

7 | **Waarom kan de mens dieren gebruiken?**

Onze (landbouw)huisdieren moeten hun voedsel niet alleen omzetten voor hun normale groei en ontwikkeling, maar ook voor de productie-inspanning of de energie (trekkracht) die de mens van hen vraagt.

Planteneters voeden zich alleen met plantendelen. Roofdieren eten uitsluitend delen van andere dieren. Er bestaan dus verschillen in de samenstelling van hun voedsel. Een belangrijk verschil is de hardheid van het voedsel. Vlees en darmen van prooidieren zijn soepel, week en zacht, maar plantendelen bevatten veel stoffen die het voedsel hard maken.

Een tweede verschil is de biochemische samenstelling. Vleeseters nemen voedsel tot zich, dat biochemisch sterk overeenkomt met de samenstelling van hun eigen lichaam. Voor planteneters geldt het omgekeerde: hun voedsel verschilt in biochemisch opzicht juist sterk met de samenstelling van hun eigen lichaam. Verder bevatten planten cellulose, een product dat biochemisch sterk lijkt op zetmeel, maar slecht verteerbaar is. Vooral grassen en granen bevatten veel cellulose. De omzettingprocessen voor planteneters zijn dus veel omvangrijker dan die voor roofdieren. Planteneters nemen per dag ook veel grotere hoeveelheden voedsel op.

Alleen de zaden van planten, zoals de korrels van granen, rijst en maïs zijn grotendeels goed verteerbaar. Daarom gebruikt de mens die ook voor zijn eigen voeding. En omdat sommige landbouwhuisdieren deze producten in hun rantsoen hebben, worden die ook wel eens gezien als voedselconcurrent van de mens. Maar niets is minder waar.



ROOFDIEREN – VOORAL KATACHTIGEN – VERORBEREN EERST DE INGEWANDEN VAN HUN PROOIDIEREN

Vertering

Voedsel bevat zetmeel, suikers, vetten en eiwitten, en daarnaast ook vitaminen en mineralen. Herkauwers en paarden zijn in de vrije natuur bijna de hele dag bezig met het opnemen van voedsel. Ook wilde zwijnen besteden veel tijd aan het zoeken van voedsel. Roofdieren daarentegen besteden daar maar weinig tijd aan. Er bestaan dus duidelijke verschillen in vreetgewoontes tussen planteneters, vleeseters en alleseters.

Roofdieren beginnen hun maaltijd vrijwel altijd aan de buikzijde van hun prooi. Zij scheuren de buik open en vreten allereerst de darmen eruit. De dieren die het laatst aan de beurt zijn, moeten zich tevreden stellen met de spieren rondom de wervelkolom. Dat zijn de biefstukken van de haas en de karbonades. Wij mensen geven juist de voorkeur aan die delen en laten de ingewanden voor wat ze zijn. Roofdieren, vooral katachtigen zoals leeuwen en tijgers kunnen net als mensen zelf geen vitamine C vormen. Zij zijn voor hun vitamine C-behoefte aangewezen op hun dieet, net zoals de mens. Wij eten verse groenten en fruit om in onze behoefte aan vitamine C te voorzien. Maar helaas kunnen katachtigen geen plantaardig voedsel verteren. Daarom beginnen katachtigen dan ook altijd met het verorberen van de weke delen en de darmen met inhoud. Die bevatten voorverteerd plantaardig voedsel waarin vitamine C aanwezig is en zo voorzien ze dus in hun behoefte aan die vitamine.

Het fokken van dieren met steeds grotere karbonades doet deze dieren geen goed. Het haasje, dat wij mensen zo zeer waarderen, is bij leeuwen voor de laagste in rangorde.

Wolven vreten in bepaalde jaargetijden ook plantaardig voedsel, waardoor hun vitamine C-voorziening minder kritisch is dan bij katachtigen. Maar ook zij beginnen hun maaltijd vrijwel altijd met de darmen van hun prooi.

Varkens, honden en katten eten enkele keren per dag, net zoals wij mensen. Eten en dan weer een periode van rust wisselen elkaar af. Dit dus in tegenstelling tot koeien, schapen, geiten en paarden die bijna de hele dag door eten.

Het verteringsproces (zie de tabel op pagina 85) begint in de bek, waar het voedsel wordt verkleind door het te kauwen en te vermengen met speeksel. Daarin zit een enzym (amylase), waarmee de vertering van het zetmeel in het voedsel begint. Bij herkauwers ontbreekt dit enzym, waardoor de vertering van zetmeel pas verderop in het darmkanaal begint.

Het min of meer fijn gekauwde voedsel komt in de maag, waar de vertering van eiwitten begint. Daarna komt het in de dunne darm, waar de vertering van alle voedingsstoffen wordt voortgezet. Alle bestanddelen worden uiteindelijk verkleind tot de kleinste samenstellende delen. Dus zetmeel tot enkelvoudige suikers, eiwit tot aminozuren, en vetten tot glycerol en vetzuren. Eigenlijk worden alleen deze kleinste bestanddelen van het voedsel door de verschillende delen van de darm opgenomen.

Dit verteringsproces, dat in grote lijnen ook bij de mens plaatsvindt, bevat geen enzymen die cellulose kunnen afbreken. Voor honden en katten is cellulose dan ook onverteerbaar. Het komt met de ontlasting naar buiten zoals het is opgenomen: het heeft niet bijgedragen aan de voeding en dus ook niet aan de energievoorziening. Herkauwers en paarden – en varkens in mindere mate – kunnen wel profijt hebben van de cellulose in hun voer, maar daarvoor hebben ze hulp nodig van hun darmflora.

Tanden bepalen leeftijd

Alle huisdieren beginnen hun leven met een melkgebit. Bij planteneters en het varken is dit bij de geboorte al gedeeltelijk doorgelopen; bij hond en kat komt het melkgebit kort na de geboorte door. Het wisselen van het melkgebit is een goede indicatie voor de leeftijd van een dier. Verder slijten tanden door voortdurend gebruik. Daarom is ook de mate waarin ze zijn afgesleten een goede indicatie voor de leeftijd.

