijn geeft de globale trend weer.

3.5.2 Calcium- en fosforretentie

In elk van de gewichtstrajecten nam de retentie van as, calcium en fosfor sterk lineair ($P<0.001$) toe met een stijgend P-niveau in het voer, zonder dat er sprake was van een afbuiging in deze respons. De aanzet per dag nam toe naarmate de dieren zwaarder werden. Er was geen verschil in de gemiddelde aanzet tussen zeugen en beren, maar vanaf 50 kg wel een interactie tussen sekse en het lineaire effect van P-niveau ($P<0.05$) voor as, calcium en fosfor. Dit werd veroorzaakt door een hogere

aanzet in zeugen bij de lage P-niveaus en een hogere aanzet in beren bij de hoge P-niveaus. Dit is geïllustreerd in figuur 5. In de gehele periode van 25 tot 125 kg nam de P-aanzet bij zeugen toe van 3,2 tot 4,9 g/d en bij beren van 2,8 tot 5,6 g/d (figuur 5). Vergelijkbare effecten waren aanwezig voor de calcium- en asretentie. De verhouding tussen de Ca- en P-retentie nam toe met een stijging in P-niveau in het voer. Voor het gehele traject 25-125 kg was dit een toename van 1,47 tot 1,66 bij een P-niveau oplopend van 50 tot 130% van de berekende behoefte. De Ca:P-verhouding in de retentie was hoger voor zeugen dan voor beren (gemiddeld 1,62 vs 1,53, $P < 0.001$), met name bij de lagere P-niveaus. Dit duidt er waarschijnlijk op dat bij beren relatief meer P in spieren zit, met name bij een laag P-niveau in het voer.



Figuur 5. Invloed van P-gehalte in het voer, als % van de berekende behoefte, op de Ca- en P-retentie van 25-50 kg (links) en van 25-125 kg (rechts).

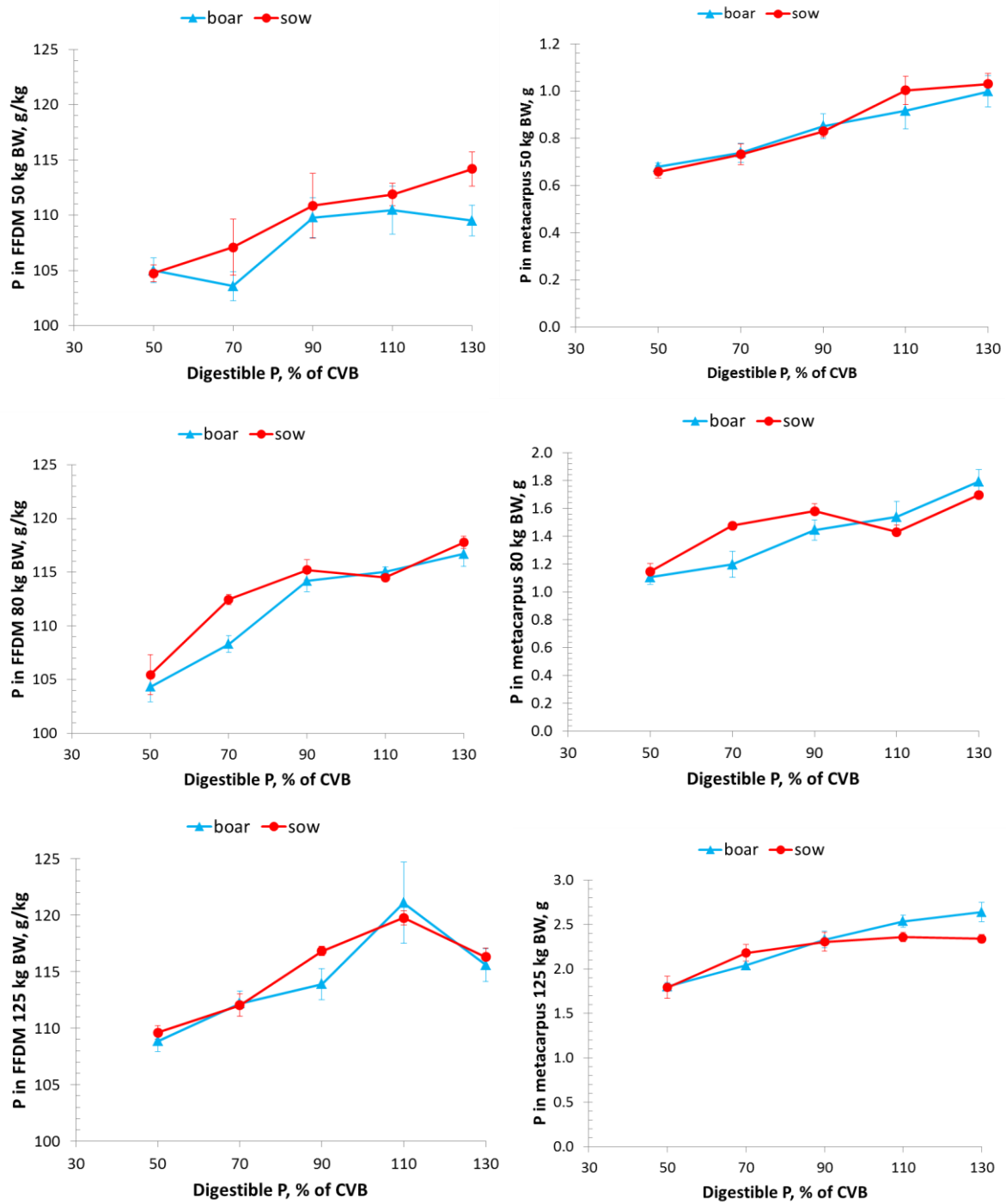
3.6 Botsamenstelling metacarpus

Bij elk slachtgewicht nam het totaal drooggewicht van de metacarpus III en IV lineair toe met een hoger P-niveau in het voer (bijlage 6). Het drooggewicht was bij 125 kg hoger bij beren dan bij zeugen. Bij een lager slachtgewicht was dit verschil in botgewicht alleen numeriek (niet significant, $P = 0.18$) aanwezig. De gemiddelde lengte was respectievelijk 47.5, 54.3 en 60.2 mm bij 50, 80 en 125 kg en werd niet door sexe en P-niveau beïnvloed.

De samenstelling van de as was zeer constant. Het gemiddeld P- en Ca-gehalte in de as was 185-188 en 398-407 g/kg van 50 tot 125 kg en werd door het P-niveau in het voer nauwelijks beïnvloed. Er was alleen een kleine maar significante lineaire daling ($P < 0.001$) in de Ca/P-ratio in het bot van circa 2,20 tot 2,15 van het laagste tot het hoogste P-niveau.

Het as-, Ca- en P-gehalte in de vetvrije drogestof nam bij 50 kg lineair en bij 80 en 125 kg kwadratisch toe bij een hoger P-niveau in het voer (figuur 6, linker figuren). Deze gehalten in de vetvrije drogestof waren gemiddeld iets hoger bij een hoger eindgewicht. Het as-, Ca- en P-gehalte in de vetvrije drogestof was meestal iets hoger bij zeugen dan bij beren. Bij 125 kg was dit met name bij de laagste P-niveaus het geval voor het asgehalte zoals blijkt uit de interactie tussen sekse en het lineaire effect van P-niveau ($S \times PL$, $P = 0.008$).

Door het hogere botgewicht en het hogere asgehalte in de (vetvrije) drogestof namen de totale hoeveelheid as, P en Ca in de metacarpus toe met het P-niveau (figuur 6, rechter figuren). Bij 50 kg was er geen verschil tussen zeugen en beren, bij 80 en 125 kg was de toename sterker bij beren dan bij zeugen (interactie $S \times PL$ < 0.05): bij een laag P-niveau was het asgewicht hoger bij zeugen, bij een hoog P-niveau was het asgewicht hoger bij beren.



Figuur 6. Invloed van P-gehalte in het voer, als % van de berekende behoefte, op het metacarpus IV P-gehalte in de vetvrije drogestof (fat-free dry matter, FFDM, links) en de totale hoeveelheid P in metacarpus (rechts) bij 50 (boven), 80 (midden) en 125 kg slachtgewicht (onder).

3.7 Vertering van nutriënten

3.7.1 Mineralen

De verteerbaarheid van de organische stof nam toe van gemiddeld 84,6% bij het startvoer tot 85,8% bij het eindvoer en werd niet door sekse of P-niveau beïnvloed (bijlage 7). De gemiddelde asverteerbaarheid was 52-53% en was alleen voor het eindvoer hoger bij beren dan bij zeugen (53,3 vs 51,2; $P=0,02$). Het P-niveau had hierop geen duidelijke invloed. Het P-niveau in het voer had wel een grote invloed op de verteerbaarheid van P en Ca. In elk van de drie perioden nam de P-vertering lineair en meestal kwadratisch toe bij een hoger P-niveau in het voer: van 28 tot 42% bij het startvoer, van 31 tot 43% bij het groeivoer en van 31 tot 40% bij het eindvoer. Deze bepaalde verteringscoëfficiënten waren met name in het startvoer lager dan de berekende waarden zoals weergegeven in bijlage 1 bij de proefvoersamenstelling. Daarom zijn in tabel 5 de gerealiseerde vP-gehalten van de proefvoerders weergegeven naast de berekende gehalten op basis van de CVB-tabel. De consequenties van deze verschillen voor de interpretatie van de proefresultaten komen terug in de discussie.

De Ca-vertering daalde lineair en kwadratisch bij een toename van het P-niveau in het voer van 50 tot 40% bij het startvoer, van 56 tot 36% bij het groeivoer en van 61 tot 35% bij het eindvoer.

Tabel 5. Berekende en gerealiseerde P-verteerbaarheid (%) en vP-gehalte (g/kg) in de proefvoerders, gebaseerd op het bepaalde P-gehalte en de bepaalde verteringscoëfficiënt gemiddeld voor beren en zeugen.

		P-niveau					P					
		50	70	90	110	130	SE	PL	PQ	sekse	SxPL	SxPQ
Verteringscoëfficiënt												
Startvoer	Berekend	35	42	47	51	54						
	Bepaald	27.6 ^a	35.8 ^b	41.1 ^b	39.6 ^b	41.6 ^b	2.8	<0.001	0.015	0.088	0.384	0.983
Groeivoer	Berekend	33	39	44	48	52						
	Bepaald	31.4 ^a	33.8 ^{ab}	39.2 ^{bc}	47.1 ^d	43.0 ^{cd}	3.2	<0.001	0.217	0.68	0.56	0.742
Eindvoer	Berekend	32	38	43	47	50						
	Bepaald	30.6 ^a	37.9 ^b	40.6 ^b	40.4 ^b	40.1 ^b	1.9	<0.001	<0.001	0.087	0.358	0.395
vP-gehalte												
Startvoer	Berekend	1.32	1.85	2.38	2.90	3.43						
	Bepaald	1.05	1.59	2.10	2.28	2.67	0.16	<0.001	0.128	0.145	0.605	0.857
Groeivoer	Berekend	1.16	1.62	2.08	2.54	3.00						
	Bepaald	1.11	1.40	1.85	2.49	2.52	0.15	<0.001	0.449	0.763	0.589	0.721
Eindvoer	Berekend	1.09	1.46	1.88	2.30	2.72						
	Bepaald	1.04	1.48	1.79	1.99	2.18	0.09	<0.001	0.019	0.082	0.305	0.577

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij $P<0.05$.

3.7.2 Energiewaarde

De gemiddelde verteringscoëfficiënten van het start-, groei- en eindvoer met 90% P waren 74,4-78,8 voor ruw eiwit, 72,9-78,8 voor ruw vet en 39,9-52,1 voor NSP (tabel 6). De hieruit berekende EW was 1,114, 1,117 en 1,135 in het start-, groei- en eindvoer. Dit kwam goed overeen met de berekende energiewaarde van 1,10 EW, en was voor het eindvoer iets hoger, door een hogere verteerbaarheid van de energie-leverende nutriënten.

Tabel 6. Verteerbaarheid (in %) van Weende componenten en berekende energiewaarde van het start-, groei- en eindvoer.

	drogestof	anorg. stof	ruw eiwit	ruw vet	NSP	NE, MJ	EW
Startvoer	83.7	53.7	74.4	72.9	51.4	9.80	1.114
Groeivoer	82.6	53.5	74.8	76.5	39.9	9.83	1.117
Eindvoer	84.7	54.0	78.8	78.5	52.1	9.99	1.135

3.8 Benutting van bruto en verteerbaar fosfor

De benutting van bruto fosfor is berekend als de dagelijkse retentie gedeeld door de opname via het voer (bijlage 8). De gemiddelde P-benutting was 40% en vrij constant over de gehele proefperiode. In het traject van 25-50 kg en 25-80 kg was er een lineaire toename ($P < 0.001$) in P-benutting bij een hoger P-niveau. Vanaf 80 kg waren er geen significante verschillen.

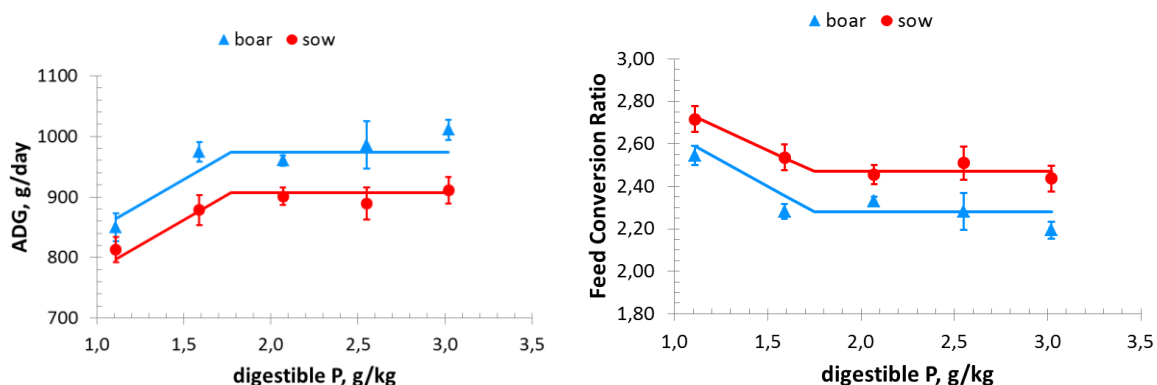
Daarnaast hebben we de benutting van verteerbaar P berekend op basis van de gerealiseerde vP-gehalten zoals vermeld in tabel 5. Over het traject 25-50 kg was de berekende vP-benutting circa 100%. Van 50-80 kg was de benutting bij de voeders tot 90% van de behoefte hoog, ca. 115% en van 80-125 kg was de berekende benutting bij een P-niveau van 50% zelfs bijna 150%. In het gehele traject van 25 kg tot slachten was alleen de benutting van vP van 127% bij het laagste P-gehalte in het voer zeer hoog.

3.9 Fosforbehoefte

Met behulp van een broken-stick of lineair-plateau model hebben we de berekende vP-behoefte voor groeiprestaties bepaald en nagegaan of deze verschillen ($P < 0.05$) voor zeugen en beren. Het model bestaat uit drie parameters:

- een plateau ofwel een maximum (bijv. voor groei) of minimum (bijv. voor voederconversie);
- een buigpunt, het vP-gehalte waarbij het plateau wordt bereikt, ofwel de behoefte
- een helling die het effect weergeeft van vP wanneer de behoefte nog niet is gedekt, bijvoorbeeld de toename in groei per g extra vP in het voer.

