

Maagdarmkanaal

Voedselvertering van het paard



floris

*Dierbaan
vakmanschap*

Maak kennis met Floris

Zuiver & verantwoord, zoals het hoort

Wij zijn Floris: we maken onafhankelijk en compromisloos supplementen waar paarden recht op hebben. Dierbaar vakmanschap noemen we dat. Dit resulteert in topproducten die merkbaar beter werken. We koesteren het welzijn van het paard. In deze informatieve brochure lees je hoe een paard zijn voedsel verteert en zijn gezondheid hier profijt van heeft. Het doorloopt het hele maagdarmkanaal: van voedselopname en grazen tot de eerste vertering in de maag en verdere vertering in de dunne darm tot het produceren van feces in de dikke darm. Wat heeft een paard nodig om voedsel goed te kunnen verteren en gezond te leven?

Oprechte aandacht voor het paard: dat is het dierbaar vakmanschap waar Floris voor staat.

Familie Floris

Inhoudsopgave

Voeropname	4
Kauwen en speekselproductie	6
Maag	8
Dunne darm	10
Absorptie van mineralen en spoorelementen	12
Prebiotica en probiotica	14
Dikke darm	16
Literatuurlijst	18

Voeropname

Geur en textuur zijn van belang

De voeropname van een paard wordt voornamelijk bepaald door de geur van het voer. Op basis hiervan besluit het paard om het voer op te gaan eten of niet. Als het voer voldoende smakelijk is, heeft een paard weinig rem op zijn voeropname. Dit kwam naar voren uit voerproeven met geconserveerd ruwvoer [25]. Uit voerproeven met vers gras kwam naar voren dat rood- en rietzwenkgras goed gegeten worden, terwijl grote vossenstaart en bepaalde variëteiten van

Engels raai slecht gegeten worden [2]. Stinkt het voer echter bijvoorbeeld naar paardenmest, dan wordt het bijna niet gegeten. Overigens zijn de biochemische eigenschappen van het voer (bijv. zetmeel) bij paarden niet bepalend voor de voeropname [7].

Vervolgens wordt de structuur van het voer beoordeeld met behulp van de sinusharen en de lippen. De sinusharen verschillen qua opbouw wezenlijk van

de normale haren zoals die in de vacht voorkomen. Rond de haarwortel van de sinusharen zit een cisterne gevuld met bloed, terwijl rondom deze cisterne een groot aantal zenuwuitlopers van sensibele zenuwen aanwezig is. Door de hefboomwerking van de lange sinushaar wordt een kleine beweging van de top van de haar vertaald in een behoorlijke beweging van de haarwortel in de cisterne.

Dit veroorzaakt drukverschillen, die door de zenuwuiteinden worden geregistreerd. Op deze wijze kan het paard met behulp van de sinusharen zijn omgeving, en dus ook zijn voer, op tactiele eigenschappen beoordelen. De lippen zijn beweeglijk en rijk geïnnerveerd. Met de lippen wordt het voer op structuur beoordeeld en gepakt.



Kauwen en speekselproductie

Speeksel **voor-** komt obstructie



Voor het grazen zijn uiteraard de incisiva belangrijk; voor het kauwen de (pre) molaren. Door middel van een combinatie van voor-/achterwaartse en zijdelingse bewegingen, wordt het voer tussen de emailranden van de kiezen fijn gemalen. Goed kauwen is van groot belang. Alleen als er goed gekauwd wordt, wordt er voldoende speeksel aangemaakt; dus

bij voer dat onvoldoende structuur bevat, of bij gebitsproblemen), dan kan een oesophagusobstructie het gevolg zijn. In de tweede plaats bevat het speeksel een aanzienlijke concentratie bicarbonaat (met name waterig speeksel uit de Glandula parotis), waardoor de zure maaginhoud gebufferd wordt [7]. Kribbebijten levert veel minder speekselproductie op dan