De kiezen van planteneters blijven levenslang groeien. Dit gaat natuurlijk ten koste van de lengte van de wortel. De kaken van planteneters bewegen ook zijdelings over elkaar om de harde plantendelen te vernalen. Als een kies afbreekt, dan ondervindt de tegenoverliggende kies geen weerstand meer. De voortdurende groei van die kies wordt dan niet meer gecompenseerd door de slijtage die wordt veroorzaakt door de tegenoverliggende kies. Er ontstaat een kies die steeds meer boven de andere kiezen gaat uitsteken. Dit veroorzaakt na enige tijd ernstig ongemak bij het kauwen.



DIT PAARD HAD EEN
AFWIJKING IN ZIJN
KAAKSTAND, WAARDOOR
DE BOVENKIEZEN NIET
DE ONDERKIEZEN
RAAKTEN BIJ DE KAUW-
BEWEGING. DE KIEZEN
VAN DE ONDERKAAK ZIJN
NIET GESLETEN EN ZIJN
ZO GROOT GEWORDEN,
DAT ZE EEN GAT IN
HET HARDE GEHEMELTE
HEBBEN VEROOZAAKT

Na verloop van tijd is het gebit versleten. Het dier kan geen voedsel meer tot zich nemen, verzwakt en sterft. De gebruiksduur van het gebit bepaalt dus de maximale leeftijd die een dier kan bereiken.

Vogels (kippen) hebben geen tanden. Vogels nemen voedseldelen op die ze ineens kunnen doorslikken. Met hun snavel kunnen ze wel delen van vruchten of andere plantendelen afscheuren. De stukken die ze inslikken komen eerst in de krop, een verwijding van de slokdarm, waarin het voedsel wordt geweekt. Daarna komen de geweekte delen in de kliermaag, waarin spijsverteringssappen worden toegevoegd. Dan gaat het voedsel naar de spiermaag, die door stevige spiercontracties het voedsel fijn maalt. Vogels eten ook kleine steentjes. In de spiermaag hebben die eenzelfde functie als de tanden bij zoogdieren: door de spiercontracties van de spiermaag maken de vele kleine steentjes het voorgeweekte voedsel fijn, waarna het naar de darmen wordt gestuwd.

Darmkanaal

Eigenlijk is het darmkanaal een stukje buitenwereld in het lichaam van een dier. In de darmen worden namelijk allerlei stoffen uit de omgeving opgenomen en verwerkt tot voedingsstoffen, die vervolgens door de darmwand in het steriele lichaam van het dier terechtkomen. Dit gebeurt bij alle dieren, ook bij de mens. Het darmkanaal is per diersoort sterk verschillend en aangepast aan het soort voedsel dat zij opneemt. Het voedsel van vleeseters is relatief makkelijk verteerbaar en bestaat uit eiwitten, vetten en suikers die in de spieren van hun prooi lagen opgeslagen.

Planteneters moeten voedingsmiddelen verteren die sterk verschillen van de samenstelling van hun eigen lichaam en veel harder en moeilijker verteerbaar zijn. Planteneters hebben dan ook een veel langer darmkanaal dan roofdieren. Het darmkanaal van een kat is ruwweg vier keer zijn lichaamslengte, bij een hond ongeveer zes keer. Maar bij een schaap en een rund is het darmkanaal wel dertig keer de lengte van het eigen lichaam.

Paarden, runderen, schapen en geiten leefden van origine in gebieden, waarin cellulosehoudende voedselbronnen de overhand hadden. Daarom hebben deze planteneters een aangepast darmkanaal. Toch kunnen ze cellulose, een groot deel van hun rantsoen, niet zelf verteren. Gelukkig bevat het darmkanaal van deze dieren heel veel micro-organismen die cellulose wel gemakkelijk kunnen afbreken en omzetten, omdat zij over daarvoor geschikte enzymssystemen beschikken.

Waar in het darmkanaal deze micro-organismen hun werk doen is afhankelijk van de diersoort. Bij herkauwers doen ze dit vóór de echte maag, terwijl ze bij paarden hun werk ná de maag doen in de dikke darm en de heel grote (30 liter of meer) blinde darm. Ook bij een alleseter als het varken – en ook bij de mens – helpen micro-organismen bij het verteringsproces in de dikke darm, zij het in mindere mate dan bij het paard.

Als je een rundveestal binnenkomt, valt een bijzondere geur op: een niet goed te definiëren zoetige geur. Mensen die deze geur voor het eerst ruiken, zullen eraan moeten wennen. Maar als je hem vaker hebt geroken, dan vindt je hem waarschijnlijk heerlijk. Als je vervolgens dichterbij de koeien komt, dan hoor je dat ze regelmatig oprispingen hebben: ze boeren, een kort knorrend geluid. Zou je aan hun adem ruiken, dan ruik je dezelfde geur die al opviel bij het binnenkomen van de stal. Methaan bepaalt voor een groot deel die bewuste geur. Schapen en geiten boeren eveneens vaak.