We hebben eerst het model met drie parameters gefit en vervolgens nagegaan welke van deze drie het meest door de sekse beïnvloed werd. In alle gevallen was het plateau (de maximale groei en minimale VC) verschillend tussen zeugen en beren ($P < 0.001$, tabel 7). Een uitbreiding van het model door ook een effect van sekse op buigpunt of helling mee te nemen was voor geen van de parameters significant. Er waren dus geen significante verschillen in de P-behoefte voor optimale groeiprestaties van zeugen en beren. Figuur 7 geeft een voorbeeld voor groei en voederconversie van 50-80 kg.

**Figuur 7.** Weergave van het lineair-plateau (broken line) model om de maximale groei en minimale voederconversie en de hiervoor benodigde vP te bepalen bij zeugen en beren van 50-80 kg.**Tabel 7.** Schatting van helling, buigpunt en plateau van een lineair-plateau relatie tussen berekend vP-gehalte (g/kg) in het voer en groei (g/d) en voederconversie in de drie gewichts-

trajecten, waarbij alleen significante verschillen tussen seksen in het responsmodel zijn opgenomen.

	plateau			buigpunt		helling	
	beer	zeug	P-sekse		P-sekse		P-sekse
25-50 kg							
Groei	806±7.6	770±7.6	<0.001	2.07±0.24	0.282	73±28	0.165
VC	1.87±0.02	1.96±0.02	<0.001	1.95±0.16	0.059	-0.24±0.07	0.106
50-80 kg							
Groei	974±11	907±11	<0.001	2.05±0.16	0.152	150±40	0.258
VC	2.29±0.03	2.46±0.03	<0.001	2.03±0.16	0.852	-0.40±0.11	0.566
80-125 kg							
Groei	1145±19	1039±19	<0.001	2.13±0.47 ¹⁾	0.225	70±40	0.150
VC	2.54±0.04	2.82±0.04	<0.001	1.71±0.39 ¹⁾	nb ²⁾	-0.26±0.20	0.793

¹⁾ De spreiding op de schatting van het buigpunt van 80-125 kg was zeer groot door de opmerkelijke respons van de zeugen, waarbij de groei en VC alleen bij de hoogste twee P-niveaus toe nam, respectievelijk daalde.

²⁾ nb niet bekend vanwege het niet convergeren van het statistisch model

3.10 Biomarkers in bloed

In samenwerking met de Gezondheidsdienst voor dieren (GD) is bij een gemiddeld lichaamsgewicht van 60, 90 en 110 kg in bloed het niveau aan Ca, anorganisch P, osteocalcine en CTx (carboxy-terminal collagen crosslinks) bepaald. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 9. De calciumspiegel in bloed daalde lineair en de anorganisch P-spiegel nam lineair en kwadratisch toe bij een hoger vP-niveau in het voer. Het gehalte aan osteocalcine nam lineair toe met het vP-niveau in het voer, maar bij het hoogste vP-niveau was veelal geen verder stijging of zelfs weer een daling aanwezig. Het gehalte aan CTx werd nauwelijks door het vP-niveau beïnvloed en was alleen verhoogd bij beren op het laagste vP-niveau. De sekse had alleen een duidelijke invloed op het anorganisch P-niveau in het bloed.

4 Discussie

Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de invloed van het P-gehalte in het voer op de groeiprestaties, de retentie van P en het gehalte in het lichaam bij slachten, de botmineralisatie en de verschillen tussen zeugen en beren hierbij. In het algemeen is de proef goed verlopen: er waren weinig gezondheidsproblemen, de proefvoerders voldeden aan de verwachtingen, er waren duidelijke verschillen tussen zeugen en beren en het P-gehalte in het voer had een duidelijk effect op de groeiprestaties, de P-retentie en de botmineralisatie. Opvallend was de lineaire toename in P-gehalte in het lichaam waardoor we geen aantoonbaar maximum P-gehalte vonden en de relatief lage P-verteerbaarheid van de voeders, met name bij de jonge dieren. Deze aspecten komen terug in de discussie. Omdat de gerealiseerde vP-opname invloed heeft op de interpretatie van de gegevens, met name de berekening van de vP-behoefte, gaan we hier in het begin van de discussie op in. Daarna bespreken we de groeiprestaties, de mineralenretentie in het lichaam en de botmineralisatie.

4.1 Proefverloop en diergezondheid

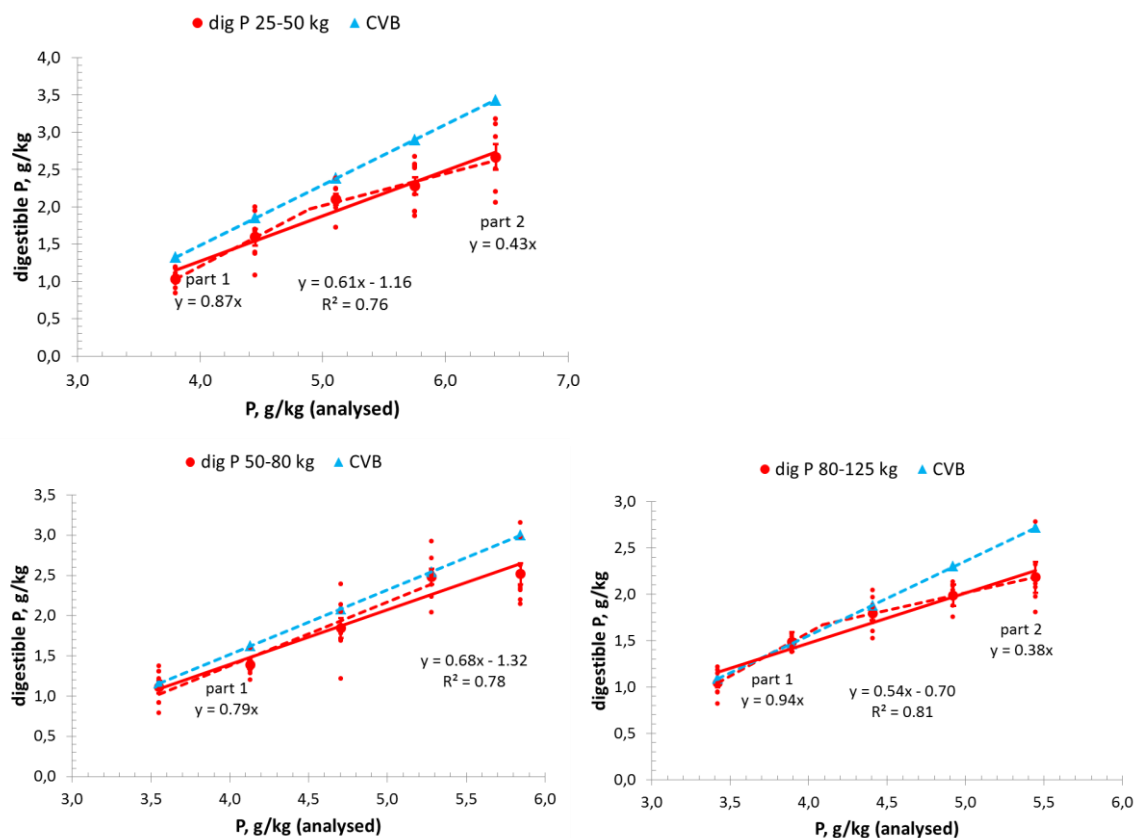
In het algemeen is de proef goed verlopen: er waren weinig gezondheidsproblemen en slechts bij twee dieren konden we deze aan een laag P-gehalte in het voer relateren. Dit betrof een dier met gebroken poot bij 72 kg en een dier met enkele gebroken ribben bij slachten (85 kg). Door de individuele huisvesting was het risico op beenwerkproblemen echter ook kleiner dan in groepshuisvesting onder praktijkomstandigheden. Er mag uit deze resultaten dan ook niet afgeleid worden dat een verlaging van het P-gehalte tot 50% van de berekende behoefte niet tot noemenswaardige beenwerkproblemen leidt. Een laag P-gehalte in het voer resulteerde in een 30% lager asgewicht van de metacarpus III. Onder praktijkomstandigheden zou dit het risico op beenwerkproblemen (fracturen) waarschijnlijk verder vergroten. Jongbloed (1987) vond eveneens niet meer beenwerkproblemen bij vleesvarkens (25-110 kg) bij een verlaging van het P-gehalte tot 50% van de behoefte in een opzet waarbij bielzen in de hokken werden gelegd om het risico op problemen te vergroten.

4.2 Voersamenstelling en vertering van fosfor

De verteerbaarheid van (an)organische stof, Ca en P hebben we driemaal bepaald bij alle P-niveaus, in het start-, groei- en eindvoer, bij de dieren die op 125 kg werden geslacht. Daarnaast hebben we van de voeders met 90% P ook de vertering van eiwit, vet en koolhydraten bepaald om de energiewaarde van de voeders te controleren. Omdat de basis van alle voeders gelijk was werd dit bij één voer gedaan en alleen bij beren. De resultaten in bijlage 7 laten zien dat er geen invloed van sekse en P-niveau op de vertering van de organische stof was. De EW van ruim 1,11 (tabel 6) kwam goed overeen met de berekende EW van 1,10. Alleen in het eindvoer was door een hogere vertering van vet en eiwit de EW met 1,135 iets hoger dan berekend. Een hogere fecale vertering van energieleverende nutriënten bij zwaardere vleesvarkens is in de literatuur beschreven (o.a. Noblet et al., 2004) en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een verdere ontwikkeling van het maagdarmkanaal. Voor de interpretatie van de proefresultaten heeft dit geen wezenlijke consequenties.

Het P-gehalte in de proefvoerders kwam zeer goed overeen met de berekende waarden maar de bepaalde verteerbaarheid was aanmerkelijk lager dan berekend op basis van de CVB-tabel, waardoor het vP-gehalte ook lager was dan berekend (tabel 5). Een lagere verteerbaarheid kan het gevolg zijn van een lagere P-verteerbaarheid in bepaalde grondstoffen en van het regulatiemechanisme van het dier, waarbij de absorptie van P vanuit de darm wordt afgestemd op de behoefte. Met name in het startvoer was de P-verteerbaarheid van het basisvoer met 50% van de P-behoefte duidelijk lager dan berekend. Dit betekent dat de P-verteerbaarheid vanuit de grondstoffen (granen en soja- en raapzaadschroot) lager was dan de tabelwaarde. Dit kan deels verklaard worden doordat we rekening hielden met een resterende hoeveelheid intrinsiek fytase die in het proefvoer geheel was verdwenen. In het groei- en eindvoer kwam het berekende en bepaalde vP-gehalte bij een laag P-niveau redelijk goed overeen. Deze resultaten zouden erop kunnen duiden dat bij een hoger gewicht de P-verteerbaarheid toeneemt. Dit effect is bekend voor energieleverende nutriënten (zie boven), maar minder eenduidig voor mineralen vertering bij vleesvarkens (Kempe et al., 1997).

De absorptie van P uit de darm wordt afgestemd op de behoefte. Naarmate het P-gehalte in het voer hoger is en meer in de behoefte wordt voorzien wordt relatief minder P vanuit de darm geabsorbeerd (Jongbloed, 1987). Daarom moeten studies voor het bepalen van de P-verteerbaarheid bij een laag P-gehalte in het voer worden uitgevoerd (CVB verteringsprotocol, 1995). In figuur 8 hebben we de invloed van het P-gehalte in het voer op het berekende en bepaalde vP-gehalte weergegeven. De helling (RC) van de regressielijn geeft de verteerbaarheid weer van het toegevoegde P. Omdat alle toegevoegd P afkomstig was van monocalciumfosfaat is de helling voor het berekende vP-gehalte gelijk aan de P-verteerbaarheid van monocalciumfosfaat. De gemeten verteerbaarheid van toegevoegd P uit monocalciumfosfaat, bepaald als de helling van de regressielijn was relatief laag, tussen 0,54 en 0,68 terwijl de CVB-tabelwaarde 0,83 is. Om rekening te houden met de lagere P-vertering bij een hoger P-gehalte in het voer hebben we een gebroken-lijn regressie uitgevoerd (procedure R2Lines in Genstat) waarbij de helling van de lijn voor en na het buigpunt verschilt (figuur 8). Voor het groeivoer kon geen buigpunt worden bepaald. De helling van het traject met een laag, beperkend P-gehalte varieerde tussen 0,79 en 0,94 en week niet wezenlijk af van de tabelwaarde van 0,83. Voor het bepalen van de behoefte op basis van een bepaald vP-gehalte gaan we daarom uit van het geanalyseerde vP-gehalte van het basisvoer plus het toegevoegd P met een verteerbaarheid van 0,83. Een aandachtspunt hierbij is dat het buigpunt van de gebroken lijn, waarna de vertering daalt, al onder het niveau van 90% vP ligt. Het is de vraag hoe dit bij een factoriële berekening van de behoefte moet worden verdisconteerd; in paragraaf 4.3.3 komen we hierop terug. In tabel 8 is deze berekende P-waarde voor alle proefvoerders weergegeven.



Figuur 8. Relatie tussen totaal P en berekend (CVB) en bepaald vP (dig P) in de proefvoerders in de drie gewichtstrajecten. De richtingscoëfficiënt (RC) geeft de verteerbaarheid van toegevoegd P weer; voor de berekende lijn (CVB) is deze steeds 0,83. Voor de trajecten 25-50 kg en 80-125 kg werd een breekpunt gevonden en is ook de RC van de deeltrajecten vermeld.

We concluderen dat de P-verteerbaarheid van het basisvoer met name tussen 25 en 50 kg lager was dan de tabelwaarde. De verteerbaarheid van toegevoegd MCP kwam bij een vP-opname onder 90% goed overeen met de berekende waarde, maar nam daarna sterk af, ondanks dat de maximale P-retentie nog niet was bereikt.

Tabel 8. Berekende vP-gehalten in de proefvoerders, gebaseerd op het bepaalde P-gehalte, de bepaalde verteringscoëfficiënt van het basisvoer en een vaste verteerbaarheid van 0,83 voor P uit MCP.

		vP-gehalte				
	P-niveau	50	70	90	110	130
Startvoer	Vooraf berekend	1.32	1.85	2.38	2.90	3.43
	Berekend als basis + 0.83 P (MCP)	1.05	1.58	2.13	2.67	3.21
Groeivoer	Vooraf berekend	1.16	1.62	2.08	2.54	3.00
	Berekend als basis + 0.83 P (MCP)	1.11	1.59	2.07	2.55	3.02
Start – groei ¹⁾	Berekend als basis + 0.83 P (MCP)	1.09	1.59	2.09	2.60	3.10
Eindvoer	Vooraf berekend	1.09	1.46	1.88	2.30	2.72
	Berekend als basis + 0.83 P (MCP)	1.04	1.44	1.86	2.29	2.73
Start – eind ¹⁾	Berekend als basis + 0.83 P (MCP)	1.07	1.51	1.98	2.45	2.92

¹⁾ Gewogen gemiddelde van startvoer en groeivoer voor dieren geslacht bij 80 kg en van start, groei en eindvoer voor dieren geslacht bij 125 kg.