Goed kauwen zorgt voor voldoende speeksel

niet bij het zien of ruiken van voedsel (geen "Pavlov-reflex"). De Glandulae mandibularis en sublingualis produceren dik, mucusrijk speeksel. Dit is in de eerste plaats van belang voor een goede passage van de voedselbolus door de oesophagus. Gebeurt dit onvoldoende (bijvoorbeeld

eten; kribbebijten lijkt dus niet via extra buffering van de maag te "helpen" tegen maagzweren [10]. Het speeksel van paarden vertoont weinig tot geen enzymactiviteit; soms iets maltase activiteit [7;29].

Maag

Maagulcera zijn veelvoorkomend

De paardenmaag is onderverdeeld in een squameus, niet-klierhoudend deel en een pars glandularis, waar HCl, bicarbonaatrijke mucus en pepsinogeen wordt geproduceerd [3]. Het voedsel verblijft hier 2-6 uur [34]. Bij een relatief laag droge stofgehalte kan de pH dalen tot 2; bij een drogere maaginhoud blijft de pH rond de 4, wat gasvorming en een verhoogde kans op koliek kan geven [19]. Bij een lage pH wordt pepsinogeen geactiveerd

tot pepsine, waarmee de eiwitvertering begint. In de paardenmaag komen vele soorten bacteriën voor, waaronder Lactobacillus. Samen met de aanwezigheid van lactaat en andere vluchtige vetzuren is dit een aanwijzing voor fermentatie in de maag [1;33]. Helicobacter pylori, die betrokken is bij het ontstaan van maagulcera bij de mens, is echter afwezig [17;24].

De maagzuursecretie bij het paard is continu, dus niet direct door het zien, ruiken of eten van voedsel gestuurd [17]. Dit heeft te maken met het continue graasgedrag van paarden gedurende de dag. Zowel in het squameuze als in het glandulaire deel van de maag kunnen maagulcera voorkomen. Maagulcera komen veel voor: de prevalentie kan oplopen tot 93% (renpaarden) resp. 60% (andere sportpaarden), vaak zonder

De slokdarm

De slokdarm is relatief lang (120-150 cm), stevig gespierd en mondt onder een scherpe hoek uit in de maag. Rond de uitmonding van de oesophagus zit een krachtige sfincter. Reflux van maaginhoud is hierdoor vrijwel onmogelijk [7].

klinische verschijnselen [17]. Belangrijke risicofactoren voor het ontwikkelen van maagulcera zijn zware arbeid, stress en discontinue voeding (m.n. grote hoeveelheden zetmeelrijk voer). Ulcera in het pars glandularis genezen sneller dan in het squameuze deel omdat in het glandulaire deel de bescherming van het slijmvlies beter is (betere doorbloeding, mucuslaag) [3].

Dunne darm

Beperk zetmeel

In het duodenum wordt pancreassap (trypsine, maltase) en darmsap (carboxypeptidasen) aan de chymus toegevoegd. Hiermee wordt de eiwit- en zetmeelvertering voltooid. Vet wordt geëmulgeerd door gal uit de lever. Paarden hebben geen galblaas, zodat

de gal continu in de darm stroomt. Na emulgering wordt het vet verteerd door lipasen. Onder normale omstandigheden worden de eindproducten van deze vertering (aminozuren, peptiden, eenvoudige suikers, vetzuren en glycerol) in de dunne darm geabsorbeerd [34].