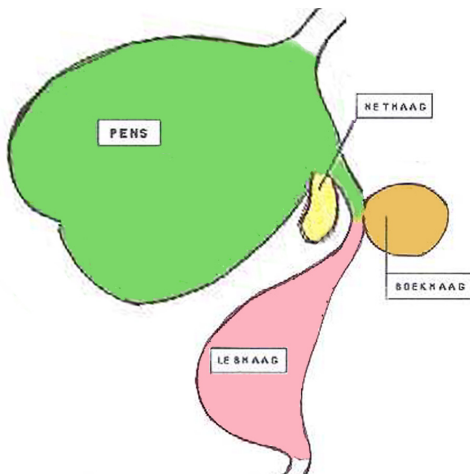
	ENZYMEN IN SPIJSVERTERINGSKANAAL	EFFECT
MOND	AMYLASE IN SPEEKSEL (NIET BIJ HERKAUWERS)	AFBRAAK ZETMEEL EN GLYCOGEEN
SLOKDARM	GEEN	
MAAG	HCL PEPSINE RENNINE (+ STREMSSEL) LIPASE INTRINSIC FACTOR	HCL EN PEPSINE BREKEN EIWITTEN AF. NEERSLAAN VAN EIWITTEN BIJ JONGE DIEREN; OP OUDERE LEEFTIJD NAUWELIJKS PRODUCTIE VETAFBRAAK; IN MAAG VAN WEINIG BELANG STIMULANS VOOR BLOEDVORMING
DUNNE DARM	TRYPSINE LIPASE AMYLASE GALZOUTEN - VANUIT LEVER POLYPEPTIDASEN PROLINASEN LIPASE AMYLASE, LACTASE, SUCRASE NUCLEOTIDASE, NUCLEOSIDASE, LECITHINASE	EIWITAFBRAAK TOT AMINOZUREN VETAFBRAAK TOT VETZUREN EN GLYCEROL ZETMEEL EN GLYCOGEENAFBRAAK TOT ENKELVOUDIGE SUIKERS EMULGATIE VAN VETTEN EIWITAFBRAAK TOT AMINOZUREN VETAFBRAAK ZETMEEL EN GLYCOGEENAFBRAAK TOT ENKELVOUDIGE SUIKERS AFBRAAK VAN ANDERE STOFFEN IN DE VOEDING TOT ENKELVOUDIGE MOLECULEN
DIKKE DARM	GEEN	WATEROPNAME OPNAME OMZETTINGSPRODUCTEN VAN BACTERIËLE STOFWISSELING

DE AFBRAAK VAN VOEDINGSMIDDELEN

Ook paarden ruiken aangenaam, hoewel ze opvallend vaak winden laten. Winden van honden ruiken daarentegen zeer onaangenaam, ze stinken. Ook varkens ruiken onaangenaam. Dat verschil tussen planteneters enerzijds en vleeseters en alleseters anderzijds heeft te maken met hun dieet.

Wat ook opvalt als je een koeienstal binnenkomt is, dat er altijd koeien aan het voerhek staan te vreten. Ze werken in snel tempo het voer naar binnen, dat voor een groot deel bestaat uit gras en maïs. De koeien kauwen dit grove voer nauwelijks en slikken het door, waarna het in de pens – het voorste deel van de maag – terecht komt. De pens is een voorraadvat, waarin het snel opgenomen voedsel wordt opgeslagen en voorbereid.

Herkauwers vreten van nature snel, omdat ze op dat moment met hun kop dicht bij de grond lopen en eventuele aanvallers niet goed kunnen opmerken. Ze moeten dus in korte tijd grote hoeveelheden voer verzamelen.



HET MAGENCOMPLEX VAN HERKAUWERS

Vervolgens zoeken ze een goed beschermde plek en gaan ze al het opgenomen voedsel nogmaals kauwen. Daarvoor beschikken herkauwers over een mechanisme dat er voor zorgt, dat in periodes van rust het slecht gekauwde voedsel opnieuw naar de bek wordt gebracht.

Stelsel van voormagen

Bovendien beschikken herkauwers over een maag met vier compartimenten. De eerste drie zijn grote vaten, waarin het voedsel enige tijd wordt voorbereid, zodat het in de echte maag en daarna in de darm tot waarde kan komen.

Populair gezegd, er zijn eenmagige dieren zoals hond, kat, varken en paard (en de mens), en meermagige dieren, zoals de herkauwers koe, schaap en geit. Maar feitelijk is dit onjuist: alle dieren beschikken over slechts één maag. Alleen de maag van herkauwers is onderverdeeld in een viertal compartimenten, te weten

de pens (bij koeien kan dat vat tot 150 liter groot zijn), de netmaag, de boekmaag en de lebmaag. Alleen de lebmaag is te vergelijken met de maag van eenmagige dieren, want ook daarin worden zuren en pepsine, het eiwitsplitsend enzym, geproduceerd. In de drie compartimenten die vóór de lebmaag liggen vindt geen uitscheiding plaats van spijsverteringssappen. Herkauwers beschikken dus over een stelsel van voormagen: pens, netmaag en boekmaag. Die voormagen zijn grote fermentatievaten, waarin snel opgenomen voedsel met hulp van vele miljarden micro-organismen wordt voorbereid voor verdere vertering.

Experimenten hebben al lang geleden aangetoond dat varkens, honden, katten – en ook mensen – na enige dagen vasten een heel sterk hongergevoel krijgen en bij het beschikbaar stellen van voedsel direct grote hoeveelheden opnemen. Als herkauwers vasten, krijgt de pensflora onvoldoende voedingsmiddelen en sterft ten dele af. Als een herkauwer na enige dagen vasten weer voedsel krijgt aangeboden, dan eet hij daarvan slechts mondjesmaat. Eerst moet de pensflora zich herstellen, voordat de grote eetlust terugkomt. In feite betekent dit dus dat eerst de micro-organismen in de pens op orde moeten zijn, voordat een herkauwer zelf weer aan zijn trekken kan komen. Als herkauwers voedsel opnemen, zorgen ze dus eerst voor hun gasten in de pens en pas daarna voor zichzelf. Soms zegt men: je voert niet de koe, maar je voert de micro-organismen in de pens.

Door die samenleving – symbiose – met de pensflora kunnen herkauwers voedingsstoffen opnemen en verteren, die voor dieren die niet over een pens beschikken onverteerbaar zijn. Want de pensflora beschikt over enzymsystemen, die in staat zijn cellulose af te breken en daaruit stoffen te vormen, die een koe voor haar eigen stofwisseling kan opnemen en gebruiken. Dat zijn de vluchtige vetzuren azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Stoffen die het milieu in de pens zuur maken.