4.3 Benutting van fosfor

4.3.1 Bruto fosfor

In paragraaf 3.8 hebben we de benutting van bruto (totaal) en verteerbaar fosfor berekend. De benutting van bruto P varieerde tussen 30 en 45% en nam toe bij een hoger P-gehalte in het voer tot een P-niveau van circa 90% door de toename in P-verteerbaarheid bij een hoger aandeel monocalciumfosfaat. De bruto benutting komt overeen met andere proefresultaten gebaseerd op de P-balans bij voeders zonder fytase zoals in Madrid et al. (2013). Door gebruik van fytase kan de vertering en benutting van P met 10-15% verhoogd worden (Jongbloed et al., 2000; Madrid et al., 2013).

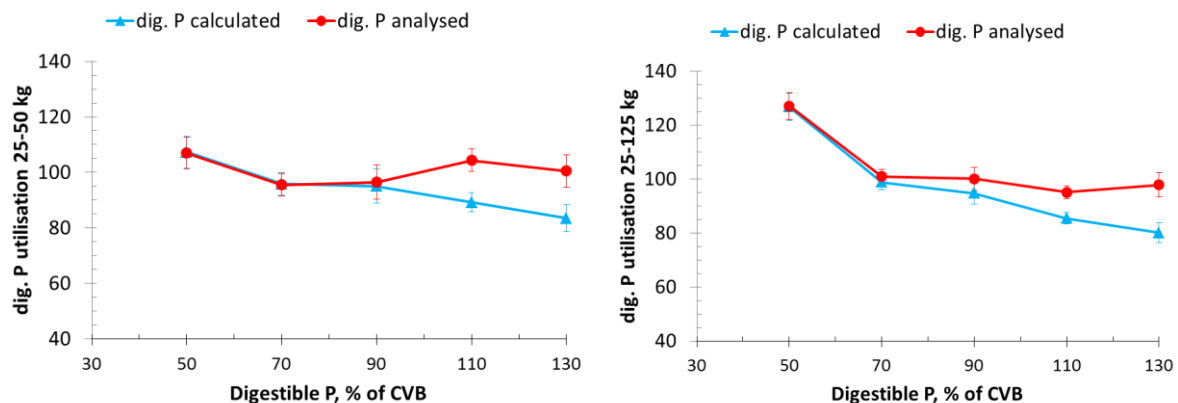
4.3.2 Veteerbaar fosfor

De metabole benutting van vP is berekend door bij elke behandeling de P-retentie door de daadwerkelijk gerealiseerde vP-opname te delen. Bij de meeste proefgroepen lag de benutting van vP rond 100%. Dit betekent dat bij een hoger P-gehalte in het voer de absorptie van P vanuit de darm daalt en dat nauwelijks extra P in de urine wordt uitgescheiden. Op basis hiervan wordt in de Nederlandse berekening van de P-behoefte ook met een benutting van verteerbaar P van 100% gerekend (Jongbloed et al., 2003). Deze resultaten komen overeen met balansproeven waarin de excretie van P in de urine slechts 0,5-2% van het geabsorbeerde P bedraagt, zoals Pettay et al. (2006). Deze auteurs vonden in balansproeven een benutting van vP van 98-99,5% bij vleesvarkens van 27, 59 en 99 kg. Bij 59 en 99 kg vonden zij bij de hoogste vP opname wel een daling in P-benutting. GfE (2008) rekent met een benutting van 95% van vP. Onze resultaten duiden erop dat een metabole benutting van vrijwel 100% van daadwerkelijk verteerd P realistisch is. Het is wel opmerkelijk dat we in de trajecten tot 80 en 125 kg bij de lage P-niveaus een vP-benutting ruim boven 100% vonden. Dit was met name het geval bij de voeders met 50% vP. Dit betekent dat we bij deze behandeling de P-retentie hebben overschat of de P-vertering onderschat. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de dieren die lange tijd voer met het lage P-niveau kregen een steeds hogere absorptie (vertering) van P realiseerden. Omdat de verteerbaarheid voor alle dieren in dezelfde proefweek werd bepaald waren de dieren bij 50% vP door hun lagere groei iets lichter dan de andere groepen. Bij de laatste meting van de verteerbaarheid waren deze dieren 99 kg. Wellicht nam de absorptie van P nog toe in het laatste deel van het groeitraject tot 125 kg.

4.3.3 Berekend verteerbaar fosfor

Bij de benutting van verteerbaar fosfor in voorgaande paragraaf 4.3.2 is uitgegaan van de gerealiseerde vP-opname, waarbij rekening werd gehouden met de daling in verteerbaarheid bij een hogere P-opname. Bij de (factoriële) afleiding van de vP-behoefte wordt echter gerekend met een vaste verteerbaarheid, gebaseerd op verteringsonderzoek en tabelwaarden. In dat geval moet op een andere manier gerekend worden met een afnemende bruto benutting van P bij een hogere opname. Om dit effect te kwantificeren hebben we de benutting van verteerbaar P berekend op basis van de bepaalde verteerbaarheid van basisvoer en een vertering van 83% voor MCP. De resultaten hiervan

zijn toegevoegd aan bijlage 8 en figuur 9. In figuur 9 is het verschil tussen de vP-benutting op basis van bepaald en berekend vP geïllustreerd voor het traject 25-50 en 25-125 kg. Deze resultaten laten zien dat het hanteren van een metabole benutting van 100% in combinatie met een constante berekende verteerbaarheid die is vastgesteld bij een laag vP-gehalte in het voer, in de factoriële afleiding van de behoefte kan resulteren in een onderschatting van de vP-behoefte. De verteerbaarheid van P in voedermiddelen wordt doorgaans gebaseerd op tabelwaarden die zijn bepaald bij een beperkt vP-niveau in het proefvoer. De gerealiseerde vertering bij het P-niveau benodigd om de behoefte te dekken kan lager zijn. Er moet daarom overwogen worden om bij de afleiding van de behoefte met een benutting van minder dan 100% te rekenen om met een afnemende absorptie en benutting rekening te houden wanneer het vP-niveau in het voer de behoefte nadert.



Figuur 9. Invloed van P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de benutting van bepaald en berekend verteerbaar P in het traject 25-50 kg en 25-125 kg.

4.4 Groeiprestaties

De groeiprestaties lagen op een goed niveau met een gemiddelde opname van 2,24 kg/d, een groei van 930 g/d en een voederconversie van 2,43 bij een vP-voorziening van minimaal 90% van 25-125 kg. De maximale voeropname en groei liggen waarschijnlijk nog hoger, maar om grote spreiding tussen dieren te voorkomen werden de dieren volgens een voerschema gevoerd. Dit is goed verlopen, er waren niet veel dieren met voerresten en meestal werden deze later alsnog opgegeten. Het P-gehalte had weinig effect op de voeropname, alleen bij het laagste gehalte was de opname iets lager. Een laag P-gehalte resulteerde wel in een duidelijk lagere groei en hogere voederconversie (figuur 2) zoals ook door anderen in de literatuur beschreven (e.g. Saraiva et al., 2012). Dit effect was meteen vanaf de startvoerperiode aanwezig. Anderzijds is het opmerkelijk dat zelfs bij 50% vP de dieren nog een gemiddelde groei van 860 g/d realiseerden. Het effect van een laag P-gehalte op groei (ca. -10%) is dus veel kleiner dan het effect op botaanzet (ca. -40%). Dit hangt samen met het feit dat een laag P-niveau over de gehele periode geen aantoonbaar effect had op de vetaanzet en resulteerde in een relatief kleine daling in de eiwitaanzet van circa 10% (bijlage 5).

Het is gewenst dat de vP-voorziening in het voer voldoende is voor optimale groeiprestaties. Daarom hebben we in Tabel 7 de behoefte voor groei en voederconversie berekend op basis van de tabelwaarden voor vP. Vanwege de lagere vertering van het basisvoer hebben we deze berekening opnieuw uitgevoerd op basis van de uitgangspunten in paragraaf 4.2: de geanalyseerde verteerbaarheid van het basisvoer en een P-verteerbaarheid van 83% in MCP. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 9. Daarnaast hebben we in deze tabel weergegeven wat de daadwerkelijke vP-behoefte is, wanneer we rekening houden met de afnemende verteerbaarheid bij een hoger P-gehalte in het voer. Dit getal geeft de behoefte van het dier op metabool niveau weer, maar is praktisch minder goed bruikbaar omdat we dan niet meer met een constante verteringscoëfficiënt kunnen werken. De afnemende verteerbaarheid wanneer de vP-voorziening de behoefte nadert zou eventueel in de benutting kunnen worden verdisconteerd, zoals besproken in de vorige paragraaf.

Tabel 9. Schatting van helling, buigpunt en plateau van een lineair-plateau relatie tussen het berekende en bepaalde vP-gehalte (g/kg) in het voer en groei (g/d) en voederconversie in de drie gewichtstrajecten, waarbij alleen significante verschillen tussen seksen in het responsmodel zijn opgenomen¹⁾.

	plateau			Buigpunt vP		berekend		Buigpunt vP		bepaald	
	beer	zeug	P-sekse			P-sekse				P-sekse	
25-50 kg											
Groei	806±7.6	770±7.6	<0.001	1.81±0.24	0.103		1.81±0.24	0.102			
VC	1.87±0.02	1.96±0.02	<0.001	1.69±0.16	0.065		1.69±0.16	0.059			
50-80 kg											
Groei	974±11	907±11	<0.001	1.77±0.14	0.441		1.51±0.08	0.146			
VC	2.29±0.03	2.46±0.03	<0.001	1.77±0.16	0.851		1.50±0.08	0.853			
80-125 kg											
Groei	1145±19	1039±19	<0.001	2.12±0.48	0.224		Nb ²⁾	Nb ²⁾			
VC	2.54±0.04	2.82±0.04	<0.001	1.70±0.42	0.185		Nb	Nb			

¹⁾ Berekend vP op basis van de bepaalde verteerbaarheid van het basisvoer en de tabelwaarde van 0,83 voor de P-verteerbaarheid van MCP. De bepaald vP is gebaseerd op de bepaalde verteringscijfers bij de vijf P-niveaus in de drie gewichtstrajecten.

²⁾ nb niet bekend vanwege het niet convergeren van het statistisch model

Er waren duidelijke verschillen in groeiprestaties tussen zeugen en beren. De beren realiseerden vanaf de startperiode een hogere groei en een betere voederconversie. Deze verschillen werden steeds groter naarmate de dieren zwaarder werden. Over het gehele traject was de groei van beren circa 50 g/d hoger en de voederconversie 0,2 lager. Deze verschillen zijn iets groter dan in recente resultaten bij VIC Sterksel (Van der Peet et al., 2012). Er waren tussen zeugen en beren geen aantoonbare verschillen in vP-behoefte (g/kg) voor optimale groeiprestaties (tabel 7).

4.5 Lichaamssamenstelling en mineralenretentie

4.5.1 Eiwit- en vetaanzet

De vetaanzet werd niet wezenlijk beïnvloed door het P-gehalte in het voer. De kleine verschillen kunnen grotendeels door de variatie in voeropname verklaard worden. Het vP-niveau in het voer had wel een kromlijnige invloed op eiwitretentie, waarbij de eiwitretentie bij 50% en in mindere mate bij 70% was verlaagd (bijlage 5a,b en figuur 4). Een vergelijkbare respons werd gevonden door Alebrante et al. (2011) in varkens tussen 15 en 30 kg. Deze verlaging kan een direct gevolg zijn van een tekort aan P voor opbouw en functioneren van spierweefsel aangezien P een essentieel onderdeel is van een groot aantal bouwstoffen (DNA, fosfolipiden, ATP etc.). Circa 20% van het totaal P in het lichaam bevindt zich in spierweefsel, bloed en organen (Jongbloed, 1987). Anderzijds kan een lagere eiwitaanzet een indirect gevolg zijn van een lagere groei van het skelet. Hierbij is wel opmerkelijk dat de groei van spier- en orgaanweefsel wat betreft P-voorziening prioriteit lijkt te krijgen boven botaanzet. De afname van P in het voer van 130 naar 90% resulteert in een duidelijk lagere aanzet van as en Ca en P, zonder dat dit invloed heeft op de spier- en orgaangroei (eiwitaanzet). Bij een verdere afname in P-voorziening daalt de as-aanzet met 30-40%, terwijl de eiwitaanzet met slechts 5-10% afneemt.

4.5.2 As en mineralenretentie

Een opvallend resultaat was de lineaire toename in de retentie én het gehalte aan Ca, P en as in het lichaam bij een hoger vP-gehalte in het voer. Dit effect vonden we in elk gewichtstraject. Dit betekent dat bij elke verhoging van het vP-gehalte er meer as werd aangezet zonder dat we een afbuiging of maximum hierin konden vaststellen. Dit is opmerkelijk omdat bij factoriële systemen voor het berekenen van de P-behoefte veelal wordt uitgegaan van het concept van (bijna) maximale botmineralisatie. Hierbij wordt aangenomen dat in proeven met een ruime P-voorziening de maximale botmineralisatie was bereikt. De resultaten van dit onderzoek duiden erop dat maximale botmineralisatie wellicht op een hoger niveau ligt en pas bij een hoger vP-gehalte wordt bereikt dan veelal wordt aangenomen. Deze resultaten komen overeen met balansstudies van Fernandez et al. (1995) met vleesvarkens van 35 en 65 kg. De retentie van calcium en fosfor in het dier nam kromlijnig

toe bij een verhoging van het Ca- en P-gehalte in het voer. Bij het hoogste P-gehalte van omgerekend circa 5,0 en 3,6 g vP per EW bij resp. 35 en 65 kg leek er nog geen plateau in retentie te zijn bereikt en was er dus waarschijnlijk nog geen sprake van maximale botmineralisatie. Mudd et al. (1969) vonden in een slachtoproef bij varkens tussen 23 en 41 kg bij een toenemend Ca- en P-gehalte in het voer een sterke toename in Ca- en P-retentie en –gehalten in het lichaam, zonder effect op de groei. De resultaten laten een kromlijnige toename zien, waarvan het maximum nog niet is bereikt bij het hoogste Ca- en P-gehalte in het voer. Deze en andere studies zijn in meer detail besproken door Bikker en Jongbloed (2012).

Het P-gehalte binnen de asfractie (P in as, bijlage 4b) was vrij constant, 195 g/kg as, en werd niet wezenlijk door het P-gehalte in het voer of de sekse beïnvloed. Dit is een belangrijk gegeven wat betekent dat op basis van de asfractie zonder analyse van P al een goede schatting van het P-gehalte en de P-aanzet gegeven kan worden. Het Ca-gehalte in de asfractie nam wel significant toe met het P-niveau in het voer. Dit komt doordat de asfractie in bot een hoger Ca-gehalte heeft dan de asfractie in de rest van het lichaam. Ca in het lichaam bevindt zich voor ruim 98% in het bot, terwijl dit voor P circa 75-80% is. Een hoger P-niveau resulteert in een hogere as-aanzet in bot, en heeft veel minder invloed op de samenstelling van ander weefsel, waardoor de relatieve toename in Ca groter is dan voor P. Het Ca- en P-gehalte in botas en de Ca/P-verhouding in het bot varieert slechts tussen nauwe grenzen, zoals hieronder beschreven in paragraaf 4.6.