De capaciteit voor zetmeelvertering in de dunne darm is beperkt. Bij een zetmeelopname $<2,0$ g/kg lichaamsgewicht/maaltijd (dus 1,2 kg zetmeel per maaltijd voor een 600 kg paard) is de verteerbaarheid in de dunne darm $>80\%$; bij een stijgende zetmeelopname kan de verteerbaarheid dalen tot 60%. Hierdoor kan onverteerd zetmeel de dikke darm bereiken, wat een verstoring van de bacterieflora, een verhoogd lactaatgehalte, een lagere pH en toename van het aantal streptococci in de dikke darm ten gevolge kan hebben [15]. Een sterke toename van streptococci kan verband houden met het optreden van hoofbevangenheid [20]. Gehalten iets boven de 2,0 g zetmeel/kg lichaamsgewicht/maaltijd hebben overigens niet altijd direct effect op de bacterieflora of de verhoudingen van de geproduceerde vluchtige vetzuren [22]. In de dunne darm leven ook bacteriën, die bijdragen aan de fermentatie van zetmeel.

Ook de capaciteit voor vetvertering is beperkt: door de afwezigheid van een galblaas kan een paard sowieso niet goed omgaan met grote hoeveelheden vet ineens. De beperkte vetverteringscapaciteit is logisch gezien het feit dat natuurlijk paardenvoer zoals grasproducten slechts 1,5-4% ruw vet in de droge stof bevat [31]. Bovendien is aangetoond dat een rantsoen met 8,7 in plaats van 2,5% ruw vet in de droge stof de vertering van de celwandfracties (ruwe celstof, NDF en ADF) met 6-8% verlaagt. Dit komt waarschijnlijk doordat het vet niet allemaal in de dunne darm verteerd kan worden en in de dikke darm terecht komt, waar het de fermentatie van de celwandfracties hindert [11;12].



Absorptie van mineralen en spooorelementen

Essentieel voor gezonde darmen

Calcium wordt met name in de dunne darm opgenomen onder invloed van PTH en de actieve vorm van vitamine D3 (1,25-dihydroxycholecalciferol).

De absorptie van calcium wordt gehinderd door hoge concentraties oxalaat, fytat en P. Ook K wordt met name in de dunne darm opgenomen. Mg, Na en Cl worden zowel in de dunne als in de dikke darm opgenomen [23;32]. Netto P-opname vindt met name plaats in de dikke darm [30]. Fytat-P is slecht beschikbaar. De Ca:P verhouding in het voer mag niet beneden de 1:1 zakken. Bij paardenrantsoenen

bestaat dit risico met name als er zemelen (of grote hoeveelheden graanproducten) gevoerd worden. De spooorelementen Co, Cu, I, Fe (duodenum), Se, Mn en Zn worden met name in de dunne darm opgenomen. Voor een goede opname van Co is intrinsic factor nodig, een glycoproteïne dat door de maagwand samen met HCl wordt gesecerneerd. Remming van de maagzuurproductie (bijv. in verband met maagulcera) is dus nadelig voor de opname van Co. Overigens zijn bij het paard geen aandoeningen door Co-gebrek bekend. De opname van Fe wordt op het niveau van de darmvilli geregeld,

afhankelijk van de Fe-status van het paard (hoe beter de Fe-status, hoe lager de absorptie, en andersom). Haem-Fe wordt beter opgenomen dan niet haem-Fe; ascorbinezuur (vit. C) bevordert de Fe-opname. Overigens is ascorbinezuur voor een paard geen essentieel bestanddeel van het rantsoen [23;32].

In het ileum bevinden zich fibrolytische bacteriën zoals *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* en *Ruminococcus albus* [14]. De lactaatconcentratie neemt hier sterk af,

terwijl de concentraties van de vluchtige vetzuren acetaat, butyraat en propionaat sterk toenemen [1].

De gastroileale reflex zorgt ervoor dat maagdistensie leidt tot peristaltische contracties van het ileum, waardoor de chymus in het caecum terecht komt. In het terminale ileum bestaat de digesta voornamelijk nog uit cellulose, hemicellulose en – afhankelijk van maturiteit van het ruwvoer – onverteerbaar lignine [34].