Een koe besteedt tien uur per etmaal aan herkauwen. Al het voedsel wordt dan zeer grondig vermalen en daarbij produceert een koe heel veel speeksel. De speekselproductie bedraagt meer dan honderd liter per dag. Speeksel is basisch en de overvloedige hoeveelheid speeksel neutraliseert de zuren in de pens.

De functie van de pens is veelvuldig onderwerp van wetenschappelijk onderzoek geweest en is dat nog steeds. Wetenschappers hebben de omzettingen die plaatsvinden in de pens gemeten en onderzocht welke micro-organismen verantwoordelijk zijn voor omzetting in zuren en ook in welke zuren. De in het voedsel aanwezige koolhydraten zijn onder te verdelen in: koolhydraten die makkelijk en snel kunnen worden afgebroken door de pensflora - onder meer diverse soorten zetmeel – koolhydraten die langzaam worden omgezet door de pensflora – onder meer cellulose – en koolhydraten die niet kunnen worden omgezet, zoals lignine. Uit het snel verteerbare zetmeel maakt de pensflora propionzuur en uit het langzaam verteerbare zetmeel azijnzuur en boterzuur.

De koe gebruikt azijnzuur en boterzuur als bouwstoffen voor het vet in de melk. Uit propionzuur maakt de koe lactose, melksuiker. De stof lactose is verantwoordelijk voor de hoeveelheid melk. Er is melkveehouders dus veel aan gelegen de productie van propionzuur in de pens zo hoog mogelijk te krijgen. Het rantsoen voor koeien die veel melk produceren is daarop dan ook aangepast.

Na verloop van tijd houdt de productie van melk op. De koe komt dan in de droogstand. Tijdens de droogstand, het laatste deel van de dracht, mag een koe slechts een beperkte hoeveelheid energie opnemen. Maar voor een goede penswerking is het juist noodzakelijk een zo groot mogelijk volume voer op te nemen. Dat bereikt de veehouder door de betreffende koe veel slecht verteerbare koolhydraten te voeren.

Wetenschappelijk onderzoek heeft dit voedingsregiem geoptimaliseerd: na het afkalven, dus in het begin van de lactatie, veel snel verteerbare koolhydraten voeren. Vervolgens de hoeveelheid snel verteerbare koolhydraten stabiliseren en in het verloop van de lactatie het aandeel traag verteerbare koolhydraten opvoeren. En uiteindelijk in de droogstand heel veel traag afbreekbare koolhydraten verstrekken.

Maar hoe gaat het dan als de mens niet kan ingrijpen, dus in de natuur? Runderen kalven af in het vroege voorjaar op een moment dat het voedselaanbod toeneemt. De natuur acht het blijkbaar niet zinvol nieuwe individuen ter wereld te laten komen in een periode van schaarste. In het vroege voorjaar begint het gras te groeien en jong gras bevat naast cellulose veel snel verteerbare koolhydraten. Dus optimaal voor een grote hoeveelheid melk, gunstig voor het kalf. In de loop van de zomer neemt het gehalte snel verteerbare koolhydraten af, het kalf krijgt steeds minder melk met een hoog vetgehalte. Het neemt in toenemende mate zelf voedsel uit de omgeving op en is zelfvoorzienend in het najaar, als de moederkoe weer drachtig is. In de winterperiode heeft de drachtige koe een rantsoen dat heel veel lignine bevat: droog oud gras, strohalmen en zelfs wel twijgen van struiken en bomen. Het natuurlijke dieet loopt dus helemaal parallel met het rantsoen dat de wetenschappers voor de optimale gezondheid en productie van melkkoeien hebben vastgesteld. Maar feitelijk hebben de wetenschappers gewoon de natuur gevolgd.



HERKAUWERS NEMEN
VOEDINGSSTOFFEN OP,
DIE VOOR VARKENS,
HONDEN EN KATTEN
ONVERTEERBAAR
ZIJN. ZE LEVEN VAN
GRASSEN, VOOR DE
MENS ONVERTEERBAAR

Koe als eiwitproducent

Er bestaat dus een heel goede samenwerking tussen de micro-organismen in de pens en de koe. Door de grote voeropname is een rijke aanvoer van voedingsmiddelen gegarandeerd voor de pensflora, die daardoor goed gedijt. De micro-organismen op hun beurt zorgen voor een goede energie- en eiwitvoorziening. Want behalve dat de micro-organismen cellulose kunnen afbreken en omzetten in voor de koe bruikbare voedingsstoffen, zijn de micro-organismen ook in staat eiwitten te vormen. Een koe kan dus met minder eiwit in haar voer toe, dan zij in feite nodig heeft voor haar groei, het onderhoud van haar lijf, voor de groei van het ongeboren kalf in de baarmoeder en voor haar melkproductie. De micro-organismen vormen dat voor haar, mits er stikstofbronnen in het voer aanwezig zijn. Bij het uitstromen van de pensinhoud naar de lebmaag en het darmkanaal komen ook micro-organismen mee. Daarin zitten dus eiwitten – gevormd uit de stikstofbronnen in het rantsoen – die door het darmkanaal van de koe optimaal kunnen worden benut.

Op grond van dit proces in de voormagen hebben wetenschappers berekend, dat een koe de hoeveelheid eiwit die geschikt is voor menselijke consumptie met een factor 1,8 kan vergroten door de melkproductie. Voor vleesproductie is het proces minder effectief: 'slechts' 1,04 keer de hoeveelheid menselijk verteerbaar eiwit. Al met al toch een duidelijke winst.

Dieren met een enkelvoudige maag moeten via hun rantsoen meer eiwitten opnemen dan ze voor de menselijke consumptie opbrengen.