Tussen 25 en 50 kg vonden we geen invloed van sekse op de mineralenretentie. Vanaf 50 kg vonden we interacties tussen sekse en het lineaire effect van vP-niveau. Het gehalte en de aanzet van Ca en P namen sterker toe bij beren dan bij zeugen. Bij een laag vP-gehalte hadden de zeugen een hogere retentie en gehalte aan Ca en P, bij een hoog vP-gehalte waren deze gelijk of iets hoger bij de beren (figuur 3 en 5). Dit effect kan deels verklaard worden door het verschil in voederconversie. Zeugen hadden een hogere voederconversie, gebruikten dus meer voer per kg groei, waardoor per kg groei meer vP beschikbaar kwam en de dieren per kg lichaamsgewicht dan ook meer as, Ca en P konden aanzetten. Daarnaast was ook de P-benutting (P-retentie/P-opname) bij zeugen op een laag vP-niveau hoger dan bij beren (bijlage 8). De reden van dit effect is niet duidelijk, maar kan hormonaal gereguleerd zijn. De hogere retentie van beren bij het hoogste P-niveau (figuur 5) lijkt vooral een gevolg van de hogere groeisnelheid van de beren ten opzichte van de zeugen bij deze behandeling. Bij de hoge P-niveaus was er geen verschil in P-gehalte in het leeg lichaam tussen zeugen en beren. Dit is in overeenkomst met resultaten van Hendriks et al. (1993) die eveneens geen verschil vonden in P-gehalte bij zeugen en beren die van 25-110 kg een geconcentreerd voer met hoog vP-gehalte kregen.

4.5.3 *Forfaitaire gehalten*

De gegevens van deze proef kunnen gebruikt worden voor een latere actualisatie van het (forfaitair) P-gehalte in varkens bij aanvoer en afvoer van het bedrijf. Hierbij moet ook de inhoud van het maagdarmkanaal betrokken worden. Daarom is in paragraaf 3.4.4 en tabel 4 de lichaamssamenstelling inclusief darmvulling weergegeven. In analogie met de vorige paragraaf is het P-gehalte in het totaal dier sterk afhankelijk van het vP-niveau in het voer. Dit is een belangrijk gegeven wat betekent dat varkens die een ruime hoeveelheid vP in het rantsoen krijgen, ook meer P in het lichaam vastleggen.

Bij aanvoer vonden we een P-gehalte van $5,27 \pm 0,37$ g/kg, bij slachten varieerde dit tussen 3,9 en 5,6 g/kg. De zeugen hadden gemiddeld een hoger gehalte dan de beren, maar dit werd geheel veroorzaakt door de lage P-niveaus tot 90%. Bij een adequaat P-niveau geven deze resultaten geen aanleiding onderscheid te maken tussen zeugen en beren. Op dit moment bedragen de forfaitaire gehalten voor biggen van 25 kg 0,0122 en van slachtvarkens 0,0123 kg fosfaat/kg lichaamsgewicht ofwel 5,33 en 5,37 g P/kg. Deze forfaitaire waarden komen goed overeen met onze gemiddelde resultaten bij een P-niveau van 90-130%. Een vraag is wel hoe omgegaan moet worden met het continue stijgende P-gehalte in het dier bij een vP-gehalte boven de behoefte voor maximale groei. De discussie of onze resultaten al dan niet aanleiding geven tot een aanpassing van de forfaitaire waarden valt buiten het bereik van dit onderzoek.

4.6 Mineralenretentie in de Metacarpus

De lengte van de metacarpus werd, bij een vast slachtgewicht, niet beïnvloed door het vP-gehalte in het voer. Dit duidt erop dat de vP-voorziening essentieel is voor een goede skeletontwikkeling, maar dat ook bij een zeer lage vP voorziening bijna dezelfde lengtegroei wordt gerealiseerd. Het effect op gewicht en asgehalte is echter aanzienlijk groter. Het totale asgewicht in de metacarpus was bij 50% vP slechts 65-70% van het asgewicht bij 130% vP. Deze afname werd voor circa een derde veroorzaakt door een lager gehalte aan as in de VVDS en voor circa twee derde door een daling in de totale hoeveelheid VVDS. Dit betekent dat een laag vP-gehalte niet alleen resulteert in een vermindering van de botmineralisatie maar ook in een lagere aanzet van de organische botmatrix waarin de mineralisatie plaatsvindt. Verder duiden deze resultaten erop dat het asgehalte in de VVDS, wat vaak gebruikt wordt als kenmerk om effecten op botkwaliteit vast te stellen, waarschijnlijk een onderschatting geeft van de respons van de botten op de mineralenvoorziening en beoordeeld moet worden in samenhang met het totaal botgewicht.

Het Ca- en P-gehalte in de asfractie waren zeer constant, met een onderlinge verhouding van gemiddeld 2,16 wat overeenkomt met de verhouding van Ca en P in hydroxyapatiet, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, de minerale vorm waarin deze in botweefsel voorkomen. Dit betekent dat de Ca- en P-bepalingen correct en nauwkeurig zijn uitgevoerd en dat de botsfractie een zeer constante samenstelling heeft, waardoor asgehalte en -hoeveelheid al een goede maat vormen om effecten van de P-voorziening te bepalen. Door de constante Ca- en P-gehalte in de asfracties geldt wat we hierboven schreven over de as ook voor Ca en P. De totale hoeveelheid hiervan nam sterk toe door een toename in de VVDS en door een toename in totale botmassa.

Het as, P en Ca-gehalte in de VVDS namen tot 50 kg lineair en vanaf 80 kg kromlijng toe met een hoger vP-gehalte in het voer (figuur 6 en bijlage 6). In tabel 10 hebben we weergegeven bij welk berekend vP-gehalte een buigpunt in het as-, Ca- en P-gehalte in de VVDS optreedt. Omdat de botsamenstelling bij 80 en 125 kg mede bepaald is door de samenstelling van startvoer en groeivoer, hebben we het gemiddeld vP-gehalte over alle opgenomen voer als verklarende variabele (x-waarde) gebruikt. Het buigpunt lag voor 25-50 kg bij circa 2,6 g vP, voor 25-80 kg bij 2,3 g vP en voor 25-125 kg bij 2,2 g vP. Met behulp van tabel 8 kan afgeleid worden dat deze vP-gehalten goed overeenkomen met 100% van de behoefte op basis van de huidige CVB-normen ligt. De resultaten duiden er verder op dat bij een toenemend lichaamsgewicht een afnemend gehalte aan vP/kg voer nodig was voor het bereiken van een maximum as-, Ca en P-gehalte in de VVDS.

Bij 125 kg lijkt het dat de beren een hoger vP-gehalte nodig hadden dan zeugen om een zelfde maximum asgehalte (625 g/kg) in de VVDS te bereiken als de zeugen. Dit effect kan wellicht deels verklaard worden door de lagere voederconversie van de beren waardoor minder vP en Ca per kg lichaamsgroei beschikbaar is dan bij zeugen. Daarnaast is bij 125 kg het gewicht van de metacarpus bij beren ook significant hoger dan bij zeugen, waardoor meer vP nodig is om een zelfde asgehalte te realiseren als bij zeugen. Het hoogste vP-gehalte resulteerde bij beren uiteindelijk dan ook niet in een hoger asgehalte in de metacarpus dan bij zeugen, maar wel in een hoger totaal asgewicht. Dit kan er op duiden dat de beren uiteindelijk bij een gelijk lichaamsgewicht een hoger skeletgewicht realiseren, maar daarvoor vonden we geen ondersteuning in een hoger totaal asgehalte.

Tabel 10. Schatting van buigpunt en plateau van een lineair-plateau relatie tussen berekend¹⁾ vP-gehalte in het voer en As, Ca en P-gehalte in de VVDS in metacarpus IV bij 50, 80 en 125 kg.

	plateau			Buigpunt vP berekend			
	beer	zeug	P-sekse	beer	zeug	P-sekse	gemiddeld
50 kg							
As in VVDS	598,7±4,3	607,7±3,1	0,103	2,85±0,30	2,39±0,19	0,198	2,59±0,21
P in VVDS	119,9±1,3	114,2±1,5	0,041	2,39±0,54	3,01±0,51	0,406	2,51±0,37
Ca in VVDS	235,3±2,5	243,4±3,0	0,048	2,39±0,61	2,86±0,48	0,549	2,69±0,29
80 kg							
As in VVDS	615,3±3,3	618,1±3,4	0,566	2,43±0,14	2,26±0,13	0,261	2,34±0,11
P in VVDS	116,0±0,82	116,0±0,65	0,971	2,26±0,13	2,02±0,14	0,099	2,23±0,11
Ca in VVDS	249,2±1,9	250,2±1,9	0,685	2,29±0,18	2,17±0,17	0,583	2,23±0,15
125 kg							
As in VVDS	625±3,8	625±2,2	0,948	2,59±0,18	1,80±0,20	0,007	2,24±0,13
P in VVDS	116,4±0,79	118,3±0,75	0,102	2,39±0,31	2,21±0,18	0,610	2,28±0,17
Ca in VVDS	250,7±1,4	253,6±1,1	0,093	2,23±0,25	1,67±0,15	0,064	2,17±0,18

¹⁾ Berekend vP op basis van de bepaalde verteerbaarheid van het basisvoer en de tabelwaarde van 0,83 voor de P-verteerbaarheid van MCP.

4.7 Biomarkers in bloed

De kennis en ervaring met het gebruik van biomarkers in bloed als indicator voor het mineralen metabolisme bij varkens zijn nog beperkt. Bot opbouw en afbraak zijn afhankelijk van de activiteit van osteoblasten en osteoclasten. Serum osteocalcine (OC), geproduceerd door osteoblasten wordt gezien als een marker voor botopbouw, CTx, carboxy-terminal collagen crosslinks of C-terminal telopeptide is een biomarkers voor botresorptie. Counotte et al., 2009 vonden een toename in serum CTx en een afname in serum OC bij zeugen na afbiggen en de omgekeerde respons na spenen. Dit duidt erop dat deze geschikt zijn als biomarkers voor bot resorptie en Ca- en P-mobilisatie na afbiggen en herstel van botopbouw na spenen. Bij groeiende varkens zijn de gepubliceerde resultaten niet eenduidig. Het gehalte aan CTx werd in onze proef slechts in beperkte mate door de proefbehandelingen beïnvloed, wellicht omdat er bij deze groeiende dieren slechts beperkt botresorptie door turnover plaats vond. Het CTx-gehalte was numeriek hoger bij 110 kg dan bij 60 en 90 kg, wat erop kan duiden dat bij de zwaardere dieren meer afbraak en turnover van bot optreedt. De hoge waarde voor beren bij het laagste P-niveau zou kunnen duiden op een hogere botturnover (remodelling) om de gewenste groei te realiseren. Liesegang et al. (2002) vonden een toename in CTx, zonder consistent effect op OC, bij jonge varkens die gedurende 4 weken een voer met een laag P-gehalte kregen.

In onze proef nam het OC-gehalte in bloed wel (lineair) toe bij een hoger vP-gehalte in het voer wat duidt op een hogere activiteit van osteoclasten, gerelateerd aan de botopbouw. Varley et al. (2011) vonden, in overeenstemming met onze resultaten, een hoger OC-gehalte in het bloed van groeiende varkens bij een hoger P-gehalte in het voer en een hogere P-retentie en botaanzet. Carter et al. (1996) vonden juist een afname in OC bij een toename aan Ca en P in het voer en een negatieve correlatie met botmineralisatie bij jonge groeiende varkens. Shaw et al. (2006) vonden een toename in serum OC bij zware vleesvarkens wanneer de vitamines en mineralen uit het voer werden weggelaten. Een mogelijke verklaring is dat OC een regulerende rol speelt bij de vorming en differentiatie van osteoclasten en bij de turnover (opbouw en afbraak) van botweefsel. Een nadere analyse van beschikbare data en van de functies van OC zijn nodig om de verschillende resultaten te verklaren en een eenduidige interpretatie te geven aan OC en CTx als biomarker bij varkens.

5 Conclusies

- De samenstelling van de proefvoerders, inclusief de gehalten aan Ca en P, was conform verwachting.
- De verteerbaarheid van fosfor was in het basisvoer met 50% van de berekende vP-behoefte lager dan vooraf berekend, met name bij de dieren van 50 kg.
- De verteerbaarheid van toegevoegd P uit monocalciumfosfaat kwam gemiddeld bij de toevoeging tot circa 90% goed overeen met de tabelwaarde (0,83). Bij een verdere verhoging werd een veel lagere verteerbaarheid gevonden, ondanks dat de P-retentie in de dieren verder toenam.
- Deze afname in vertering en benutting vereist nadere aandacht bij gebruik van een modelmatige of factoriele benadering van de behoefte.
- In elk gewichtstraject (25-50, 50-80 en 80-125 kg) namen de groeiprestaties curvilineair toe met een hoger vP-gehalte in het voer.
- In elk gewichtstraject realiseerden de beren een hogere groei en lagere (betere) voederconversie dan de zeugen. Dit verschil tussen zeugen en beren nam toe naarmate de dieren zwaarder werden.
- Op basis van een lineair-plateau model vonden we geen verschil in berekende vP-behoefte tussen zeugen en beren voor het bereiken van maximale groeiprestaties.
- De behoefte voor maximale groei en minimale voederconversie circa 1,8 g vP/kg in startvoer en groeivoer. In eindvoer lijkt minimaal 1.7 g vP/kg nodig, maar de schatting hiervan was niet consistent doordat de zeugen bij een hoog vP-gehalte een onverwachte respons lieten zien.
- De retentie van as en fosfor in het lichaam nam in elk gewichtstraject lineair toe met een toename van het vP-gehalte in het voer. Er werd dus geen plateau in P-retentie of P-gehalte in het lichaam aangetoond.
- Er was een interactie tussen P-niveau en sekse op asretentie en gehalte in het dier. Bij een laag vP-niveau was de retentie en het gehalte aan as en P in het lichaam hoger bij zeugen dan bij beren. Dit kan waarschijnlijk (deels) verklaard worden uit de hogere (slechtere) voederconversie van zeugen waardoor deze meer vP per kg lichaamsgroei beschikbaar hebben.
- Bij een hoog vP-niveau was voorgaand verschil tussen zeugen en beren afwezig. De as- en P-retentie (g/d) was bij het hoogste P-niveau numeriek hoger bij beren. Deze resultaten duiden erop dat beren bij een hogere groei ook een hogere as en P-aanzet kunnen realiseren dan zeugen, mits ze daarvoor ook voldoende vP in het voer krijgen. Er waren geen aanwijzingen dat dit resulteert in een hoger as- of P-gehalte in het lichaam.
- De samenstelling van de as in metacarpusbot was zeer constant met een Ca/P-verhouding van 2,16, overeenkomstig met de Ca/P-verhouding in hydroxyapatiet.
- In de totale asfractie van het dier nam het Ca-gehalte en de Ca/P-verhouding toe bij een hoger vP- (en Ca-)gehalte in het voer. Dit duidt erop dat bij een laag vP-gehalte relatief veel P in spier- en orgaanweefsel wordt aangezet, wat gepaard gaat met slechts een laag Ca-gehalte. Bij een stijgend vP-gehalte in het voer wordt meer P in botweefsel aangezet, wat samengaat met een hoge Ca-retentie.
- Voorgaande impliceert dat bij een lage P-voorziening de retentie van P in orgaan- en spierweefsel prioriteit krijgt boven de aanzet in botweefsel.
- Een verhoging van het vP-gehalte in het voer had geen wezenlijke invloed op de vetaanzet en resulteerde in een kleine toename in de eiwitaanzet, met name bij een laag P-gehalte.
- Het gewicht van de metarpus III en IV nam toe bij een hoger vP-gehalte in het voer. Bij 125 kg was het gewicht duidelijk hoger bij beren dan bij zeugen. Dit kan duiden op een hoger totaal skeletgewicht bij beren, maar dit werd niet ondersteund door een hoger asgehalte in het leeg lichaam.
- Het as-, P- en Ca-gehalte in de metacarpus nam kromlijng toe bij een hoger vP-gehalte in het voer. Het vP-gehalte waarbij een maximum werd bereikt was vergelijkbaar voor zeugen en beren en lag op het niveau van de huidige CVB-normen voor vP. De vP-behoefte voor maximale groei was duidelijk lager.
- Het totale as- en P-gewicht in de metacarpus III en IV namen tot 80 kg lineair toe bij een hogere vP-voorziening door een toename in as en P in de VVDS en een toename van het totale botgewicht. Alleen bij 125 kg werd een kromlijng effect gevonden. Het gebruik van as- of P-gehalte in de VVDS als enige criterium om de effecten van vP-opname te bepalen resulteert dus in een onderschatting van de effecten van vP-niveau.