Prebiotica en probiotica

Ondersteuning van de **vertering**

Prebiotica zijn rantsoencomponenten die onverteerbaar zijn voor het dier zelf, maar die wel gefermenteerd kunnen worden door bacteriën in de dikke darm. Hieronder vallen fructo-oligosacchariden en inuline, die een lichte verbetering van de insulinegevoeligheid bij insulineresistente paarden kunnen geven [27].

Probiotica zijn levende organismen, doorgaans Lactobacillen en Bifidobacteriën. Daarnaast worden gistculturen gebruikt. Bifidobacteriën komen van nature niet in de darm van het paard voor [26]. Een deel van de via het voer opgenomen bacteriën overleeft de maag en dunne darm en komt in de dikke darm terecht. Het doel van zowel pre- als probiotica is een stimulatie van de koolhydraatfermentatie (door de genoemde bacteriën, met grotere

productie van vluchtige vetzuren) en een reductie van de eiwitfermentatie. Dit laatste proces levert voornamelijk schadelijke producten, zoals aminen. Enterococcus faecalis wordt wel als probioticum gebuikt ter preventie van diarree bij neonatale veulens, hoewel ook hier nog meer onderzoek nodig is [28].

Hoewel de resultaten niet eenduidig en helemaal goed te vergelijken zijn, kunnen sommige pre- en probiotica helpen bij de verbetering van de vezelfermentatie, het verlagen van het lacaatgehalte en de preventie van een sterke daling van de pH in de dikke darm [4]. Het gebruik van Saccharomyces cerevisiae in ruwe celstofrijke rantsoenen leidt tot een toename van de activiteit van de enzymen die betrokken zijn bij de celwandvertering in caecum en colon, met als resultaat een betere vezelvertering [13;18].

Dikke darm

Fermentatie tot zuren en gassen

De dikke darm is te verdelen in het caecum, het rechter ventrale colon, het linker ventrale colon, het linker dorsale colon, het rechter dorsale colon, het colon descendens en het rectum. Deze darmdelen worden door peristaltische contracties geregeld van elkaar gescheiden gehouden. De pH in de dikke darm schommelt met een wijde marge rond de 7 [9]. De microflora van het caecum is duidelijk verschillend van die van bijvoorbeeld het rechter dorsale colon

[5]. Mochten er nog koolhydraten aan de vertering in de dunne darm ontsnappen, dan worden die in het caecum snel gefermenteerd [7]. Maar de hoofdmoot van de fermentatie in de dikke darm betreft uiteraard celwandfracties van het voer, de cellulose en hemicellulose. Deze worden gefermenteerd tot vluchtige vetzuren ($\pm$ 75% acetaat, 17% propionaat en 6% butyraat) en gassen (CO_2 , CH_4 en H_2) [8]. De gemiddelde verblijfsduur in het caecum, rechter ventrale -, linker ventrale-,

De pH van de dikke darm schommelt rond de 7

linker dorsale- en rechter dorsale colon en colon descendens is resp. 2,9, 3,1, 5,9, 1,0, 4,0 en 4,0 uur [21]. Als de digesta droger is dan normaal of grotere delen bevat, loopt het transport door de darmen als eerste vertraging op voor de flexura pelvina en na het rechter dorsale colon [6]. Dit komt bijvoorbeeld voor bij verstoppingskoliek.

Het colon descendens is de plaats waar water en een deel van de mineralen aan de feces worden onttrokken. Het rectum dient als opslagplaats voor de gevormde feces, vanwaar de defecatie plaatsvindt [7]. Paarden die naast de normale "vijgen" fecaal water uitscheiden zijn vaak dieren die laag in de rangorde staan. De hiermee gepaard gaande stress leidt waarschijnlijk tot versterkte contracties in het colon descendens, waardoor een meer dan normale hoeveelheid water in het darmlumen achterblijft [16].