De melkkoe is dus absoluut geen voedselconcurrent van de mens. Haar rantsoen bestaat uit bestanddelen, die voor de mens onverteerbaar zijn. De melkkoe zet deze bestanddelen juist om in voor de mens hoogwaardige voedingsstoffen. Minder positief is echter dat de pensflora, de verzamelnaam voor alle micro-organismen in de pens, bij deze omzettingen ook gas produceert. En dat gas bestaat voor een groot deel uit methaan, een thans bekend broeikasgas.

Paarden hebben een enkelvoudige maag. Toch kunnen ook zij leven van gras, want wat bij herkauwers in de voormagen gebeurt, speelt zich bij het paard af in de blinde darm en de omvangrijke dikke darm. De vele micro-organismen zetten het voer dat de maag is gepasseerd zonder te zijn verteerd om in vluchtige vetzuren, die het paard uit de dikke darm opneemt. Daarbij wordt eveneens gas gevormd. Iedereen die weleens op een wagen achter het paard heeft gezeten, kan bevestigen dat een paard tijdens de rit veel winden laat. En ook die dragen bij aan het broeikaseffect, want net als bij de oprispingen (boeren) van een koe bevatten ook die gassen methaan. De winden van paarden hebben door hun methaangehalte meestal geen erg onaangename geur, zoals dat wel het geval is bij varkens en vooral bij honden. Dit komt doordat in het rantsoen van varkens en honden vleescomponenten zitten, die het stinkende zwavelwaterstof vormen dat met de winden naar buiten komt.

Op één punt zijn paarden evenwel minder efficiënt dan herkauwers. Door het langdurig herkauwen vermalen herkauwers bijna alle zaden in hun rantsoen, in tegenstelling tot paarden. Aangezien paarden hun voedsel slechts eenmalig kauwen, kunnen veel plantenzaden uit het voer ongeschonden de maag passeren. En de micro-organismen in de dikke darm zijn niet in staat hele zaden om te zetten. Degene die ooit paardenmest in zijn tuin heeft uitgestrooid kan daarover mee praten: na de bemesting groeit het onkruid overdadig. En niet omdat de paardenmest zo vruchtbaar is, maar omdat vele zaden van kruiden die het paard heeft opgenomen met zijn rantsoen ongeschonden met de mest naar buiten zijn gekomen. Paarden hebben in de vrije natuur dan ook flink bijgedragen aan het in een wijde omgeving verspreiden van allerlei planten.

Het spijsverteringssysteem van varkens lijkt enerzijds op dat van de hond en kat en anderzijds op dat van het paard. Varkens beschikken over een enkelvoudige maag, maar hebben niet zoals het paard een uitgebreide dikke darm, waarin een groot deel van de vertering van cellulose plaatsvindt. Daarom voeden ze zich bij voorkeur met plantenmateriaal dat weinig cellulose bevat en verder met knollen, diverse soorten vruchten (in het najaar veel eikels), insecten en als ze het te pakken kunnen krijgen vlees. Het maag-darmkanaal van het varken is dan ook vergelijkbaar met dat van de mens. In de dikke darm vindt de omzetting van voedsel door micro-organismen plaats, maar lang niet zo uitgebreid als bij het paard. Dat heeft te maken met het enorme verschil in volume van de blinde en de dikke darm bij paard en varken.

Varkensvoer bevat veel voedingsstoffen, die de mens ook zou kunnen verteren. Maar de mens waardeert een groot deel van die voedingsstoffen niet en voert ze aan het varken. En vervolgens zet het varken die niet gewaardeerde voedingsstoffen om in hoogwaardige producten voor de mens.

Kippen zijn van nature ook alleseters, net als varkens. Hun diëten lijken sterk op elkaar. Plantaardig voedsel met een beperkt cellulosegehalte, aangevuld met dierlijke voedselbronnen. Kippen krabben in de grond en eten zaden en insecten. Ook dode dieren worden niet versmaad. Het zijn dus ook nog eens aaseters.

Arbeid door voortbeweging

De mens houdt paarden niet voor het leveren van producten, maar voor het leveren van prestaties: arbeid. We maken gebruik van hun vermogen zich snel voort te bewegen en daarbij ook nog lasten te dragen of te trekken. Mogelijk heeft het paard heel lang geleden ook als voedselbron gediend, maar uit de vele beschreven opgravingen blijkt, dat de mens het paard al heel snel heeft ingezet voor andere doeleinden. Paarden maakten het mogelijk met groepen mensen snel grote afstanden te overbruggen met medeneming van een flinke hoeveelheid bagage.

Viervoeters kunnen zich op drie manieren voortbewegen. De langzaamste manier is de stap. In stap zijn drie poten gelijktijdig in contact met de grond, dan heel even maar twee en vervolgens weer drie poten. Kort voordat de achterpoot wordt neergezet, wordt het voorbeen aan dezelfde kant opgeheven. In stap heeft het dier dus meestal slechts één poot los van de grond. Daardoor is de stap de langzaamste manier van voortbewegen.

De tweede manier is de draf. Hierbij zijn steeds de rechter voorpoot en de linker achterpoot op de grond, gevolgd door een zweeffase en daarna de linker voorpoot en de rechter achterpoot, wederom gevolgd door een zweeffase.



HET PAARD IS DE MEEST GESPECIALISEERDE EN OOK DE MEEST EFFICIËNTE LOPER VAN ONZE HUISDIEREN

In galop bewegen viervoeters zich het snelste voort. Hierbij maken eerst de beide voorpoten contact met de grond, daarna volgt een zweeffase voordat de achterpoten op de grond worden gezet. Dan volgt opnieuw een zweeffase voordat de voorpoten weer op de grond komen.

In beginsel zijn deze manieren van voortbewegen voor alle viervoeters gelijk, maar de efficiëntie van de voortbeweging verschilt enorm per diersoort.