- De lineaire toename in P-retentie (afwezigheid van een maximum) in het dier bij een hoger vP-gehalte in het voer impliceert dat we in deze studie geen maximale retentie en eveneens geen vP-behoefte voor maximale botmineralisatie konden vaststellen. De hoge groei en goede gezondheid duiden erop dat het ook niet nodig is een maximale P-retentie te realiseren. Voor het afleiden van de vP-behoefte dient bepaald te worden welk niveau van P-retentie of botmineralisatie gewenst is.
- Het huidige forfaitaire P-gehalte van 5,33 en 5,37 g/kg voor zeugen en beren ligt tussen de resultaten in het volle lichaam bij de twee hoogste P-gehalten: 5,22 en 5,58 g/kg. Een aandachtspunt hierbij is de lineaire stijging in P-gehalte in het dier met het vP-gehalte in het voer waardoor de daadwerkelijke afvoer in het dier mede door het rantsoen bepaald wordt.
- Het OC-gehalte nam in samenhang met een hogere botopbouw toe bij een hoger P-niveau in het voer. Het gebruik van CTx en OC als biomarkers voor het botmetabolisme en de fosforstatus van groeiende vleesvarkens vereist nadere analyses van de beschikbare en soms tegenstrijdige data in deze proef en de literatuur.

Literatuur

- Alebrante, L., Donzele, J. L., Oliveira, R. F. M. de, Saraiva, A., Guimaraes, S. E. F., Ferreira, A. S., 2011. Available phosphorus levels in diets for pigs with high genetic potential for lean meat deposition kept in thermoneutral environment from 15 to 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:323-330.
- Bikker, P. en Jongbloed, A.W., 2012. Vertering en retentie van fosfor bij varkens gevoerd met brijvoer; een literatuurstudie. Wageningen UR Livestock Research, rapport 595.
- Carter, S. D., Cromwell, G. L., Combs, T. R., Colombo, G., Fanti, P., 1996. The determination of serum concentrations of osteocalcin in growing pigs and its relationship to end-measures of bone mineralization. *J. of Anim. Sci.* 74:2719-2729.
- Counotte, G. H. M., Groenland, G., Salden, N., 2009. Changes in blood concentrations of bone-specific biomarkers, osteocalcin and C-telopeptide, in third or higher parity sows after administration of calcium and vitamin D. [Dutch]. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 134:230-237.
- CVB, 2010. Tabellenboek Veevoeding; voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. CVB-reeks nr. 49. Productschap Diervoeder Den Haag.
- Fernández, J., 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absorption and balance studies. *Livest. Prod. Sci.* 41, 233-241.
- GfE, 2008. Recommendations for the supply of energy and nutrients to pigs. DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- Jongbloed, A.W., 1987. Phosphorus in the feeding of pigs: Effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, Rapport IVVO-DLO no. 179.
- Jongbloed, A.W., Diepen, J.Th.M. van, Kemme, P.A., 2003. Fosfornormen voor varkens: herziening 2003. CVB-documentatierapport nr. 30.
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., 2002. De gehalten aan stikstof, fosfor en kalium in varkens vanaf geboorte tot ca. 120 kg en van opfokzeugen. Rapport ID-Lelystad no. 2222.
- Kemme, P.A., Jongbloed, A.W., Mroz, Z., Beynen, A.C., 1997. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by their physiological status. *J. Anim. Sci.* 75:2129-2138.
- Madrid, J., Martínez, S., López, C., and Hernández, F. 2013. Effect of phytase on nutrient digestibility, mineral utilization and performance in growing pigs. *Livestock Sci.* 154:144–151.
- Mudd, A.J., Smith, W.C., Armstrong, D. 1969. Influence of dietary concentration of calcium and phosphorus on their retention in body of growing pig. *J. Agric. Sci.* 73, 189.
- Noblet, J., Shi, X.S. and Dubois, S., 2004. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 72:648-657.
- Noblet, J., Karege, C., Dubois, S., van Milgen, J., 1999. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. *J. Anim. Sci.*, 77:1208-1216.
- Peet-Schwering, C.M.C. van der, Straathof, S.B., Binnendijk, G.P., en Diepen, J.T.M. van, 2012. Effect van grondstoffsamenstelling en aminozuurgehalte op technische resultaten van beren, borgen en zeugjes. Wageningen UR Livestock Research, rapport 563.
- 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.
- Saraiva, A., Donzele, J. L., Oliveira, R. F. M., Abreu, M. L. T., Silva, F. C. O., Guimaraes, S. E. F., Kim, S. W., 2012. Phosphorus requirements for 60- to 100-kg pigs selected for high lean deposition under different thermal environments. *J. Anim. Sci.* 90:1499-1505.
- Shaw, D. T., Rozeboom, D. W., Hill, G. M., Orth, M. W., Rosenstein, D. S., Link, J. E., 2006. Impact of supplement withdrawal and wheat middling inclusion on bone metabolism, bone strength, and the incidence of bone fractures occurring at slaughter in pigs. *J. of Anim. Sci.* 84:1138-1146.
- Van Milgen, J., Valancogne, A., Dubois, S., Dourmad, J.Y., Séve, B., and Noblet, J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 143:387–405.
- Varley, P. F., Sweeney, T., Ryan, M. T., O'Doherty, J. V., 2011. The effect of phosphorus restriction during the weaner-grower phase on compensatory growth, serum osteocalcin and bone mineralization in gilts. *Livest. Sci.* 135:282-288.

Bijlagen

Bijlage 1. proefvoerders

Samenstelling van de proefvoerders: ingrediënten en nutriënten (beide in g/kg)

	25-50 kg					50-80 kg					80-125 kg				
P-niv, % CVB ¹⁾	50	70	90	110	130	50	70	90	110	130	50	70	90	110	130
tarwe ²⁾	244	244	244	244	244	254	254	254	254	254	263	263	263	263	263
gerst ²⁾	244	244	244	244	244	254	254	254	254	254	263	263	263	263	263
sojaolie ²⁾	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
maïs	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
sojaschroot	158	158	158	158	158	136	136	136	136	136	109	109	109	109	109
raapzaadschr.	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
sojahullen	-	-	-	-	-	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
rietmelasse	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
sojaolie	5.8	6.6	8.1	9.7	11.2	6.5	6.9	8.1	9.5	10.8	7.0	7.3	8.1	9.3	10.6
palmolie	5.8	6.6	8.1	9.7	11.2	6.5	6.9	8.1	9.5	10.8	7.0	7.3	8.1	9.3	10.6
NaCl	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57
Premix ³⁾	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Cr ₂ O ₃ - premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L-LYS HCL	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
DL-MET	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
L-THR	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
L-TRP	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
maïszetmeel	32.0	27.3	18.4	9.5	0.64	25.0	22.8	15.6	7.9	0.09	23.0	21.2	16.7	9.6	2.58
CaCO ₃	8.64	8.89	11.88	14.87	17.86	8.90	7.87	10.09	12.71	15.32	8.94	8.11	8.87	11.24	13.60
MCP	0.81	3.62	6.42	9.22	12.02	0.10	2.55	5.01	7.46	9.91	0.00	1.98	4.20	6.42	8.64
Nutriënten, g/kg ⁴⁾															
drogestof	871	872	873	874	875	871	871	872	873	874	871	871	872	873	873
ruwe as	42	45	51	57	62	41	43	47	52	57	40	41	44	49	53
ruw eiwit	170	170	170	170	170	161	161	161	161	161	151	151	151	151	151
ruw vet	43	44	47	51	54	44	45	48	50	53	46	46	48	50	52
ruwe celstof	33	33	33	33	33	36	36	36	36	36	40	40	40	40	39
zetmeel	408	405	397	390	382	413	411	405	399	392	421	419	415	410	404
suiker	51	51	51	51	51	49	49	49	49	49	47	47	47	47	47
NSP	163	163	163	163	163	169	169	169	169	169	174	174	174	174	174
vNSP	99	99	99	99	99	101	101	101	101	101	102	102	102	102	102
EW	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
NEv, MJ	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68
Ca	5.00	5.54	7.13	8.71	10.30	5.00	5.00	6.24	7.62	9.01	5.00	5.00	5.64	6.90	8.15
Ca/vP	3.79	3.00	3.00	3.00	3.00	4.33	3.09	3.00	3.00	3.00	4.59	3.42	3.00	3.00	3.00
P	3.80	4.43	5.07	5.70	6.34	3.56	4.12	4.68	5.24	5.79	3.43	3.89	4.39	4.89	5.40
vP	1.32	1.85	2.38	2.90	3.43	1.16	1.62	2.08	2.54	3.00	1.09	1.46	1.88	2.30	2.72
VP/EW	1.20	1.68	2.16	2.64	3.12	1.05	1.47	1.89	2.31	2.73	0.99	1.33	1.71	2.09	2.47
VC P (vP/P)	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54	0.33	0.39	0.44	0.48	0.52	0.32	0.38	0.43	0.47	0.50
inositol-P	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
Na	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Cl	3.94	3.94	3.94	3.93	3.93	3.76	3.75	3.75	3.75	3.75	3.77	3.77	3.78	3.78	3.78
EB	161	161	161	161	161	160	160	160	160	160	149	149	149	149	149
AID LYS	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
AID MET	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
AID M+C	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
AID THR	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
AID TRP	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

¹⁾ Percentage van de vP-behoefte volgens CVB: 2,4 g, 2,1 g en 1,9 g vP/EW in startvoer, groeivoer en eindvoer.

²⁾ Een mengsel van tarwe, gerst en sojaolie was vooraf verhit om fytase te reduceren.

³⁾ De premix bevatte per kg voer: vitamine A, 7500 IU; vitamine D₃, 1500 IU; vitamine E, 25 IU; vitamine K₃, 0.75 mg; riboflavine, 4.0 mg; D-pantotheen zuur, 6 mg; niacine, 30 mg; vitamine B₁₂, 20 µg; Fe (FeSO₄-H₂O), 80 mg; Cu (CuSO₄-5H₂O), 15 mg; Zn (ZnSO₄-H₂O), 62 mg; Mn (MnO), 24 mg; Co (CoSO₄-7H₂O), 0.15 mg; I (KI), 0.4 mg; and Se (Na₂SeO₃-5H₂O), 0.2 mg.

⁴⁾ Berekend volgens CVB, 2011

Bijlage 2. voerschema

Voerschema in kg/d bij voer met 1,1 EW, gebaseerd op 2,4 x onderhoud (NEm) waarbij onderhoud is berekend als $0,728 \text{ MJ NE/kg LW}^{0.6}$ (Noblet et al., 1999; INRAporc). Ter vergelijking is de voergift eveneens uitgedrukt ten opzicht van de onderhoudsbehoefte berekend als $0.321 \text{ MJ NE/kg LW}^{0.75}$.

Gewicht, kg	1xNEm	2.4xNEm	Factor x NEm ¹⁾
20	0.45	1.09	3.47
25	0.52	1.25	3.36
30	0.58	1.39	3.27
35	0.63	1.52	3.19
40	0.69	1.65	3.13
45	0.74	1.77	3.08
50	0.79	1.89	3.03
55	0.83	2.00	2.98
60	0.88	2.11	2.95
65	0.92	2.21	2.91
70	0.96	2.31	2.88
75	1.00	2.41	2.85
80	1.04	2.50	2.82
85	1.08	2.59	2.80
90	1.12	2.69	2.77
95	1.16	2.77	2.75
100	1.19	2.86	2.73
105	1.23	2.95	2.71
110	1.26	3.03	2.69
115	1.30	3.11	2.67
120	1.33	3.19	2.65
125	1.36	3.27	2.64
Gemiddeld	0.96	2.30	

- 1) Ter toelichting is hier het voerschema van 2.4 x NEm, teruggerekend als factor x onderhoud waarbij onderhoud is berekend als $0.321 \text{ MJ NE/kg LW}^{0.75}$ (ARC, 1981) omdat deze ook vaak gebruikt wordt.

Bijlage 3. groeiprestaties

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de groeiprestaties per gewichtstraject en voor het gehele traject vanaf 25 kg tot slachten bij 80 en 125 kg.