Literatuurlijst

- [1] F. Alexander, E. Davies, Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary canal of the horse and pig. *Journal of Comparative Pathology* 73 (1963) 1-8.
- [2] M. Archer, Further studies on palatability of grasses to horses. *Journal of the British Grassland Society* 33 (1978) 239-243.
- [3] B.R. Buchanan, F.M. Andrews, Treatment and prevention of equine gastric ulcer syndrome. *The Veterinary Clinics Equine Practice* 19 (2003) 575-597.
- [4] J.A. Coverdale, Horse species symposium: can the microbiome of the horse be altered to improve digestion? *Journal of Animal Science* 94 (2016) 2275-2281.
- [5] K. Dougal, P.A. Harris, A. Edwards, J.A. Pachebat, T.A. Blackmore, H.J. Worgan, C.J. Newbold, A comparison of the microbiome and the metabolome of different regions of the equine hindgut. *FEMS Microbiology and Ecology* 82 (2012) 642-652.
- [6] C. Drogoul, C. Poncet, J.L. Tisserand, Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies: 1. consequences for in vivo digestibility and rate of passage of digesta. *Animal Feed Science* 87 (2000) 117-130.
- [7] A.D. Ellis, J. Hill Nutritional physiology of the horse, 2005.
- [8] A.d. Fombelle, M. Varloud, A.G. Goachet, V. Julliard, Characterisation of microbial and biochemical profile along the anatomical part of the digestive tract of horses fed two distinct diets. *Animal Science* 77 (2003) 293-304.
- [9] H.E. Garner, J.N. Moore, J.H. Johnson, L. Clark, J.F. Amend, L.G. Tritschler, J.R. Coffman, R.F. Sprouse, D.P. Hutcheson, C.A. Salem, Changes in the caecal flora with the onset of laminitis. *Equine Veterinary Science* 10 (1978) 249-252.
- [10] K.A. Houpt, A preliminary answer to the question of whether cribbing causes salivary secretion. *Journal of Veterinary Behavior* 7 (2012) 322-324.
- [11] W.L. Jansen, S.N.J. Geelen, J.v.d. Kuilen, A.C. Beynen, Dietary soyabean oil depresses the apparent digestibility of fibre in trotters when substituted for an iso-energetic amount of corn starch or glucose. *Equine Veterinary Journal* 34 (2002) 302-305.
- [12] W.L. Jansen, J.v.d. Kuilen, S.N.J. Geelen, A.C. Beynen, The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. *Equine Veterinary Journal* 32 (2000) 27-30.
- [13] J.P. Jouany, B. Medina, G. Bertin, V. Julliard, Effect of live yeast culture supplementation on hindgut microbial communities and their polysaccharidase and glycoside hydrolase activities in horses fed a high-fiber of high-starch diet. *Journal of Animal Science* 87 (2009) 2844-2852.
- [14] V. Julliard Impact of nutrition on the microflora of the gastrointestinal tract in horses. in: Arno Lindner (Ed.), *Applied Equine Nutrition*, Equine Nutrition Conference, 2005, pp. 85-104.
- [15] E. Kienzle, Small intestinal digestion of starch in the horse. *Revue de Médecine Vétérinaire* 145 (1994) 199-204.
- [16] E. Kienzle, C. Zehnder, K. Pfister, H. Gerhards, C. Sauter-Louis, P.A. Harris, Field study on risk factors for free fecal water in pleasure horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 44 (2016) 32-36.
- [17] J. Malmkvist, J. Møller Poulsen, N. Luthersson, R. Palme, J. Winther Christensen, E. Søndergaard, Behaviour and stress responses in horses with gastric ulceration. *Applied Animal Behaviour Science* 142 (2012) 160-167.
- [18] B. Medina, I. Girard, E. Jacotot, V. Julliard, Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *Journal of Animal Science* 80 (2002) 2600-2609.