Voor het trekken van lasten en later ook werktuigen heeft de mens aanvankelijk alleen runderen gebruikt. Vooral ossen, maar ook wel koeien. Voorzien van een koptuig trokken ze vrachten op een regelmatige trage manier. Later werden daar paarden voor ingezet. Voorzien van een borsttuig kon een paard grote vrachten over lange afstanden sneller verplaatsen.

Het paard is met afstand de meest efficiënte loper van onze huisdieren. De hond is een goede tweede. Maar waarom bewegen paarden zoveel efficiënter dan

bijvoorbeeld runderen, varkens of katten? Wat is het verschil? Daarvoor moeten we in de eerste plaats kijken naar de anatomische verschillen in de structuur van de poten van onze huisdieren dan wel de benen van het paard.

Botten, spieren en pezen

Mensen staan met de voeten plat op de grond. Wij zijn zogeheten zoolgangers. Honden en katten daarentegen staan alleen met hun tenen op de grond. Dat zijn teengangers. En varkens, runderen, schapen, geiten en paarden staan alleen met de top van de teen op de grond. Het zijn dus teentopgangers.

En dan is er nog een verschil. Mensen hebben vijf tenen (achterbeen) en vijf vingers (voorbeen). Maar paardachtigen hebben slechts één teen per been. Runderen, varkens, geiten en schapen staan met twee tenen per poot, en honden en katten met vier tenen. De ondervoet van een paard is de teen die anatomisch overeenkomt met de middelvinger en de middelste teen. In het been van een paard zitten dus minder botten dan in de poten van de andere dieren, die meer tenen hebben. Relatief is het onderbeen van het paard dus lichter van gewicht.



RUNDEREN WAREN DE EERSTE TREKDIEREN

De pas van een viervoeter bestaat per ledemaat uit een steunfase als de poot op de grond staat, de romp ondersteunt en de afzet naar voren verzorgt. Daarna volgt een zweeffase als de poot naar voren zwaait om verderop te worden neergezet voor de volgende steunfase.

In de poot zitten spieren die de gewrichten - en dus de poot - in de steunfase gestrekt houden en andere, die de gewrichten buigen tijdens de zweeffase om de poot korter te maken. In de zweeffase trekt het dier de poot op. Ten eerste natuurlijk om de poot over eventuele oneffenheden in het terrein te tillen. Maar belangrijker is het mechanisch effect van het korter maken van de poot.

In de zweeffase is de poot een soort van slinger. En hoe korter en lichter de slinger, des te makkelijker en sneller kan de slinger zwaaien. Dat kost minder

energie. Daarbij is ook de gewichtsverdeling van de poot van belang. Hoe meer gewicht dicht bij de romp ligt, hoe makkelijker en efficiënter de poot naar voren kan worden gezwaaid. En dan valt het grote verschil tussen de diersoorten op. Katachtigen hebben goed gespierde onderpoten, waarin veel spieren zitten om de klauwen naar buiten te brengen en weer in te trekken. Maar daarmee zit het zwaartepunt van de poot ver van het lichaam. Het kost een kat dan ook veel energie om zijn poten naar voren te verplaatsen. Bij een hond is dat ongeveer hetzelfde, al kan die dan niet zijn nagels intrekken. De hond heeft in het onderbeen wel spieren die de tenen strekken en buigen.

Bij het paard zijn alle beenspieren gelegen in het bovenste deel van het been, dicht tegen de romp aan. Onderin het been zijn uitsluitend pezen aanwezig, die de bewegingen volbrengen. Het grote voordeel hiervan is dat het gewicht dicht bij de romp zit. Daardoor wordt de slinger beduidend lichter als het been naar voren wordt bewogen tijdens de zweeffase. Een paard verliest dan ook minder energie bij het naar voren brengen van het been dan andere viervoeters, die spieren in het boeven- en onderbeen hebben. Een paard is dus meer dan andere dieren 'gebouwd' op een efficiënt energiegebruik tijdens het rennen.

Bij het neerzetten van het been worden de pezen in dat been door het gewicht van het paard opgerekt. De pezen zijn solide structuren, die enige veerkracht hebben. Als het been vervolgens wordt opgetild om het naar voren te brengen voor de zweeffase, komt de energie uit de pezen vrij en buigt het been met minimale spierinspanning. Heel anders dan bij hond en kat, die veel meer spieractiviteit en dus energie nodig hebben voor het optillen en buigen van het been.



DE BILLEN VAN EEN PAARD
ZIJN ROND, DIE VAN EEN
KOE HOEKIG. DE PIJLEN
GEVEN AAN WAAR DE
HAMSTRINGS BEGINNEN

Er is nog een belangrijk verschil in de bouw van het paard en de andere huisdieren. Een paard heeft ronde billen. Dat komt door een verlenging van de spieren aan de achterkant van het achterbeen, de zogeheten hamstrings. Bij een koe zijn de botten van het bekken duidelijk zichtbaar. Ook bij hond en kat is dat het geval, evenals bij everzwijnen. Maar bij alle paardenrassen zijn de bekkenbotten bekleed met grote spieren, waardoor de bekkenbotten niet meer te zien zijn. De spieren van het achterbeen beginnen niet zoals bij de andere dieren aan de onderkant van het bekken, maar bovenop het bekken. Ze gaan vandaar af over de knobbels van het zitbeen naar de achterkant van het dijbeen. De spieren die voor een sterke afzet moeten zorgen zijn bij paarden dus langer dan bij de andere huisdieren.

Ook runderen, schapen, geiten en varkens hebben (bijna) uitsluitend pezen in hun onderbeen. De beenspieren zitten dus net als bij het paard dicht tegen de romp aan. Er zitten alleen nog een paar kleine spieren in het onderbeen, die zorgen voor het buigen van de tenen. Bijna net zo goed als bij een paard, maar het gewicht van de twee tenen en de kleine spieren in het onderbeen maakt hun voorwaartse beweging toch minder efficiënt als bij een paard. Bovendien missen ze de verlenging van de hamstrings.