		P-niv							P				
	Sekse	50	70	90	110	130	Gem.	SE	PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
25-50 kg													
Voer, g/d	Gem.	1508	1494	1496	1517	1499		6.8	0.968	0.602	0.223	0.276	0.918
	Beer	1513	1480	1499	1514	1488	1499	9.6					
	Zeug	1503	1508	1493	1520	1510	1507	9.6					
Groei, g/d	Gem.	734 ^a	772 ^b	794 ^b	790 ^b	782 ^b		9.9	<0.001	0.002	<0.001	0.28	0.527
	Beer	740	786	831	791	810	792	14.4					
	Zeug	727	759	756	789	753	756	14.4					
VC	Gem.	2.065 ^b	1.940 ^a	1.895 ^a	1.925 ^a	1.930 ^a		0.025	<0.001	<0.001	<0.001	0.159	0.671
	Beer	2.054	1.889	1.811	1.919	1.844	1.903	0.036					
	Zeug	2.076	1.991	1.979	1.93	2.015	2.001	0.036					
50-80 kg													
Voer, g/d	Gem.	2197	2219	2221	2225	2212		8.0	0.149	0.028	0.387	0.528	0.166
	Beer	2192	2219	2235	2230	2213	2218	11.3					
	Zeug	2201	2219	2207	2220	2211	2211	11.3					
Groei, g/d	Gem.	832 ^a	911 ^b	936 ^{bc}	923 ^{bc}	961 ^c		14.3	<0.001	0.028	<0.001	0.151	0.825
	Beer	850	949	960	963	1011	946	20.2					
	Zeug	813	874	912	883	911	879	20.2					
VC	Gem.	2.653 ^c	2.444 ^b	2.378 ^{ab}	2.431 ^b	2.315 ^a		0.038	<0.001	0.035	<0.001	0.354	0.612
	Beer	2.59	2.34	2.329	2.331	2.194	2.358	0.054					
	Zeug	2.717	2.548	2.426	2.531	2.436	2.531	0.054					
80-125 kg													
Voer, g/d	Gem.	2859	2900	2909	2883	2875		18.7	0.789	0.064	0.501	0.915	0.05
	Beer	2829	2909	2922	2886	2852	2880	26.4					
	Zeug	2888	2891	2897	2880	2899	2891	26.4					
Groei, g/d	Gem.	1009	1066	1065	1084	1100		21.7	0.006	0.447	<0.001	0.731	0.078
	Beer	1032	1161	1137	1120	1140	1118	30.6					
	Zeug	986	970	994	1047	1060	1011	30.6					
VC	Gem.	2.84	2.746	2.748	2.674	2.624		0.051	0.004	0.952	<0.001	0.522	0.217
	Beer	2.746	2.508	2.574	2.592	2.504	2.585	0.072					
	Zeug	2.934	2.984	2.922	2.756	2.743	2.868	0.072					
25-80 kg													
Voer, g/d	Gem.	1846	1845	1853	1855	1851		7.6	0.397	0.673	0.407	0.595	0.942
	Beer	1841	1833	1860	1846	1852	1847	10.8					
	Zeug	1850	1856	1845	1865	1850	1853	10.8					
Groei, g/d	Gem.	777 ^a	838 ^b	861 ^{bc}	854 ^{bc}	874 ^c		10.9	<0.001	0.008	<0.001	0.142	0.604
	Beer	789	866	887	865	918	865	15.4					
	Zeug	765	809	835	842	829	815	15.4					
VC	Gem.	2.382 ^b	2.208 ^a	2.158 ^a	2.181 ^a	2.13 ^a		0.029	<0.001	0.005	<0.001	0.291	0.592
	Beer	2.341	2.119	2.101	2.142	2.02	2.145	0.041					
	Zeug	2.422	2.298	2.215	2.221	2.24	2.280	0.041					
25-125 kg													
Voer, g/d	Gem.	2219	2248	2255	2239	2232		11.1	0.624	0.029	0.311	0.443	0.841
	Beer	2214	2225	2267	2226	2236	2234	15.7					
	Zeug	2225	2270	2243	2253	2228	2244	15.7					
Groei, g/d	Gem.	861 ^a	908 ^b	923 ^b	921 ^b	939 ^b		20.2	<0.001	0.165	<0.001	0.557	0.728
	Beer	876	962	970	927	991	945	14.2					
	Zeug	846	854	876	916	886	876	14.2					
VC	Gem.	2.581 ^b	2.487 ^{ab}	2.451 ^a	2.436 ^a	2.39 ^a		0.035	<0.001	0.371	<0.001	0.875	0.632
	Beer	2.531	2.313	2.339	2.407	2.259	2.370	0.049					
	Zeug	2.631	2.660	2.562	2.464	2.521	2.568	0.049					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 4a. lichaamssamenstelling macronutriënten

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op het eindgewicht (kg), de samenstelling van het leeg lichaam (in g/kg) aan het eind van de startperiode (50 kg), groeiperiode (80 kg) en eindperiode (125 kg).

		P-niv							P				
	Sekse	50	70	90	110	130	Gem.	SE	PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
50 kg													
LW eind	Gem.	51.3	50.5	50.2	52.2	50.9		0.83	0.904	0.640	0.664	0.418	0.190
	Beer	51.2	50.3	51.0	52.1	49.6	50.8	1.18					
	Zeug	51.5	50.8	49.3	52.4	52.1	51.2	1.18					
Leeg LW	Gem.	49.3	48.3	48.4	50.7	49.2		0.86	0.569	0.706	0.456	0.433	0.076
	Beer	48.6	48.4	49.4	50.2	47.7	48.8	1.22					
	Zeug	49.9	48.3	47.4	51.1	50.7	49.4	1.22					
Vocht	Gem.	675 ^a	686 ^b	688 ^b	680 ^{ab}	679 ^{ab}		3.4	0.703	0.015	0.001	0.912	0.985
	Beer	681	693	690	692	684	687	4.8					
	Zeug	669	679	686	669	675	676	4.8					
Eiwit	Gem.	166.8	165.3	164.7	169.8	167.6		1.32	0.238	0.348	0.019	0.936	0.949
	Beer	165.4	163.1	163.7	168.0	165.9	165.2	1.87					
	Zeug	168.2	167.4	165.7	171.6	169.2	168.3	1.87					
Vet	Gem.	141.2 ^b	127.0 ^a	124.5 ^a	126.6 ^a	126.3 ^a		4.24	0.029	0.055	0.017	0.855	0.738
	Beer	135.3	122.9	122.6	117.0	121.2	124.2	6.00					
	Zeug	147.1	131.0	126.4	136.1	131.3	134.5	6.00					
As	Gem.	19.3 ^a	21.4 ^b	23.4 ^c	25.8 ^d	27.5 ^e		0.51	<0.001	0.873	0.426	0.866	0.151
	Beer	19.3	21.1	23.2	24.6	28.0	23.3	0.72					
	Zeug	19.3	21.7	23.7	27.0	27.0	23.7	0.73					
80 kg													
LW eind	Gem.	80.1	82.8	82.7	81.8	83.0		0.89	0.079	0.252	0.580	0.093	0.713
	Beer	78.9	81.3	83.4	81.7	83.6	81.8	1.26					
	Zeug	81.3	84.3	82.0	82.0	82.3	82.3	1.26					
Leeg LW	Gem.	77.1	78.9	80.3	79.5	80.4		0.87	0.014	0.207	0.781	0.540	0.929
	Beer	76.5	78.0	81.1	79.6	81.3	79.4	1.23					
	Zeug	77.7	79.8	79.5	79.4	79.5	79.1	1.23					
Vocht	Gem.	639	635	641	636	635		4.0	0.565	0.732	<0.001	0.762	0.103
	Beer	646	656	650	656	644	650	4.0					
	Zeug	632	613	632	615	626	625	5.7					
Eiwit	Gem.	167.7	171.6	168.9	171.6	168.9		1.69	0.658	0.276	0.322	0.476	0.345
	Beer	165.4	171.2	167.7	173.8	167.5	168.7	2.39					
	Zeug	170.0	172.1	170.2	169.4	170.3	170.4	2.39					
Vet	Gem.	176.3	173.2	166.5	169.9	168.7		4.24	0.188	0.362	<0.001	0.461	0.207
	Beer	169.6	152.2	159.0	146.4	158.1	157.9	6.00					
	Zeug	183.0	194.2	173.9	193.4	179.3	183.8	6.00					
As	Gem.	18.8 ^a	21.9 ^b	24.2 ^c	25.6 ^c	28.3 ^d		0.69	<0.001	0.458	0.631	0.124	0.367
	Beer	18.2	21.2	23.9	25.2	29.2	23.6	0.97					
	Zeug	19.3	22.6	24.6	25.9	27.3	23.9	0.97					
125 kg													
LW eind	Gem.	124.7	127.7	127.2	125.4	125.6		0.91	0.897	0.054	0.024	0.180	0.312
	Beer	126.2	128.4	129.4	126.1	125.2	127.1	1.29					
	Zeug	123.1	126.9	124.9	124.7	126.0	125.2	1.29					
Leeg LW	Gem.	121.2	123.5	123.6	121.7	122.4		0.91	0.867	0.136	0.014	0.428	0.268
	Beer	122.4	124.2	126.3	122.3	122.5	123.5	1.29					
	Zeug	120.0	122.7	120.9	121.2	122.2	121.4	1.29					
Vocht	Gem.	581	582	583	587	590		5.1	0.19	0.676	<0.001	0.187	0.732
	Beer	600	614	604	595	609	604	7.2					
	Zeug	563	551	561	578	571	565	7.2					
Eiwit	Gem.	162.6 ^a	164.6 ^{ab}	165.9 ^{ab}	166.4 ^{ab}	167.7 ^b		1.62	0.024	0.718	<0.001	0.463	0.369
	Beer	165.5	170.3	166.6	166.9	171.4	168.1	2.30					
	Zeug	159.7	158.8	165.3	166	164.1	162.8	2.30					
Vet	Gem.	236.2 ^b	233.0 ^{ab}	226.4 ^{ab}	222.0 ^{ab}	215.2 ^a		6.32	0.013	0.833	<0.001	0.289	0.935
	Beer	215.8	195.3	205.7	211.8	191.8	204.1	8.94					
	Zeug	256.6	270.8	247.1	232.3	238.6	249.1	8.94					
As	Gem.	20.4 ^a	21.5 ^a	25.0 ^b	27.2 ^c	29.0 ^c		0.65	<0.001	0.99	0.01	0.143	0.905
	Beer	19.2	20.0	24.0	27.3	28.6	23.8	0.91					
	Zeug	21.6	23.0	25.9	27.2	29.3	25.4	0.91					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

a) Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 4b. lichaamssamenstelling mineralen

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de gehalten aan Ca, en P in het leeg lichaam (in g/kg) aan het eind van de startperiode (50 kg), groeiperiode (80 kg) en eindperiode (125 kg).

	Sekse	P-niv						SE	P				
		50	70	90	110	130	Gem.		PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
50 kg Ca	Gem.	5.21 ^a	5.94 ^{ab}	6.62 ^b	7.42 ^c	8.48 ^d		0.234	<0.001	0.389	0.696	0.702	0.397
	Beer	5.17	5.87	6.56	7.10	8.67	6.70	0.331					
	Zeug	5.25	6.01	6.67	7.74	8.28	6.78	0.331					
P	Gem.	3.74 ^a	4.16 ^b	4.57 ^c	5.03 ^d	5.40 ^e		0.114	<0.001	0.932	0.502	0.894	0.245
	Beer	3.73	4.16	4.50	4.81	5.49	4.54	0.162					
	Zeug	3.76	4.16	4.65	5.26	5.31	4.62	0.162					
Ca in as	Gem.	269	277	282	288	307		5.6	<0.001	0.284	0.965	0.673	0.822
	Beer	267	277	283	289	308	285	7.9					
	Zeug	272	277	281	287	306	285	7.9					
P in as	Gem.	193.6	194.3	194.9	195.0	196.0		1.48	0.257	0.984	0.968	0.986	0.636
	Beer	192.7	196.6	194.0	195.6	195.7	194.8	1.48					
	Zeug	194.5	192.0	195.8	194.5	196.2	194.7	2.09					
80 kg Ca	Gem.	5.11 ^a	5.94 ^a	7.3 ^b	7.51 ^b	9.03 ^c		0.335	<0.001	0.932	0.942	0.102	0.338
	Beer	4.97	5.50	7.21	7.62	9.56	7.02	0.473					
	Zeug	5.25	6.38	7.39	7.40	8.51	7.00	0.473					
P	Gem.	3.68 ^a	4.23 ^b	4.82 ^c	5.03 ^c	5.59 ^d		0.151	<0.001	0.509	0.896	0.101	0.452
	Beer	3.58	4.06	4.77	5.06	5.8	4.66	0.213					
	Zeug	3.79	4.4	4.87	4.99	5.37	4.68	0.213					
Ca in as	Gem.	271 ^a	270 ^a	301 ^{bc}	293 ^b	318 ^c		5.9	<0.001	0.722	0.647	0.146	0.479
	Beer	272	258	302	302	325	293	8.3					
	Zeug	270	282	300	284	311	290	8.3					
P in as	Gem.	196.1	193.2	198.7	196.5	197.4		1.66	0.344	0.885	0.351	0.338	0.766
	Beer	196.5	191.4	199.5	200.6	198.0	197.3	2.35					
	Zeug	195.8	195.1	198.0	192.3	196.8	195.8	2.35					
125 kg Ca	Gem.	5.87 ^a	6.34 ^a	7.69 ^b	8.59 ^c	9.30 ^c		0.277	<0.001	0.988	0.006	0.071	0.705
	Beer	5.32	5.63	7.19	8.63	9.20	7.19	0.392					
	Zeug	6.41	7.06	8.19	8.55	9.40	7.92	0.392					
P	Gem.	3.93 ^a	4.14 ^a	4.86 ^b	5.29 ^c	5.66 ^c		0.131	<0.001	0.961	0.016	0.045	0.386
	Beer	3.69	3.85	4.58	5.30	5.70	4.62	0.185					
	Zeug	4.17	4.43	5.13	5.27	5.61	4.92	0.185					
Ca in as	Gem.	286 ^a	294 ^a	307 ^b	315 ^{bc}	320 ^c		4.0	<0.001	0.525	0.002	0.009	0.555
	Beer	276	280	298	317	320	298	5.7					
	Zeug	297	308	316	314	320	311	5.7					
P in as	Gem.	192.6	192.6	194.2	194.1	195.3		1.59	0.182	0.907	0.941	0.047	0.027
	Beer	191.9	192.2	190.5	194.6	199.3	193.7	2.25					
	Zeug	193.3	193.0	198.0	193.5	191.3	193.8	2.25					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 5a. retentie van macronutriënten en mineralen in het lichaam

Invloed van P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) en sekse op de retentie (g/d) van nutriënten in het leeg lichaam in de start- groei- en eindperiode.

		P-niv						SE	P				
	Sekse	50	70	90	110	130	Gem.		PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
25-50 kg													
Eiwit	Gem.	120	121	127	132	125		3.46	0.102	0.192	0.893	0.804	0.054
	Beer	117	119	135	132	122	125	4.90					
	Zeug	122	124	119	131	128	124	4.90					
Vet	Gem.	127	113	115	114	112		5.89	0.103	0.364	0.147	0.941	0.22
	Beer	119	108	121	104	106	112	8.33					
	Zeug	135	118	109	123	117	121	8.33					
As	Gem.	9.0 ^a	11.9 ^b	15.6 ^c	18.7 ^d	20.5 ^d		0.78	<0.001	0.335	0.887	0.698	0.914
	Beer	8.7	11.5	16.4	17.3	21.0	15.1	1.11					
	Zeug	9.3	12.2	14.9	20.0	19.9	15.2	1.11					
Ca	Gem.	1.84 ^a	2.80 ^a	4.03 ^b	5.07 ^b	6.35 ^c		0.34	<0.001	0.748	0.919	0.608	0.981
	Beer	1.68	2.71	4.24	4.71	6.56	4.01	0.49					
	Zeug	2.00	2.90	3.81	5.44	6.13	4.04	0.49					
P	Gem.	1.68 ^a	2.25 ^b	3.01 ^c	3.60 ^d	3.99 ^d		0.18	<0.001	0.431	0.898	0.77	0.993
	Beer	1.60	2.26	3.12	3.35	4.09	2.89	0.25					
	Zeug	1.76	2.25	2.90	3.84	3.89	2.91	0.25					
50-80 kg													
Eiwit	Gem.	135 ^a	160 ^b	163 ^b	162 ^b	163 ^b		4.56	<0.001	0.007	0.002	0.109	0.755
	Beer	140	165	162	184	172	164	6.45					
	Zeug	131	155	163	140	153	149	6.45					
Vet	Gem.	187 ^a	216 ^{ab}	217 ^b	223 ^b	226 ^b		9.59	0.011	0.237	0.006	0.753	0.047
	Beer	192	177	204	201	219	199	13.6					
	Zeug	183	256	229	244	233	227	13.6					
As	Gem.	14.1 ^a	19.8 ^b	23.6 ^{bc}	23.4 ^{bc}	27.9 ^c		1.56	<0.001	0.25	0.212	0.06	0.505
	Beer	13.8	18.9	23.5	26.5	30.9	22.7	2.20					
	Zeug	14.3	20.7	23.8	20.4	24.8	20.8	2.20					
Ca	Gem.	3.87 ^a	5.14 ^{ab}	7.80 ^c	7.18 ^{bc}	9.38 ^c		0.77	<0.001	0.552	0.27	0.086	0.378
	Beer	3.99	4.28	7.73	8.58	10.76	7.14	1.08					
	Zeug	3.76	5.99	7.87	5.79	8.00	6.32	1.08					
P	Gem.	2.83 ^a	3.79 ^{ab}	4.83 ^{bc}	4.69 ^{bc}	5.57 ^c		0.34	<0.001	0.282	0.156	0.054	0.558
	Beer	2.85	3.46	4.86	5.52	6.21	4.59	0.49					
	Zeug	2.82	4.12	4.79	3.85	4.93	4.12	0.49					
80-125 kg													
Eiwit	Gem.	152 ^a	159 ^{ab}	163 ^{ab}	160 ^{ab}	175 ^b		16.4	0.014	0.637	<0.001	0.406	0.74
	Beer	168	189	180	162	197	179	23.2					
	Zeug	137	129	146	157	154	145	23.2					
Vet	Gem.	347	338	339	326	317		17.9	0.221	0.828	0.008	0.201	0.178
	Beer	305	301	314	351	282	311	25.4					
	Zeug	389	375	364	302	353	356	25.4					
As	Gem.	23.4 ^a	21.1 ^a	26.5 ^{ab}	31.1 ^b	31.5 ^b		2.02	<0.001	0.545	0.474	0.66	0.291
	Beer	21.5	19.8	26.5	32.8	29.6	26.1	2.85					
	Zeug	25.2	22.3	26.5	29.3	33.5	27.4	2.85					
Ca	Gem.	7.26 ^a	7.11 ^a	8.44 ^{ab}	10.84 ^b	10.13 ^b		0.84	0.001	0.984	0.104	0.666	0.374
	Beer	6.09	6.48	7.83	11.13	9.09	8.12	1.19					
	Zeug	8.42	7.74	9.05	10.55	11.17	9.39	1.19					
P	Gem.	4.37	4.04	4.96	5.89	6.03		0.40	<0.001	0.535	0.38	0.433	0.794
	Beer	3.96	3.85	4.67	6.07	5.94	4.90	0.57					
	Zeug	4.77	4.23	5.25	5.72	6.11	5.22	0.57					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 5b. retentie van macronutriënten en mineralen in het lichaam

Invloed van P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) en sekse op de retentie (g/d) van nutriënten in het leeg lichaam vanaf opleg tot slachten bij 50, 80 en 125 kg.