- [19] H. Meyer, L. Ahlswede, H. Reinhardt, Untersuchungen über Fressdauer, Kaufrequenz und Futterzerkleinerung beim Pferd. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 82 (1975) 49-58.
- [20] G.J. Milinovich, D.J. Trott, P.C. Burrell, A.W. Eps, M.B.v. Thoenner, L.L. Blackall, R.A.M. Al-Jassim, J.M. Morton, C.C. Pollitt, Changes in equine hindgut bacterial populations during oligofructose-induced laminitis. *Environmental Microbiology* 8 (2006) 885-898.
- [21] M. Miyaji, K. Ueda, H. Nakatsuji, T. Tomioka, Y. Kobayashi, H. Hata, S. Kondo, Mean retention time of digesta in the different segments of the equine hindgut. *Animal Science* 79 (2017) 89-96.
- [22] J.A. Murray, A. Longland, M. Moore-Colyer, C. Dunnett, A. Longland, The effect of feeding a low- or high-starch diet on equine faecal parameters. *Livestock Science* 159 (2014) 67-70.
- [23] NRC Nutrient Requirements of Horses, National Academic Press, 2007.
- [24] G.A. Perkins, H.C.d. Bakker, A.J. Burton, H.N. Erb, P.L. McDonough, J. Parker, R.L. Rosenthal, M. Wiedmann, S.E. Dowd, K.W. Simpson, Equine stomachs harbor an abundant and diverse mucosal microbiota. *Applied and Environmental Microbiology* 78 (2012) 2522-2532.
- [25] S.L. Ralston, Regulation of feed intake in the horse in relation to gastrointestinal disease. *Pferdeheilkunde* 8 (1992) 18.
- [26] F. Respondek, A.G. Goachet, F. Rudeaux, V. Julliard, Effects of short-chain fructo-oligosaccharides on the microbial and biochemical profiles of different segments of the gastrointestinal tract of horses. *Pferdeheilkunde* 22 (2007) 146-150.
- [27] F. Respondek, K. Myers, T.L. Smith, A. Wagner, R.J. Geor, Dietary supplementation with short-chain fructo-oligosaccharides improves insulin sensitivity in obese horses. *Journal of Animal Science* 89 (2011) 77-83.
- [28] V.M. Rivulgo, M. Ceci, G. Haeublin, M. Sparo, S. Sanchez Bruni, Efficacy of the probiotic strain *Enterococcus faecalis* CECT7121 in diarrhoea prevention in newborn foals. *Revista Veterinaria* 27 (2016) 36.
- [29] M.C. Roberts, Amylase activity in the small intestine of the horse. *Research in Veterinary Science* 17 (1974) 400-401.
- [30] H.F. Schryver, H.F. Hintz, P.H. Craig, D.E. Hogue, J.E. Lowe, Site of phosphorus absorption from the intestine of the horse. *Journal of Nutrition* 102 (1972) 143-147.
- [31] A.M.v.d. Top, M.C. Blok, H. Everts Mineralen-, spooorelementen- en vitaminenbehoefte van paarden, Centraal Veevoeder Bureau, Den Haag, 2012.
- [32] E.J. Underwood, N.F. Suttle The mineral nutrition of livestock, 2010.
- [33] M. Varloud, G. Fonty, A. Roussel, A. Guyonvarch, V. Julliard, Postprandial kinetics of some biotic and abiotic characteristics of the gastric ecosystem of horses fed a pelleted concentrate meal. *Journal of Animal Science* 85 (2007) 2508-2516.
- [34] S.v. Weyenberg, J. Sales, G.P.J. Janssens, Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: a review. *Livestock Science* 99 (2006) 3-12.

Bezoek adres

Kempenlandstraat 33-35
5262 GK VUGHT

Postbus

PO Box 122
5260 AC VUGHT

Contact informatie

T. 073 656 76 47
F. 073 656 37 84
E. info@florispharma.com



*Dierbaap
vakmanschap*

Floris is EU-GMP fabrikant van
diergeneesmiddelen en GMP+
gecertificeerd voor aanvullende
diervoeders.



shop.[florispharma.com](https://shop.florispharma.com)