De bouw van een paardenbeen is al met al zodanig, dat het bewegen ervan in mechanisch opzicht heel weinig energie kost. Dat brengt echter ook een nadeel mee: een paard kan met zijn ledematen slechts een beperkt repertoire aan bewegingen uitvoeren. Paarden kunnen weliswaar – zij het weinig effectief en weinig elegant door hun stijve romp – met de hoeven van hun achterbenen aan hun hoofd krabben, toch zijn die benen uitsluitend geschikt om te lopen. Vergelijk dat eens met katten en honden, die met hun achterpoten bijna hun hele lijf kunnen bereiken.

Aan de efficiëntie van de voorwaartse beweging van onze huisdieren zit ook nog een mechanisch aspect. En dat is de beweging van het lichaam. Als een kat galoppeert, dan schommelt zijn lichaam. Bij de afzet komt het voorste deel van het lichaam omhoog, en bij het neerkomen daalt het voorste deel van het lichaam en gaat het bekken omhoog. Dat resulteert in – van opzij gezien – schommelende bewegingen van het dier. Bij varkens en koeien zien we soortgelijke schommelingen van het lichaam, vooral in galop.



IN SNELLE GALOP MAAKT HET LICHAAM VAN EEN PAARD GEEN SCHOMMELENDE BEWEGINGEN, HET LICHAAM VOLGT EEN BIJNA RECHTE LIJN. ALLEEN DE BENEN EN HET HOOFD BEWEGEN

Daarentegen volgt het lichaam van een paard in galop bijna een rechte lijn ten opzichte van de grond. Het zwaartepunt van hun lichaam blijft continue op dezelfde hoogte. En hoe minder verticale bewegingen de romp maakt, hoe efficiënter de voortbeweging qua energiegebruik. Paarden, sledehonden en windhonden zijn daarin de toppers. Die verspillen de minste energie aan onnodige bewegingen.



PAARDEN AAN HET WERK, ZWAAR WERK

Wilde zwijnen kunnen galopperen, en ook nog redelijk efficiënt, alhoewel veel minder efficiënt dan paarden en honden. Toch kunnen zwijnen een snelheid van zo'n 50 kilometer per uur halen. Ons huidige varken daarentegen is nauwelijks in staat te galopperen. En als het dier dat doet blijft het bij een koddig proberen, hoewel zijn spieren er wel voor geschikt zouden moeten zijn. Het haalt hooguit 20 kilometer per uur. Vermoedelijk is de ten opzichte van het wilde zwijn veranderde gewichtsverdeling van het varken daaraan debet. Onze varkens zijn weliswaar goed gespierd, maar beslist geen atleten.

Ware atleten zijn honden, en dan met name de groep windhonden. Behalve dat in galop hun lichaam een vrijwel strakke horizontale lijn volgt, maken ze ook gebruik van hun soepele rug die sterk wordt gebogen bij het naar voren brengen van de achterpoten. Door de rugbuiging kunnen de achterpoten verder naar voren worden gebracht en dus verder naar voren op de grond worden gezet voor de volgende afzet. Renpaarden (Engels volbloed) benaderen die souplesse van de windhonden. Toch zijn lang niet alle hondenrassen ook goede atleten, evenmin als alle paardenrassen snelle lopers zijn.

Energiehuishouding

Bij lopen gebruiken dieren hun bloedsuiker, dat in de mitochondriën van de spiervezels met zuurstof uit het bloed wordt omgezet in energie. Bloedsuiker (glucose) is in de vorm van glycogeen opgeslagen in het lichaam. Een goed getraind dier heeft een grote voorraad glycogeen in zijn spieren. Tijdens inspanning daalt de voorraad glycogeen, maar die wordt snel weer aangevuld door de aanvoer van bloedsuiker.

Een groot deel van de energie uit glycogeen wordt echter omgezet in warmte. Zeker tijdens spierarbeid zoals snel lopen – vooral in galop – ontwikkelen de spieren veel warmte. Maar bij verhoging van de temperatuur werken de enzymen in de spieren niet meer naar behoren en is het snel afgelopen met de inspanning: de spieren weigeren dienst. De warmte moet dus snel worden afgevoerd. Afvoer van de overvloedige lichaamswarmte gaat bij dieren alleen via de ademhaling. Warme lucht wordt uitgeademd, en koele lucht ingeademd. Een hond laat de tong uit zijn bek hangen om zo het enige deel van zijn lichaam waarlangs warmte kan worden afgevoerd aan de buitenlucht bloot te stellen. Zweten is veel efficiënter. Het paard is eigenlijk het enige dier, dat via de huid kan zweten. En dus is het ook wat betreft de warmtehuishouding in het voordeel in vergelijking met andere dieren. Het paard kan zijn overvloedige lichaamswarmte goed kwijt via zweten.

DIERSOORT	MAXIMALE LOOPSNELHEID IN KM PER UUR
PAARD	
PRZEWALSKI	60
MUSTANG	60
VOLBLOED	68 -70
RUND (MELKKOE)	25
BUFFEL	50
WILD ZWIJN	50
VARKEN	20
KAT	50
HOND	AFHANKELIJK VAN GROOTTE HAZEWINDHOND TOT 90
WOLF	55
ZEBRA	70
SCHAAP	25

LOOPSNELHEID VAN ONZE HUISDIEREN EN HUN WILDE VOOROUDERS

Ook mensen kunnen hun warmte kwijt door zweten. Het is een bekende anekdote, dat Bosjesmannen een veel snellere antilope uitputten door het dier een halve dag of langer te achtervolgen. Uiteraard is de antilope veel sneller en ontsnapt hij een aantal keren, maar na een dag voortdurend opgejaagd te zijn is het dier volledig uitgeput. Het kan zijn lichaamswarmte niet kwijt en de spieren weigeren nog langer dienst. De jagers kunnen na een zeer lange achtervolging het dier heel dicht naderen en het met speren doden.

Voor een langdurige inspanning is het noodzakelijk, dat er voldoende zuurstof naar de spieren wordt aangevoerd. De longen nemen zuurstof op uit de buitenlucht en brengen die in het bloed. Een goede ademhaling vormt dus de basis voor een goede prestatie. De zuurstof wordt door de rode bloedcellen naar alle organen gebracht en daar afgegeven voor de vorming van energie uit bloedsuiker. Grote longen en een sterk hart, de pomp die het bloed door het lichaam stuwt, zijn daarvoor nodig.

Maar voor viervoeters in beweging is ademen niet gemakkelijk. De voorpoten zijn met spieren aan de ribben bevestigd en dat bemoeilijkt zeker in galop heel sterk de ademhaling. In de steunfase zijn deze spieren aangespannen en kan een dier zijn borstkas niet uitzetten. Een mens kan onafhankelijk van zijn loopbewegingen ademen, dieren kunnen dat dus niet.

De ademhaling verloopt bij paarden volkomen synchroon met de bewegingen. Als de voorbenen naar voren bewegen kunnen ze inademen en pas als de voorbenen weer naar achteren gaan kunnen ze uitademen. Dit betekent dat een paard in snelle galop zeer veel adembewegingen maakt. Hoe langer de paslengte, des te meer tijd voor ademen en des te efficiënter. Bovendien kan een paard alleen door zijn neus ademen en niet zoals vele andere dieren ook door zijn bek. Voor sportprestaties moeten de ademwegen van een paard dan ook optimaal schoon zijn. Een paard heeft in zijn neusvleugels kleine kraakbeentjes, waarmee het in actie de neusgaten verder kan openen. De neusgaten krijgen dan een vierkante vorm. Vandaar dat sommige mensen bij zware lichamelijke inspanning wel eens zeggen: "Van dit werk krijg ik vierkante neusgaten!"

De efficiëntie van de zuurstofopname wordt uitgedrukt in het aantal milliliters zuurstof per kilogram lichaamsgewicht per minuut. Bij atleten ligt dit tussen de 70 en 90 milliliter. Een goed getraind paard haalt 150 milliliter per kilogram per minuut.



PAARDEN ZETTEN BIJ GROTE INSPANNING HUN NEUSGATEN HEEL WIJD OPEN OM VOLDOENDE LUCHT IN TE ADEMEN. VAN OPZIJ GEZIEN LIJKEN ZE WEL VIERKANT

Verder beschikken paarden over een extreem grote milt: het reservoir met rode bloedcellen, de transporteurs van zuurstof naar alle delen van het lichaam. In de milt heeft een paard een enorme reservevoorraad rode bloedcellen. Bij grote inspanningen trekt de milt samen en brengt de reservevoorraad in circulatie. In normale omstandigheden bestaat bij het paard 35% van het bloed uit rode bloedcellen. Dat noemt men de haematocrietwaarde. Ook bij de mens en andere dieren is de haematocrietwaarde gewoonlijk 35%. Atleten proberen door het gebruik van hormonen (erythropoëtine, epo) hun haematocrietwaarde te verhogen en daardoor hun sportprestaties op te voeren.

Bij een paard kan de haematocrietwaarde door de uitstorting van rode bloedcellen uit de milt oplopen tot 65%! Dat veroorzaakt een verdikking van het bloed. Maar de pompfunctie van een paardenhart is zo sterk, dat een verhoging van de bloeddikte zonder probleem kan worden verwerkt. Met als resultaat een heel grote aanvoer van zuurstof naar de spieren.

Kortom, een paard is gebouwd als gespecialiseerde loper en de mens heeft van die eigenschap dankbaar gebruik gemaakt. Zonder paarden was de verspreiding van mensen over de wereld ongetwijfeld minder snel gegaan, en er waren beslist ook minder oorlogen gevoerd. Want het gebruik van paarden heeft ook bijgedragen aan de ontwikkeling van grote verplaatsbare wapens. Omvangrijke legers konden zich dankzij de inzet van paarden met grote zware stukken geschut snel en over grote afstanden verplaatsen.

Van oudsher zijn paardenartsen, later veeartsen of dierenartsen, de 'monteurs' van het leger geweest. Paarden in goede gezondheid houden was hun kerntaak, zodat de dieren in optimale conditie bleven voor de transporttaken.

Maar de grootste prestatie op atletisch gebied realiseren sledehonden uit Alaska. Hoewel het paard in biomechanisch en fysiologisch opzicht de ideale loper is, overtreffen enkele soorten goed getrainde sledehonden de prestaties van paarden. De Iditarod-race voor sledehonden in Alaska strekt zich uit over een traject van bijna 1.800 kilometer. De kampioenshonden trekken een slede over deze afstand in 10 dagen, ongeveer 180 km per dag! Hun zuurstofopname kan oplopen tot 300 milliliter per kilogram per minuut! Dus nog veel hoger dan bij het paard. Ze blijken ook in staat de voorraad energiemoleculen (glycogeen) in hun spieren binnen enkele uren na een maaltijd met een heel hoog vetgehalte te kunnen aanvullen. Een onbegrepen stofwisselingsmechanisme maakt dat een vetrijk rantsoen toch snel wordt omgezet in spierglycogeen, zodat de honden dagen achtereen een ultraprestatie kunnen leveren. Bij andere dieren en de mens duurt de opbouw van spierglycogeen een tot enkele dagen. Fysiologen buigen zich nog steeds over de vraag welk stofwisselingsmechanisme aan de vorming van glycogeen uit vetten ten grondslag ligt.



ENKELE SOORTEN SLEDEHONDEN HEBBEN HET GROOTSTE UITHOUDINGSVERMOGEN, EEN EIGENSCHAP WAARVOOR FYSIOLOGEN NOG STEEDS GEEN VERKLARING HEBBEN