		P-niv						P					
	Sekse	50	70	90	110	130	Gem.	SE	PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
25-50 kg													
Eiwit	Gem.	120	121	127	132	125		3.46	0.102	0.192	0.893	0.804	0.054
	Beer	117	119	135	132	122	125	4.90					
	Zeug	122	124	119	131	128	124	4.90					
Vet	Gem.	127	113	115	114	112		5.89	0.103	0.364	0.147	0.941	0.22
	Beer	119	108	121	104	106	112	8.33					
	Zeug	135	118	109	123	117	121	8.33					
As	Gem.	9.0 ^a	11.9 ^b	15.6 ^c	18.7 ^d	20.5 ^d		0.78	<0.001	0.335	0.887	0.698	0.914
	Beer	8.7	11.5	16.4	17.3	21.0	15.1	1.11					
	Zeug	9.3	12.2	14.9	20.0	19.9	15.2	1.11					
Ca	Gem.	1.84 ^a	2.80 ^a	4.03 ^b	5.07 ^b	6.35 ^c		0.34	<0.001	0.748	0.919	0.608	0.981
	Beer	1.68	2.71	4.24	4.71	6.56	4.01	0.49					
	Zeug	2.00	2.90	3.81	5.44	6.13	4.04	0.49					
P	Gem.	1.68 ^a	2.25 ^b	3.01 ^c	3.60 ^d	3.99 ^d		0.18	<0.001	0.431	0.898	0.77	0.993
	Beer	1.60	2.26	3.12	3.35	4.09	2.89	0.25					
	Zeug	1.76	2.25	2.90	3.84	3.89	2.91	0.25					
25-80 kg													
Eiwit	Gem.	124 ^a	142 ^b	144 ^c	148 ^c	147 ^d		3.06	<0.001	0.005	0.01	0.323	0.638
	Beer	126	146	146	158	151	145	4.33					
	Zeug	123	138	142	138	143	137	4.33					
Vet	Gem.	155 ^a	165 ^b	164 ^b	168 ^b	170 ^b		4.91	0.037	0.517	<0.001	0.447	0.127
	Beer	154	147	159	149	164	155	6.94					
	Zeug	155	184	170	187	177	173	6.94					
As	Gem.	11.1 ^a	15.9 ^b	19.5 ^c	21.1 ^c	24.8 ^d		0.96	<0.001	0.172	0.248	0.038	0.339
	Beer	10.8	15.6	19.6	21.7	26.9	18.9	1.36					
	Zeug	11.4	16.3	19.4	20.4	22.7	18.0	1.36					
Ca	Gem.	2.73 ^a	3.99 ^b	5.84 ^c	6.11 ^c	8.07 ^d		0.40	<0.001	0.809	0.29	0.038	0.307
	Beer	2.64	3.58	5.88	6.53	9.00	5.58	0.56					
	Zeug	2.81	4.39	5.80	5.68	7.13	5.18	0.56					
P	Gem.	2.16 ^a	3.04 ^b	3.89 ^c	4.14 ^c	4.90 ^d		0.18	<0.001	0.215	0.19	0.033	0.421
	Beer	2.11	2.93	3.92	4.39	5.34	3.75	0.26					
	Zeug	2.22	3.15	3.85	3.89	4.46	3.52	0.26					
25-125 kg													
Eiwit	Gem.	136 ^a	144 ^b	149 ^{bc}	149 ^{bc}	154 ^c		2.83	<0.001	0.274	<0.001	0.708	0.87
	Beer	140	159	158	150	167	155	4.01					
	Zeug	131	129	140	147	141	138	4.01					
Vet	Gem.	224	229	228	224	220		6.72	0.537	0.403	<0.001	0.182	0.832
	Beer	206	202	218	215	207	210	9.51					
	Zeug	243	256	239	234	233	241	9.51					
As	Gem.	15.7 ^a	17.6 ^a	21.9 ^b	24.3 ^c	26.8 ^d		0.76	<0.001	0.838	0.946	0.047	0.898
	Beer	14.8	17.1	22.1	24.4	28.0	21.3	1.07					
	Zeug	16.7	18.1	21.7	24.1	25.6	21.2	1.07					
Ca	Gem.	4.43 ^a	5.12 ^a	6.74 ^b	7.7 ^c	8.69 ^d		0.32	<0.001	0.956	0.401	0.026	0.648
	Beer	3.94	4.66	6.58	7.80	9.10	6.42	0.45					
	Zeug	4.92	5.57	6.91	7.61	8.28	6.66	0.45					
P	Gem.	3.00 ^a	3.36 ^a	4.23 ^b	4.69 ^c	5.22 ^d		0.15	<0.001	0.903	0.893	0.012	0.379
	Beer	2.80	3.26	4.17	4.74	5.58	4.11	0.21					
	Zeug	3.20	3.46	4.29	4.64	4.86	4.09	0.21					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 6. Metacarpus III en IV botsamenstelling

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op gewicht (g) en samenstelling (g/kg) van metacarpus III en IV bij een slachtgewicht van 50, 80 en 125 kg

		P-niv						P					
	Sekse	50	70	90	110	130	Gem.	SE	PL	PQ	Sekse	S×PL	S×PQ
50 kg													
Gewicht, g ds	gem.	12.5 ^a	12.9 ^a	13.1 ^{ab}	14.3 ^{bc}	15.0 ^c		0.41	<0.001	0.342	0.188	0.72	0.997
	beer	12.7	13.5	13.4	14.2	15.3	13.8	0.58					
	zeug	12.2	12.3	12.9	14.4	14.7	13.3	0.58					
Gewicht / lengte, g/cm	gem.	1.99 ^a	2.06 ^a	2.05 ^a	2.08 ^{ab}	2.21 ^b		0.041	0.001	0.353	0.004	0.84	0.691
	beer	2.02	2.15	2.14	2.09	2.28	2.14	0.058					
	zeug	1.95	1.97	1.96	2.08	2.13	2.02	0.058					
AS in VVDS	gem.	564 ^a	577 ^b	591 ^c	600 ^{cd}	604 ^d		3.2	<0.001	0.084	0.002	0.563	0.306
	beer	563	570	583	596	599	582	4.5					
	zeug	566	583	600	604	610	593	4.5					
P in VVDS	gem.	104.9 ^a	105.3 ^a	110.3 ^b	111.2 ^b	111.8 ^b		1.20	<0.001	0.374	0.082	0.275	0.826
	beer	105.0	103.6	109.8	110.5	109.5	107.7	1.70					
	zeug	104.7	107.1	110.9	111.9	114.2	109.8	1.70					
Ca in VVDS	gem.	227 ^a	226 ^a	236 ^b	240 ^b	239 ^b		2.4	<0.001	0.569	0.065	0.265	0.651
	beer	227	224	235	236	234	232	3.4					
	zeug	228	228	236	243	243	236	3.4					
Totaal as	gem.	3.6 ^a	4.0 ^{ab}	4.5 ^b	5.2 ^c	5.5 ^c		0.16	<0.001	0.947	0.709	0.506	0.768
	beer	3.6	4.1	4.5	4.9	5.5	4.5	0.23					
	zeug	3.6	4.0	4.5	5.4	5.5	4.6	0.23					
Totaal P	gem.	0.67 ^a	0.74 ^a	0.84 ^b	0.96 ^c	1.02 ^c		0.032	<0.001	0.945	0.703	0.377	0.999
	beer	0.68	0.74	0.85	0.92	1.00	0.84	0.045					
	zeug	0.66	0.73	0.83	1.00	1.03	0.84	0.045					
Totaal Ca	gem.	1.450 ^a	1.582 ^a	1.797 ^b	2.071 ^c	2.168 ^c		0.068	<0.001	0.989	0.713	0.396	0.983
	beer	1.47	1.60	1.82	1.96	2.14	1.80	0.097					
	zeug	1.44	1.56	1.77	2.18	2.20	1.82	0.097					
Ca/P	gem.	2.17	2.15	2.14	2.16	2.14		0.014	0.183	0.508	0.993	0.961	0.722
	beer	2.16	2.17	2.14	2.14	2.14	2.15	0.020					
	zeug	2.18	2.13	2.13	2.17	2.13	2.15	0.020					
80 kg													
Gewicht, g ds	gem.	18.2 ^a	20.2 ^b	21.3 ^{bc}	20.5 ^{bc}	22.0 ^c		0.53	<0.001	0.134	0.183	0.067	0.146
	beer	18.8	18.6	21.5	21.7	23.0	20.8	0.75					
	zeug	17.7	21.8	21.1	19.2	20.9	20.1	0.75					
Gewicht / lengte, g/cm	gem.	2.50 ^a	2.60 ^{ab}	2.64 ^b	2.62 ^{ab}	2.72 ^b		0.041	0.001	0.702	0.003	0.028	0.129
	beer	2.57	2.51	2.67	2.78	2.85	2.68	0.058					
	zeug	2.43	2.68	2.61	2.46	2.6	2.55	0.058					
AS in VVDS	gem.	562 ^a	594 ^b	603 ^c	612 ^{cd}	620 ^d		2.8	<0.001	<0.001	0.012	0.067	0.661
	beer	555	588	602	609	620	594	3.9					
	zeug	570	599	605	615	621	601	3.9					
P in VVDS	gem.	104.9 ^a	110.4 ^b	114.7 ^c	114.8 ^c	117.2 ^d		0.74	<0.001	<0.001	0.071	0.44	0.851
	beer	104.3	108.3	114.2	115.0	116.7	111.7	1.05					
	zeug	105.5	112.5	115.2	114.5	117.8	113.0	1.05					
Ca in VVDS	gem.	231 ^a	240 ^b	247 ^c	247 ^c	252 ^c		1.8	<0.001	0.031	0.201	0.82	0.714
	beer	231	238	246	247	251	242	2.5					
	zeug	232	243	249	247	253	245	2.5					
Totaal as	gem.	6.0 ^a	7.2 ^b	8.0 ^c	7.9 ^{bc}	9.2 ^d		0.24	<0.001	0.542	0.28	0.038	0.132
	beer	5.9	6.5	7.6	8.2	9.5	7.6	0.33					
	zeug	6.2	7.9	8.3	7.7	8.9	7.8	0.33					
Totaal P	gem.	1.127 ^a	1.337 ^b	1.512 ^b	1.485 ^{bc}	1.744 ^d		0.044	<0.001	0.462	0.275	0.05	0.114
	beer	1.11	1.20	1.44	1.54	1.79	1.42	0.063					
	zeug	1.15	1.48	1.58	1.43	1.70	1.47	0.063					
Totaal Ca	gem.	2.48 ^a	2.91 ^b	3.26 ^c	3.19 ^{bc}	3.75 ^d		0.100	<0.001	0.592	0.33	0.071	0.119
	beer	2.45	2.63	3.11	3.30	3.86	3.08	0.142					
	zeug	2.52	3.18	3.42	3.09	3.64	3.17	0.142					
Ca/P	gem.	2.21 ^c	2.18 ^b	2.16 ^{ab}	2.15 ^a	2.15 ^a		0.008	<0.001	0.02	0.394	0.293	0.684
	beer	2.21	2.20	2.15	2.14	2.15	2.17	0.011					
	zeug	2.20	2.16	2.16	2.15	2.15	2.16	0.011					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op gewicht (g) en samenstelling (g/kg) van metacarpus III en IV bij een slachtgewicht van 50, 80 en 125 kg

		P-niv						SE	P				
Seksse		50	70	90	110	130	Gem.		PL	PQ	Seksse	S×PL	S×PQ
125 kg													
Gewicht, g ds	gem.	26.1 ^a	28.4 ^{ab}	29.2 ^b	29.0 ^b	30.3 ^b		0.83	0.002	0.337	<0.001	0.282	0.553
	beer	27.3	29.4	30.7	30.3	32.7	30.1	1.17					
	zeug	24.9	27.5	27.7	27.6	27.9	27.1	1.17					
Gewicht / lengte, g/cm	gem.	3.13	3.21	3.21	3.29	3.35		0.094	0.093	0.917	0.017	0.746	0.646
	beer	3.24	3.28	3.37	3.32	3.53	3.35	0.132					
	zeug	3.02	3.15	3.06	3.26	3.18	3.13	0.132					
AS in VVDS	gem.	589 ^a	607 ^b	616 ^c	622 ^{cd}	626 ^d		2.7	<0.001	0.004	<0.001	0.008	0.743
	beer	579	599	609	619	625	606	3.8					
	zeug	600	615	623	626	626	618	3.8					
P in VVDS	gem.	109.2 ^a	112.1 ^a	115.4 ^b	120.4 ^c	115.9 ^b		1.05	<0.001	0.003	0.539	0.846	0.855
	beer	108.8	112.2	113.9	121.1	115.6	114.3	1.48					
	zeug	109.6	112.0	116.8	119.7	116.3	114.9	1.48					
Ca in VVDS	gem.	241 ^a	247 ^b	250 ^b	256 ^c	251 ^{bc}		1.7	<0.001	0.005	0.025	0.222	0.891
	beer	238	244	248	256	250	247	2.5					
	zeug	243	251	252	256	252	251	2.5					
Totaal as	gem.	9.7 ^a	11.4 ^b	12.4 ^c	12.7 ^{cd}	13.5 ^d		0.32	<0.001	0.043	0.421	0.01	0.227
	beer	9.6	10.9	12.5	13.0	14.3	12.0	0.45					
	zeug	9.8	12.0	12.3	12.3	12.6	11.8	0.45					
Totaal P	gem.	1.80 ^a	2.11 ^b	2.32 ^c	2.45 ^c	2.49 ^c		0.060	<0.001	0.009	0.176	0.024	0.248
	beer	1.80	2.04	2.33	2.54	2.64	2.27	0.084					
	zeug	1.79	2.18	2.31	2.36	2.34	2.20	0.084					
Totaal Ca	gem.	3.96	4.66	5.02	5.21	5.40		0.130	<0.001	0.019	0.337	0.015	0.246
	beer	3.94	4.44	5.07	5.37	5.72	4.91	0.184					
	zeug	3.98	4.89	4.98	5.05	5.08	4.79	0.184					
Ca/P	gem.	2.20 ^{bc}	2.21 ^c	2.17 ^{ab}	2.13 ^a	2.17 ^{ab}		0.014	0.001	0.171	0.096	0.239	0.883
	beer	2.19	2.17	2.18	2.12	2.17	2.16	0.019					
	zeug	2.22	2.24	2.16	2.14	2.17	2.19	0.019					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 7. Mineralenvertering

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de vertering van organische en anorganische stof en Ca en P in start-, groei-, en eindvoer.

		P-niveau						P					
		Sekse	50	70	90	110	130	Gem.	SE	PL	PQ	seks	SxPL
Startvoer													
OS	gem.	84.8	84.6	84.9	84.3	84.4			0.44	0.847	0.935	0.82	0.857
	beer	84.7	84.5	85.4	83.9	84.5	84.6						
	zeug	85.0	84.8	84.5	84.7	84.2	84.6	0.74					
AS	gem.	52.3	52.1	53.1	52.7	50.9			0.478	0.221	0.319	0.046	0.760
	beer	49.8	51.8	53.7	51.1	52.4	51.8						
	zeug	54.8	52.5	52.5	54.3	49.3	52.7	1.44					
Ca ²⁾	gem.	50.1 ^{bc}	51.6 ^c	52.8 ^c	44.9 ^{ab}	40.3 ^a			<0.001	0.005	0.733	0.012	0.71
	beer	46.1	51.0	53.0	43.4	44.7	47.6						
	zeug	54.0	52.3	52.5	46.4	35.9	48.2	2.62					
P	gem.	27.6 ^a	35.8 ^b	41.1 ^b	39.6 ^b	41.6 ^b			<0.001	0.015	0.088	0.384	0.983
	beer	24.6	33.6	40.8	36.9	41.7	35.5						
	zeug	30.5	37.9	41.5	42.3	41.4	38.7	2.8					
Groeivoer													
OS	gem.	84.9	85.4	84.6	84.8	84.4			0.431	0.685	0.748	0.434	0.392
	beer	84.6	85.3	84.1	84.6	85.0	84.7						
	zeug	85.1	85.6	85.2	84.9	83.8	84.9	0.93					
AS	gem.	54.3	53.7	54.1	53.1	51.3			0.239	0.575	0.958	0.203	0.92
	beer	52.9	53.3	53.5	54.1	52.8	53.3						
	zeug	55.7	54.0	54.6	52.1	49.9	53.2	2.41					
Ca ²⁾	gem.	56.0 ^b	56.2 ^b	53.5 ^b	52.9 ^b	36.1 ^a			<0.001	<0.001	0.996	0.02	0.805
	beer	53.4	54.8	52.6	55.1	39.0	51.0						
	zeug	58.6	57.6	54.5	50.8	33.3	51.0	2.62					
P	gem.	31.4 ^a	33.8 ^{ab}	39.2 ^{bc}	47.1 ^d	43.0 ^{cd}			<0.001	0.217	0.68	0.56	0.742
	beer	30.6	32.7	37.7	47.8	43.5	38.5						
	zeug	32.1	34.9	40.7	46.3	42.6	39.3	3.16					
Eindvoer													
OS	gem.	85.5	85.8	86.0	86.0	85.7			0.615	0.457	0.809	0.295	0.568
	beer	85.1	85.7	86.2	86.3	85.9	85.8						
	zeug	85.9	85.8	85.7	85.7	85.5	85.7	0.68					
AS	gem.	50.3 ^a	53.5 ^b	52.7 ^{ab}	52.1 ^{ab}	52.6 ^{ab}			0.296	0.16	0.022	0.034	0.481
	beer	49.2	55.0	54.0	53.0	55.1	53.3						
	zeug	51.5	51.9	51.4	51.1	50.1	51.2	1.33					
Ca ²⁾	gem.	60.8 ^c	60.3 ^c	53.1 ^b	49.4 ^b	34.8 ^a			<0.001	0.01	0.019	0.082	0.984
	beer	60.1	62.8	55.9	52.3	40.8	54.4						
	zeug	61.4	57.9	50.3	46.6	28.8	49.0	3.41					
P	gem.	30.6 ^a	37.9 ^b	40.6 ^b	40.4 ^b	40.1 ^b			<0.001	<0.001	0.087	0.358	0.395
	beer	29.7	39.8	42.5	41.2	41.8	39.0						
	zeug	31.4	36.1	38.8	39.7	38.3	36.9	1.91					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

²⁾ Berekend inclusief Ca-opname via drinkwater bij een water:voer verhouding van 2,5:1.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 8. Mineralenbenutting

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de benutting van bruto P, daadwerkelijk verteerd P en berekend verteerbaar P in start-, groei-, en eindvoer.

	Seks	P-niveau					Gem.	SE	P				
		50	70	90	110	130			PL ¹⁾	PQ ¹⁾	seks	SxPL ¹⁾	SxPQ ¹⁾
25-50 kg P	gem.	29.6 ^a	34.2 ^{ab}	39.7 ^{bc}	41.4 ^c	41.8 ^c			<0.001	0.134	0.936	0.594	0.928
	beer	28.2	34.5	41.0	38.7	43.3	37.2						
	zeug	30.9	33.8	38.4	44.0	40.4	37.3	3.2					
vP	gem.	107.0	95.5	96.4	104.3	100.5			0.710	0.294	0.822	0.510	0.815
	beer	102.0	96.4	99.7	97.7	104.0	100.2						
	zeug	112.0	94.7	93.2	111.0	97.0	101.4	8.4					
vP berekend ²⁾	gem.	107.2 ^b	95.8 ^{ab}	95.1 ^{ab}	89.2 ^a	83.4 ^a			0.003	0.780	0.817	0.502	0.730
	beer	102.2	96.7	98.2	83.4	86.4	93.8						
	zeug	112.3	95.0	91.9	94.9	80.5	94.9	7.9					
50-80 kg P	gem.	36.4	41.3	46.2	39.8	43.0			0.211	0.186	0.215	0.091	0.551
	beer	36.8	38.1	46.3	46.6	47.9	43.2						
	zeug	36.0	44.5	46.0	33.0	38.1	39.6	4.64					
vP	gem.	116.5 ^b	121.7 ^b	117.4 ^b	84.4 ^a	99.7 ^{ab}			0.022	0.708	0.339	0.146	0.532
	beer	117.9	112.4	117.8	98.9	111.1	112.3						
	zeug	115.1	131.1	117.0	70.0	88.3	104.7	12.5					
vP berekend ²⁾	gem.	116.1 ^b	107.1 ^{ab}	105.0 ^{ab}	82.5 ^a	83.3 ^a			0.001	0.914	0.339	0.168	0.595
	beer	117.5	98.8	105.3	96.7	92.8	102.7						
	zeug	114.7	115.3	104.6	68.4	73.7	95.8	11.4					
80-125 kg P	gem.	44.7	35.8	38.7	41.5	38.6			0.506	0.306	0.329	0.316	0.850
	beer	41.1	34.0	36.3	42.8	38.4	38.5						
	zeug	48.3	37.6	41.1	40.3	38.8	41.2	4.33					
vP	gem.	147.0 ^b	94.2 ^a	95.3 ^a	102.7 ^a	96.4 ^a			0.001	0.003	0.278	0.241	0.717
	beer	135.2	89.4	89.3	105.7	96.0	103.1						
	zeug	158.9	98.9	101.2	99.7	96.9	111.1	11.4					
vP berekend ²⁾	gem.	146.4 ^b	97.0 ^a	91.5 ^a	89.2 ^a	77.1 ^a			<0.001	0.009	0.238	0.209	0.705
	beer	134.6	92.1	85.8	91.9	76.8	96.2						
	zeug	158.2	101.9	97.2	86.6	77.5	104.3	10.6					
25-80 kg P	gem.	32.2 ^a	38.4 ^b	43.0 ^b	40.7 ^b	43.5 ^b			<0.001	0.039	0.227	0.029	0.445
	beer	31.5	37.2	43.2	43.2	47.6	40.6						
	zeug	32.8	39.6	42.9	38.1	39.5	38.6	2.62					
vP	gem.	108.6 ^b	110.7 ^b	107.2 ^{ab}	93.0 ^a	102.5 ^{ab}			0.083	0.876	0.322	0.039	0.540
	beer	106.3	107.3	107.7	99.2	112.0	106.9						
	zeug	110.8	114.0	106.8	86.8	93.0	102.5	6.96					
vP berekend ²⁾	gem.	108.5 ^b	102.9 ^b	100.0 ^b	85.8 ^a	85.4 ^a			<0.001	0.895	0.397	0.048	0.598
	beer	106.3	99.7	100.3	91.2	93.3	98.5						
	zeug	110.7	106.2	99.7	80.4	77.5	95.1	6.4					
25-125 kg P	gem.	38.1	36.7	40.4	40.4	40.5			0.071	0.943	0.835	0.012	0.643
	beer	35.7	35.8	39.6	40.8	43.3	39.1						
	zeug	40.6	37.5	41.2	39.6	37.7	39.3	1.98					
vP	gem.	127.1 ^b	100.9 ^a	100.1 ^a	95.1 ^a	97.9 ^a			<0.001	<0.001	0.639	0.009	0.883
	beer	119.0	98.8	98.2	96.5	104.7	103.4						
	zeug	135.1	103.1	102.1	93.7	91.2	105.0	5.26					
vP berekend ²⁾	gem.	126.7 ^d	98.8 ^c	94.7 ^{bc}	85.5 ^{ab}	80.1 ^a			<0.001	0.005	0.509	0.010	0.973
	beer	118.7	96.6	92.9	86.8	85.7	96.1						
	zeug	134.7	101.0	96.5	84.2	74.6	98.2	4.93					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

²⁾ Berekend vP gebaseerd op de bepaalde vP in het basisvoer (beh. 50%) plus 0.83×P uit monocalciumfosfaat.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.

Bijlage 9. Bloedkenmerken

Invloed van sekse en P-niveau in het voer (% van de berekende behoefte) op de bloedwaarden van calcium, anorganisch fosfor, CTx en osteocalcine bij een gewicht van circa 60, 90 en 110 kg lichaamsgewicht.

	Seks	P-niveau					Gem.	SE	P				
		50	70	90	110	130			PL ¹⁾	PQ ¹⁾	seks	SxPL ¹⁾	SxPQ ¹⁾
Calcium 60 kg	gem.	2.82	2.78	2.78	2.72	2.69			0.082	0.885	0.053	0.759	0.412
	beer	2.84	2.84	2.86	2.78	2.73	2.81						
	zeug	2.80	2.73	2.69	2.65	2.65	2.70	0.081					
90 kg	gem.	2.55 ^b	2.55 ^b	2.17 ^a	2.24 ^a	2.22 ^a			<0.001	0.129	0.573	0.225	0.696
	beer	2.52	2.49	2.23	2.33	2.26	2.36						
	zeug	2.57	2.62	2.11	2.16	2.19	2.33	0.097					
110 kg	gem.	2.72	2.70	2.53	2.53	2.55			0.052	0.394	0.034	0.616	0.824
	beer	2.87	2.67	2.68	2.64	2.56	2.68 ^b						
	zeug	2.57	2.72	2.38	2.41	2.54	2.52 ^a	0.113					
Anorganisch P 60 kg	gem.	1.96 ^a	2.63 ^b	2.84 ^c	2.95 ^c	3.33 ^d			<0.001	0.019	0.028	0.747	0.152
	beer	1.93	2.63	2.63	2.85	3.30	2.67 ^a						
	zeug	2.00	2.63	3.05	3.05	3.35	2.82 ^b	0.103					
90 kg	gem.	2.26 ^a	2.56 ^b	2.74 ^b	3.14 ^c	3.135 ^c			<0.001	0.142	0.068	0.273	0.197
	beer	2.10	2.55	2.60	3.25	3.03	2.71						
	zeug	2.43	2.58	2.88	3.03	3.23	2.83	0.100					
110 kg	gem.	2.35 ^a	2.54 ^b	2.83 ^c	3.00 ^d	2.95 ^{cd}			<0.001	0.008	0.001	0.003	0.698
	beer	2.13	2.45	2.68	3.03	2.95	2.65 ^a						
	zeug	2.58	2.63	2.98	2.98	2.95	2.82 ^b	0.077					
CTx ²⁾ 60 kg	gem.	0.28	0.26	0.26	0.26	0.28			0.902	0.37	0.18	0.847	0.647
	beer	0.26	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25						
	zeug	0.30	0.27	0.26	0.28	0.30	0.28	0.032					
90 kg	gem.	0.29	0.24	0.23	0.23	0.26			0.246	0.078	0.789	0.029	0.641
	beer	0.35	0.22	0.24	0.24	0.22	0.25						
	zeug	0.23	0.26	0.23	0.21	0.30	0.25	0.032					
110 kg	gem.	0.39	0.29	0.30	0.34	0.31			0.382	0.336	0.58	0.048	0.6
	beer	0.46	0.29	0.37	0.31	0.25	0.34						
	zeug	0.32	0.29	0.23	0.36	0.37	0.31	0.063					
Osteocalcine ²⁾ 60 kg	gem.	36.5 ^{ab}	33.8 ^a	38.4 ^{bc}	40.3 ^c	41.1 ^c			<0.001	0.302	0.689	0.563	0.233
	beer	36.0	33.2	39.8	41.4	40.7	38.2						
	zeug	37.0	34.4	37.0	39.2	41.5	37.8	1.57					
90 kg	gem.	35.3 ^a	37.2 ^{ab}	39.1 ^{bc}	41.9 ^c	39.3 ^{bc}			0.002	0.071	0.135	0.027	0.723
	beer	35.1	36.6	38.1	45.9	41.0	39.3						
	zeug	35.5	37.8	40.0	37.9	37.5	37.7	1.64					
110 kg	gem.	36.3 ^a	39.5 ^{ab}	38.7 ^{ab}	44.0 ^b	40.4 ^{ab}			0.039	0.296	0.99	0.719	0.507
	beer	37.3	37.6	37.2	46.3	40.4	39.8						
	zeug	35.3	41.4	40.2	41.6	40.5	39.8	2.62					

¹⁾ Lineair (L) en kwadratisch (Q) effect van P-niveau in het voer en interactie van sekse met deze effecten.

²⁾ CTx, carboxy-terminal collagen crosslinks, is een biomarker voor botresorptie. Osteocalcine geproduceerd door osteoblasten is een biomarker voor botopbouw.

^{a)} Resultaten voor de vijf P-niveaus zonder gelijke superscript letter verschillen van elkaar bij P<0.05.



Wageningen UR Livestock Research

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

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl