

DIERENTUINDIERVOEDING



Loes Spit ©

Tjalling Huisman
Loes Spit
Jolanda Polet
Siebren Kuperus

Juli 2011
Versie 2.1

Voorwoord

Beste lezer,

Dit dictaat is ontwikkeld voor een bijscholingscursus voeding voor dierverzorgers in dierentuinen. Juist op het gebied van dierentuinvvoeding en voeding van andere exoten is weinig materiaal verkrijgbaar. Met deze bundel hopen we daarom ook in een behoefte te voorzien.

We hebben geprobeerd veel praktijkvoorbeelden in de tekst op te nemen om het geheel leesbaarder te maken. Daarnaast komt algemene voedingstheorie aan de orde. Omdat het materiaal bestemd was voor een driedaagse cursus worden niet alle onderwerpen uit de voedingsleer even uitgebreid behandeld. Ook krijgen nog niet alle diercategorieën evenveel aandacht. Dit heeft ook te maken met gebrek aan informatie over bepaalde diergroepen. In de toekomst willen we de bundel verder uitbreiden en aanpassen, we rekenen daarbij ook op inbreng en commentaar van de gebruikers.

We hopen dat ook in de huidige vorm de bundel al aansluit bij de behoeften van gebruikers in het onderwijs.

Namens de samenstellers

Tjalling Huisman: tjalling.huisman@wur.nl

Meer projectinformatie:

www.groenkennisnet.nl/dierenwelzijnsweb/Pages/dierentuinvvoeding.aspx

Inhoudsopgave

INLEIDING	7
1. WAT IS EEN GOED DIEET VOOR EEN DIERENTUINDIER?	9
1.1 INFORMATIE OVER DE VOEDINGSBEHOEFTE VAN DIERENTUINDIEREN IS MOEILIK TE VERKRIJGEN	9
1.2 BEHOEFTE BEPALEN BETEKENT VEEL BRONNEN COMBINEREN	10
1.2.1 <i>De bouw van het spijsverteringskanaal geeft aanwijzingen voor de behoefte</i>	10
1.2.2 <i>Kennis uit de veevoeding en humane voeding moet je terughoudend gebruiken</i>	10
1.2.3 <i>Informatie van andere dierentuinen is beperkt bruikbaar</i>	11
1.2.4 <i>Voeding in het wild is een uitgangspunt voor een goed dieet in gevangenschap</i>	12
1.3 VERZORGERS SPELEN EEN BELANGRIJKE ROL BIJ HET VASTSTELLEN VAN DIËTEN VOOR DE DIEREN	14
2. VORM VERRAADT FUNCTIE: BOUW EN WERKING VAN HET SPIJSVERTERINGSSTELSEL	19
2.1 VERTERING IS HET VERKLEINEN VAN VOEDSELBESTANDDELEN TOT OPNEEMBARE DEELTJES	20
2.1.1 <i>Vertering begint vaak met mechanische verkleining</i>	20
2.1.2 <i>Verteringsenzymen zijn eiwitten die voedselbestanddelen verkleinen in uiteindelijk opneembare deeltjes</i>	21
2.1.3 <i>Micro-organismen die leven in het maag-darmstelsel spelen voor veel dieren een belangrijke rol in de afbraak van plantbestanddelen</i>	21
2.2 EEN KORTE BESCHRIJVING VAN HET MAAG-DARMSTELSEL	23
2.2.1 <i>Kopdarm</i>	24
2.2.2 <i>Voordarm</i>	27
2.2.3 <i>Middendarm</i>	32
2.2.4 <i>Achterdarm</i>	32
3. NUTRIËNTEN IN HOOFDLIJNEN	37
3.1 HOOFDINDELING EN FUNCTIES NUTRIËNTEN	37
3.2 ENERGIE EN NUTRIËNTEN	38
3.3 WATER; HET BELANGRIJKSTE NUTRIËNT	38
3.3.1 <i>Waterbehoefte</i>	39
3.3.2 <i>Water uitscheiding</i>	40
3.3.3 <i>Deficiënties</i>	40
3.3.4 <i>Waterkwaliteit</i>	41
3.4 KOOLHYDRATEN	42
3.4.1 <i>Indeling koolhydraten</i>	42
3.4.2 <i>Structurele en niet-structurele koolhydraten</i>	43
3.4.3 <i>Functies</i>	43
3.5 VETTEN	44
3.5.1 <i>Verzadigde- en onverzadigde vetzuren</i>	44
3.5.2 <i>Essentiële vetzuren</i>	45
3.5.3 <i>Functie</i>	45
3.5.4 <i>Behoefte</i>	46
3.5.5 <i>Deficiënties</i>	46
3.6 EIWIT	47
3.6.1 <i>Aminozuren</i>	48
3.6.2 <i>Functie van aminozuren</i>	49
3.6.3 <i>Behoefte</i>	50
3.6.4 <i>Deficiënties</i>	50
3.6.5 <i>Overmaat</i>	50
3.7 VITAMINEN	51
3.7.1 <i>Indeling vitaminen</i>	52
3.7.2 <i>Vitamine A (retinol)</i>	52
3.7.3 <i>Vitamine D</i>	55
3.7.4 <i>Vitamine E</i>	57
3.7.5 <i>Vitamine K</i>	60
3.7.6 <i>Vitamine B complex</i>	61
3.7.7 <i>Thiamine (Vitamine B₁)</i>	62
3.7.8 <i>Riboflavine / Vitamine B₂</i>	64

3.7.9 Nicotinezuur / Niacine	64
3.7.10 Panthotheenzuur	65
3.7.11 Pyridoxine / Vitamine B ₆	66
3.7.12 Cyanacobalamine / Vitamine B ₁₂	67
3.7.13 Biotine.....	68
3.7.14 Foliumzuur	68
3.7.15 Choline	69
3.7.16 Vitamine C	70
3.8 MINERALEN.....	71
3.8.1 Calcium en Fosfor	72
3.8.2 Magnesium	74
3.8.3 Natrium, Kalium en Chloride	75
3.8.4 IJzer	75
3.8.5 Zink.....	77
3.8.6 Mangaan.....	77
3.8.7 Koper	77
3.8.8 Jodium	77
3.8.9 Chroom.....	78
3.8.10 Kobalt	78
3.8.11 Fluor.....	78
3.8.12 Molybdeen	78
3.8.13 Selenium	78
4. VOEDERMIDDELEN.....	83
4.1 INDELING VOEDERMIDDELEN	83
4.2 RUWVOEDERS ZIJN VEZELRIJKE PRODUCTEN EN HOREN HET HOOFDBESTANDDEEL TE ZIJN VAN HET RANTSOEN VAN HERKAUWERS EN ACHTERDARMVERTEERDERS	86
4.2.1 Gras	88
4.2.2 Luzerne	92
4.2.3 Browse	94
4.3 FRUIT EN GROENTE.....	98
4.3.1 Fruit.....	98
4.3.2 Groente	101
4.4 DIERLIJKE PRODUCTEN.....	104
4.5 VIS EN VERWANTE PRODUCTEN.....	107
4.6 INSECTEN EN ANDERE ONGEWERVELDEN	109
4.7 KRACHTVOER.....	112
4.8 VOEDERWAARDERING.....	115
4.8.1 Weende-analyse.....	116
4.8.2 Methode van Soest.....	119
4.8.3 Verteerbaarheidsbepaling	120
4.8.4 Energiewaardering.....	122
5. VOEDING EN OMGEVINGSVERRIJKING	127
5.1 VORMEN VAN VERRIJKING	127
5.2 OMGEVINGSVERRIJKING ZORGT VOOR STIMULANS VAN DE HERSENEN EN GAAT STEREOTIEP GEDRAG TEGEN	127
5.3 VOEDSELVERWERVING ALS TOOL VOOR VERRIJKING	128
5.3.1 Verrijking door voeding bij grote katachtigen zorgt voor actievere dieren	129
5.3.2 Voeren van levende prooi als de ultieme verrijking bij katachtigen.....	129
5.3.3 Een onvoorspelbaar voederschema kan zorgen voor meer soortspecifiek gedrag	129
5.3.4 Het gebruik van een voerautomaat om giraffes actiever te krijgen en meer van het verblijf te laten gebruiken	130
5.3.5 Klauwaapjes geven de voorkeur aan werken voor hun eten (contrafreeloading)	130
OVERZICHT VOEDINGSBRONNEN VOOR DIERVERZORGERS EN ANDEREN	133
INLEIDING	133
Enkele aanbevolen zoektermen op Internet	133
Nog een zoektip.....	133
ALGEMEEN.....	133

<i>Boeken</i>	134
<i>Tijdschriften</i>	134
<i>Internetsites</i>	135
DIERENTUINDIEREN (KIJK OOK BIJ REPTIELEN EN VOGELS)	136
<i>Boeken</i>	136
<i>Tijdschriften</i>	137
<i>Internetsites</i>	137
REPTIELEN	138
<i>Boeken</i>	138
<i>Tijdschriften</i>	139
<i>Internetsites</i>	139
VOGELS.....	139
<i>Boeken</i>	139
<i>Internetsites</i>	140
SAMENSTELLING VOERBESTANDDELEN/ NORMEN VOOR BEHOEFTE	140
<i>Boeken</i>	141
<i>Internetsites</i>	142
INDEX	143
VERKLARENDE WOORDENLIJST	147

Inleiding

Deze uitgave bevat de basistheorie voor de cursus dierentuinvloeding voor diervverzorgers. De omvang van deze uitgave doet geen recht aan de omvang en complexiteit van het vakgebied dierentuinvloeding. Het is echter uitsluitend de bedoeling een overzicht te geven en omvangrijkheid is meestal strijdig met overzichtelijkheid. Daarbij wordt er tijdens de cursus veel aanvullend materiaal ter beschikking gesteld in de vorm van opdrachten, PowerPoint hand-outs en losse publicaties. Een deel van het materiaal wordt tot slot door de cursisten zelf verzorgd: de uitwerkingen van de uit te voeren opdrachten.

In hoofdstuk 1 van deze bundel staat de vraag centraal waarom het zo moeilijk is om een goed dierentuindieet te ontwerpen. Gebrek aan kennis is eigenlijk het basisprobleem en de oorzaken hiervan komen aan de orde. Uiteindelijk wordt benadrukt dat de waarnemingen door de verzorgers (en de rapportage hierover) belangrijk en noodzakelijk zijn om het vakgebied vooruit te brengen.

Hoofdstuk 2 gaat over de bouw en het functioneren van het spijsverteringsstelsel. Naast de algemene informatie hierover zal vooral veel aandacht besteed worden aan de relatie tussen de samenstelling van het (natuurlijke) voedsel en de bouw van het verteringsstelsel. Kernboodschap is dat het verteringsstelsel is aangepast aan het natuurlijke voedselaanbod en dat voor gezond functioneren van het dier daarom de afstemming van voedsleigenschappen, dat wil zeggen het dieet, op dit verteringsstelsel belangrijk is.

Hoofdstuk 3 behandelt de nutriënten in hoofdlijnen, na een algemene indeling worden de nutriënten besproken waarbij aandacht besteed wordt aan functies in het lichaam en aan veel voorkomende deficiëntieverschijnselen.

Het vierde hoofdstuk behandelt groepen voedermiddelen zoals; ruwvoer, *browse*, vis, insecten en krachtvoerders. Er zal met name aandacht besteed worden aan de belangrijkste eigenschappen per productgroep, maar ook aan risico's en hoe geschikt het is om aan bepaalde diergroepen te verstrekken.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 de rol die voeding kan spelen bij omgevingsverrijking kort aangestipt.

Aan het eind van ieder hoofdstuk zijn een aantal vragen toegevoegd hiermee kan kennis getoetst worden of ze kunnen dienen als discussievraag.

Het dictaat wordt afgesloten met een index, een verklarende woordenlijst en een literatuurlijst met bruikbare en aanbevolen literatuur.

1. Wat is een goed dieet voor een dierentuindier?

Kernpunten

- Informatie over de voedingsbehoefte van dierentuindieren is moeilijk te verkrijgen.
- Er moeten veel bronnen creatief gecombineerd worden om de behoefte te schatten.
- De bouw van het spijsverteringsstelsel is een belangrijke aanwijzing voor de voedingsbehoefte.
- Voeding van de mens is meestal geen goed voorbeeld, ook niet voor primatenvoeding.
- Kennis over de voeding van landbouwhuisdieren is maar heel beperkt toepasbaar bij dierentuindieren.
- Alleen dierentuinen met goede resultaten kunnen als voorbeeld dienen.
- De verzorger speelt een belangrijke rol bij het optimaliseren van de diëten, zonder terugkoppeling uit de praktijk geen vooruitgang in het vakgebied dierentuinvvoeding.

De vraag “Wat is goede voeding voor dierentuindieren?” is vrij eenvoudig te beantwoorden; goede voeding levert de energie en voedingsstoffen die nodig zijn om gezond de verwachte levensduur te bereiken. Daarnaast geeft goede voeding dieren de mogelijkheid hun natuurlijk gedrag te vertonen. Hoe juist ook, met zo’n algemene waarheid schieten we niet zoveel op. “Maak het maar eens concreet” zal de terechte reactie zijn als je een dergelijke uitspraak doet. Helaas, kennis van de voedingsbehoefte van wilde dieren hebben we weinig, zeker als je het vergelijkt met wat we weten van de behoefte van gedomesticeerde dieren.

1.1 Informatie over de voedingsbehoefte van dierentuindieren is moeilijk te verkrijgen

Dankzij ontelbare voedingsproeven en veel praktijkwaarnemingen bij grote groepen dieren hebben we de behoefte van gedomesticeerde dieren heel goed in beeld. De voedingskundige die zich met landbouwhuisdieren of veel voorkomende gezelschapsdieren bezig houdt heeft boekenkasten vol met informatie ter beschikking. En met de wetenschappelijke artikelen die over sommige soorten zijn geschreven kun je met gemak één of meer zeecontainers vullen.

Het is praktisch niet mogelijk om benodigde kennis over de voeding van dierentuindieren op dezelfde manier te verkrijgen als gebruikelijk bij gedomesticeerde dieren. Het is niet haalbaar om in een dierentuinomgeving een echt fundamenteel voedingsonderzoek uit te voeren. Zelfs al zou daar toestemming voor worden gegeven, wat om allerlei redenen zeer onwaarschijnlijk is, dan nog is het veel te risicovol om met dierentuindieren echte experimenten uit te voeren. Voedingsonderzoek vraagt gecontroleerde en constante omstandigheden en er moet van alles aan de dieren gemeten worden. Dit betekent dat experimenten in een kleine ruimte moeten worden uitgevoerd en er veel handelingen aan, en bij het dier moeten worden verricht. Dat dit stressvol is en dus risico’s oplevert voor wilde dieren behoeft geen uitleg. Er zijn beperkt alternatieven voor ingrijpende voerproeven waardoor je zonder grote gevolgen voor de dieren wel metingen kunt doen. Toch heb je altijd nog te maken met kleine groepen dieren onder zeer uiteenlopende omstandigheden, hierdoor is het moeilijk de resultaten algemeen geldig te

maken. Kortom; kennis van de behoefte van het dier zal op een andere, soms meer omslachtige manier, moeten worden verkregen.

1.2 Behoeftes bepalen betekent veel bronnen combineren

Omdat de voedingsbehoefte niet rechtstreeks bepaald kan worden moet het indirect. Door verschillende invalshoeken te combineren kun je vaak een aardige schatting maken van de behoefte. Volmaakt is het resultaat meestal niet maar altijd beter dan de welbekende natte vinger benadering.

1.2.1 De bouw van het spijsverteringskanaal geeft aanwijzingen voor de behoefte

Het spijsverteringskanaal begint bij lip of snavel en eindigt bij de anus of cloaca. Een groot deel van deze route is helaas pas goed te bekijken nadat het dode dier op een sectietafel grondig uit elkaar is getrokken. Ook bij het levende dier is echter van de vorm van bek en gebit al het nodige af te leiden. Een mooi voorbeeld is dat van de twee Afrikaanse neushoornsoorten. De zwarte neushoorn is een dier dat van struiken de blaadjes selecteert, de witte neushoorn is een graseter, dit verschil is ook zichtbaar. De puntige, toelopende, lippen van de zwarte neushoorn maken het mogelijk tussen (soms doornige) struiken de blaadjes weg te halen. De brede bek van de witte neushoorn is daarentegen ideaal om als een soort vegetatiestofzuiger grote hoeveelheden gras op te nemen. Doe nu in gedachten eens een zelfde vergelijking tussen twee herkauwers: het rund en de ree. Ook hier zegt de vorm van de bek direct al veel over het soort voedsel dat deze dieren opnemen. Vorm verradt voedselvoorkeur.

Het gebit geeft ook direct aanwijzingen over wat een dier goed of juist niet goed kan verwerken. Wanneer je weet dat de meeste goed verteerbare bestanddelen van een plant zich bevinden in de plantencel zul je inzien dat het gebit van een katachtige niet zo geschikt is voor het verwerken van plantaardig materiaal. Om bij de celinhoud te kunnen komen moeten plantcelwanden stuk gemalen worden. Dat lukt niet met gepunte tanden en kiezen. Wat we al lang wisten kunnen we ook aan het gebit zien: katachtigen kunnen niet zoveel met plantaardig materiaal. Zo geeft ieder type gebit aanwijzingen voor geschiktheid van voedermiddelen.

Op de snijtafel is nog meer informatie over gewenst voedsel te vinden. Het basisbouwplan van het spijsverteringsstelsel is voor alle gewervelden min of meer gelijk. De variaties op dit bouwplan geven belangrijke aanwijzingen over het gewenste voedsel. Zo kun je uit de grootte van de onderdelen van het spijsverteringsstelsel van planteneters afleiden waar welke verteringsprocessen plaatsvinden en wat voor type plantmateriaal het dier zou moeten kunnen verwerken.

Goede kennis van bouw en werking van het spijsverteringsstelsel is dus belangrijk om een goed voedingsadvies te kunnen geven.

1.2.2 Kennis uit de veevoeding en humane voeding moet je terughoudend gebruiken

De basisprincipes van voeding als vakgebied zijn voor alle diergroepen gelijk. Daarbij ontstaat gauw de gedachte dat dieren die op elkaar lijken ook wel ongeveer hetzelfde voer nodig hebben. Dan is het vervolgens logisch om bij een diertuintier waarvan we de behoefte niet zo goed kennen een gelijkend dier te zoeken waarvan we die behoefte wel

kennen. De lezer snapt al waar dat op uitdraait: bij herkauwers gebruiken we informatie over koe en schaap, bij primaten informatie over de mens, bij roofdieren informatie over de hond en ga zo maar door. Deze simpele benadering heeft twee grote bezwaren. In de eerste plaats is het dierenrijk veel te complex om indelingen als “herbivoren, omnivoren, carnivoren” of “herkauwers, niet-herkauwers” te kunnen gebruiken. Iedere diersoort heeft een eigen plekje in zijn natuurlijke leefomgeving met de daarin voorkomende voedselbronnen en is daar op afgestemd. Ruwe indelingen van het dierenrijk als basis voor de voedselgift leiden tot voedingsfouten. Vooral in het verleden zijn er veel exotische herkauwers doodgevoerd op rantsoenen die zeer geschikt waren voor koeien. Fruit en groenten schijnen erg gezond te zijn voor de mens, maar veel andere primaten doen het helemaal niet goed op een rantsoen dat is gebaseerd op het assortiment van een groenteboer. Zo zijn er helaas vele voorbeelden. Veel diersoorten waarvan de voedingsbehoefte goed bekend is worden gehouden voor de productie van vlees, melk of eieren. De voeding van deze dieren heeft als doel deze processen zo efficiënt mogelijk te ondersteunen. Dierentuindieren moeten zo gevoerd worden dat ze gezond een maximale levensduur halen en daarbij normaal gedrag vertonen. Voeding gericht op een zo efficiënt mogelijke productie ondersteunt deze doelstelling niet. Uiteraard kan informatie uit de veevoeding en humane voeding soms helpen bij het samenstellen van een goed dierentuindieet, maar alleen als met de hiervoor besproken aspecten goed rekening wordt gehouden.

1.2.3 Informatie van andere dierentuinen is beperkt bruikbaar

Informatie over de gewenste voeding van dieren wordt vaak van andere dierentuinen verkregen. Regelmatig worden uitgebreide enquêtes rondgestuurd met als doel inzicht te krijgen in de voeding van een bepaalde diersoort (zie figuur 1).

Please write in the list below all the food items offered to your giant tortoises including: industrial / commercial food mix (brand), or other additional food items

Food items fed	Amount (gr/st)	Frequency	Indoor	Outdoor
SPINACH / KALE	1 1/2 heads	DAILY		X
CARROTS	2 med.			
SWEET POTATO	1 lg.			
ZUCCHINI	1 med.			
CUCUMBERS	1 med.			
GREEN PEPPER	1			
APPLE	1			
WATERMELON / CANTALOUPE	1 slice			
BANANA	2			
MUSHROOMS	handful			
ALFALFA CUBES	handful			
Western Hay Co. 16% protein	1 scoop	1x per week; 1% fat; 30% fiber		
HORSE PELLETS Walpole 10% protein	1/2 scoop	1x per week; 3% fat; 13% fiber		

Is there any data available on how much the animals actually ingest per feeding?
If so please note in the additional comment box at page 3

Figuur 1: Een ingevulde pagina van een voedingsenquête. Zo moet het dus niet, probeer hier maar eens een gemiddelde voergift uit te berekenen.

Deze informatie (zelfs al is het leesbaar) is maar beperkt bruikbaar. De belangrijkste reden hiervoor is dat je eigenlijk alleen maar wat opschiet met informatie over de voeding in dierentuinen waar daadwerkelijk successen worden geboekt met de dieren. Dat betekent minimaal dat er vrijwel geen gezondheidsproblemen voorkomen en dat de dieren hun

verwachte levensduur halen. Goede vruchtbaarheid, dat wil zeggen een hoog bevruchtingspercentage en een normaal aantal goed levensvatbare jongen, zijn een belangrijke aanwijzing dat het met de voeding wel goed zit. Een regelmatig gemaakte fout is dat de resultaten van enquêtes worden gemiddeld en dat daar een soort voedingsadvies van wordt afgeleid. Het is puur toeval wanneer het gemiddelde (van hele slechte en hele goede diëten) iets bruikbaars oplevert. Gericht een goede vragenlijst sturen naar dierentuinen met goede resultaten is effectiever en efficiënter dan ongericht de halve wereld bestoken met vragenlijsten.

Vervolgens is het nog maar afwachten of het eventueel gevonden succesvolle dieet na te bootsen is en vervolgens ook weer tot goede resultaten leidt.

1.2.4 Voeding in het wild is een uitgangspunt voor een goed dieet in gevangenschap

Succesvolle aanpassing aan de leefomgeving is een voorwaarde voor overleven in de natuur. Voedsel in de vorm van bijvoorbeeld specifieke planten of prooidieren is onderdeel van die leefomgeving, dieren zijn hierop aangepast. Het totale pakket aan voedsel wat dieren in hun omgeving opnemen voorziet in al hun behoeften. Zou dat niet zo zijn dan zouden de dieren niet in hun omgeving kunnen voortbestaan, laat staan voortplanten. Ook voor voedselkeuze gelden de principes van de evolutietheorie. Kennis van de gegeten voedermiddelen in de natuurlijke leefomgeving en hun samenstelling is een belangrijk middel om tot een goed dieet in gevangenschap te komen.

Natuurlijk voedselprogramma voor de bruine beer, *Ursus arctos*

In Ouwehands Dierenpark Rhenen worden de beren samen met een roedel wolven gehouden in een bos van twee hectare. Het verblijf deed al natuurlijk aan, maar om meer activiteit, een diepere winterslaap en meer soortspecifiek gedrag te stimuleren bij de beren is het dieet in 1999 ook aangepast aan een meer natuurlijke vorm. De basis van een natuurlijk dieet voor bruine beren is de seizoensvariatie in energieaanbod gedurende het jaar en de seizoensvariatie in het aanbod voedselitems. Dit betekent in de praktijk dat als de beren in de lente uit hun winterrust komen minder energiedicht eten krijgen aangeboden (vlees/groente/noten). In de zomer en herfst worden de vetreserves weer aangevuld en is het dieet energierijker (fruit/vis/noten/vlees). Voor aanvang van de winterrust zal het dieet weer iets schraler worden om het lichaam voor te bereiden op de periode van rust.

Om de werkbaarheid van het dieet te bevorderen is bij het samenstellen van het nieuwe dieet rekening gehouden met de volgende criteria:

- de producten lijken qua aard en samenstelling op de natuurlijke variant;
- de producten moeten in Nederland verkrijgbaar zijn;
- de producten moeten betaalbaar zijn;
- de producten moeten gegeten worden door de beren;
- het dieet moet nutritioneel adequaat zijn.

Sinds de introductie van het natuurlijk dieet voeren de beren hun natuurlijke gedragspatronen meer uit en is het stereotiep gedrag duidelijk afgenomen. Ook is er nu een seizoensvariatie in lichaamsgewicht (feasting en fasting) en is de winterrust van de beren verbeterd (langer en vaster).

Meetsma en Pfauth, 2005, De Europese keuken van de 'Large Brown Bear Enclosure', Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden

Pollet en Weber, 2008, Development of a new diet for Kodiak bears, Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden

Tekstvak 1: Voorbeeld van een natuurlijk dieet toegepast in gevangenschap.

Dit principe wordt steeds meer toegepast, zie tekstvak 1. Langzaam komt er informatie beschikbaar over de samenstelling van voedingsmiddelen in de natuur. Dit heeft al tot belangrijke nieuwe inzichten geleid. Er is bijvoorbeeld vrij veel gekeken naar de samenstelling van door primaten gegeten voedermiddelen en vergelijking met de fruitrijke dierentuinvloeding levert grote verschillen op. In de onderstaande tabel wordt het natuurlijk dieet¹ van chimpansees en gorilla's vergeleken met enkele veel gebruikte fruit- en groentesoorten in de dierentuin, een overzicht dat de verschillen duidelijk illustreert.

Tabel 1: Samenstelling van voedsel door Chimpansees en Gorilla's in het wild gegeten vergeleken met enkele gedomesticeerde fruit- en groentesoorten (% in DS).

	Chimp. voedsel	Gorilla voedsel	Banaan	Appel	Sinasappel	Wortel
Totaal vezels %	33,6	78,7	12,3	10	11	9,7
Moeilijk verteerbare vezels % ¹	19,6	65,4	2,8	5,9	7,1	8,9
Suikers %	14	-	44	59	40	40
Eiwit %	9,5	12	5,7	2,5	6,9	5,9

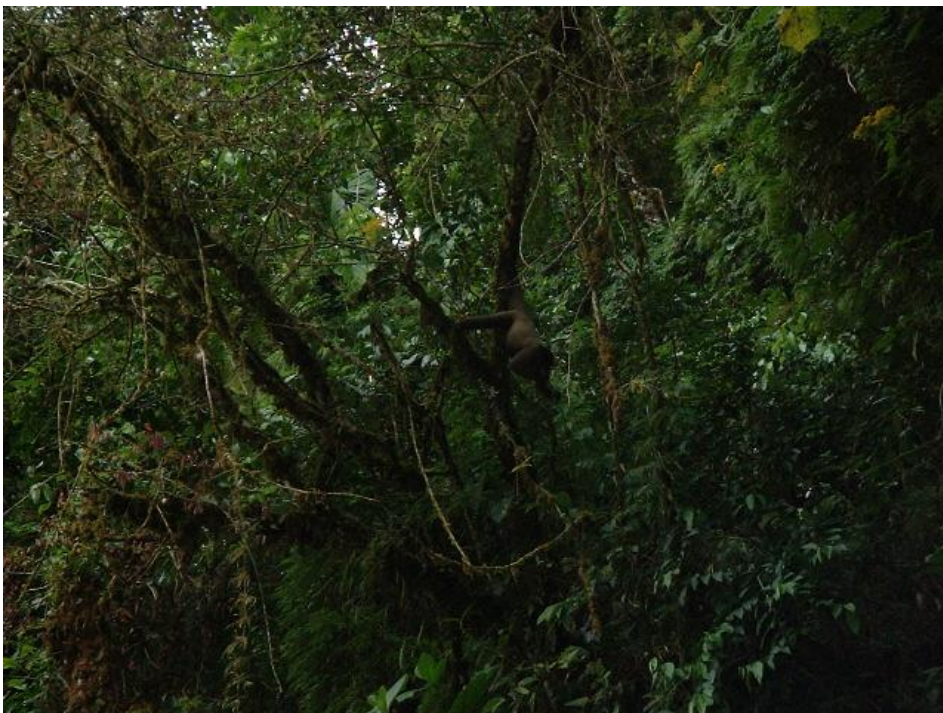
¹ De moeilijk verteerbare vezels (ADF) maken deel uit van de totale hoeveelheid vezels (NDF).

¹ De term 'dieet' wordt in deze uitgave gebruikt om de dagelijkse voeding van het dier aan te duiden. Af en toe wordt ook de term 'rantsoen' hiervoor gebruikt. Zie ook de begrippenlijst.

Deze oppervlakkige vergelijking laat al zien dat het door deze apen in de vrije natuur gegeten voedsel sterk afwijkt van veel van de voedingsmiddelen die we in gevangenschap vaak aan dieren verstrekken. In dit geval valt vooral het verschil in vezelgehalte en suiker op. Het kan haast niet anders of dit heeft consequenties voor het verteringssysteem van de dieren.

Er zitten echter ook beperkingen aan deze aanpak. Het aantal onderzoeken wat is, en wordt, uitgevoerd naar de exacte samenstelling is nog beperkt. Dat is deels een financiële kwestie; onderzoek kost veel geld. Verder is het ook niet zo eenvoudig om precies te bepalen wat een dier eet in de natuur, laat staan de samenstelling van dit voedsel vast te stellen. Figuur 2 illustreert dit.

Maar ook al heb je gegevens dan is het nog maar de vraag of je de juiste ingrediënten kunt vinden om de situatie in de natuur na te bootsen. Soms is nabootsen om andere redenen niet gewenst. In veel tuinen is bijvoorbeeld het voeren van duidelijk herkenbare hele prooi een gevoelige kwestie.



Figuur 2: Zoek de wolaap in het bladerdak en bepaal wat er precies gegeten wordt.

Voedingsbehoefte vaststellen doe je door zoveel mogelijk bronnen te combineren

Het voorgaande laat zien dat iedere benadering om het rantsoen vast te stellen beperkingen heeft, het is dus zaak informatie slim te combineren. Basiskennis van de voedingsleer gecombineerd met kennis van anatomie, fysiologie en de natuurlijke leefomstandigheden van het dier zijn noodzakelijk voor succesvol rantsoenontwerp.

1.3 Verzorgers spelen een belangrijke rol bij het vaststellen van diëten voor de dieren

Het is noodzakelijk om de gewenste voeding van de dieren zo goed mogelijk vooraf te bepalen. In het wilde weg rantsoenen uitproberen is niet gewenst. Het vermogen van dieren om zelf de juiste keuzes te maken uit een gevarieerd aanbod is meestal beperkt.

Een rantsoenontwerp is echter een startpunt en geen eindpunt. De dieren zelf zijn de belangrijkste aanwijzing voor de geschiktheid van het rantsoen. Het rantsoen moet ze gezond op gewicht houden of krijgen, indien gewenst laten reproduceren en ook nog de gelegenheid bieden normaal gedrag te vertonen.

De verzorger is de eerste die de reactie van het dier op het rantsoen waarneemt en inzicht krijgt wat werkt en wat niet werkt. Inzicht in de basisprincipes van de dierentuinv voedingsleer stelt een verzorger in staat nog beter de relatie tussen voeding en functioneren van het dier te leggen. Dit verbetert ook de kwaliteit van de communicatie met degenen die eindverantwoordelijk zijn voor de samenstelling van de voeding. Uiteindelijk leidt de combinatie van praktijkwaarneming met voedingstheorie tot verdere vooruitgang van het vakgebied dierentuinvoeding.

Vragen hoofdstuk 1

1. Geef argumenten waarom dierproeven met dierentuindieren vrijwel nooit kunnen bijdragen aan de vermeerdering van kennis.
2. Geef een aantal voorbeelden van dieren waar je aan uiterlijke kenmerken kan zien welk soort voedsel het nodig heeft.
3. De voedselkeuze van dieren in de vrije natuur is voor een deel het gevolg van natuurlijke selectie. Betekent dit nu ook dat dieren zelf weten wat goed voor hen is? (Dit noemen we 'nutritional wisdom')
4. Welke eigenschappen van het natuurlijk dieet kan of moet je nabootsen in gevangenschap?
5. Waarom is de voeding van mensen niet zo'n goed 'model' voor het ontwerpen van een dieet voor andere primaten?
6. Welke gegevens zou een dierverzorger moeten bijhouden over de dieren en hun dieet om te kunnen bijdragen aan verdere verbetering van de voeding?

2. Vorm verradt functie: bouw en werking van het spijsverteringsstelsel

Kernpunten

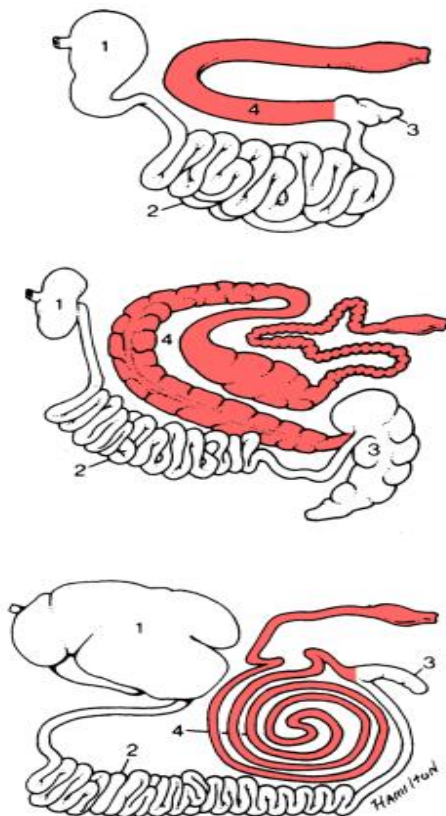
- **Vertering is het verkleinen van voedselbestanddelen tot opneembare (d.w.z. ze kunnen de wand van het verteringsstelsel passeren) deeltjes.**
- **Vertering begint vaak met mechanische verkleining in de mondholte.**
- **Verteringsenzymen zijn eiwitten die voedselbestanddelen verkleinen in uiteindelijk opneembare deeltjes.**
- **Micro-organismen die leven in het maag-darmstelsel spelen voor veel dieren een belangrijke rol in de afbraak van plantbestanddelen, dit proces heet fermentatieve vertering.**
- **Vastgrijpen, proeven, het verkleinen van voedsel en bevochtigen met speeksel zijn de voornaamste functies van de mondholte (voordarm).**
- **Voor optimale gebitsgezondheid moet voeding zoveel mogelijk aansluiten op het natuurlijke gebruik van het gebit.**
- **Speekselproductie is belangrijk voor optimale vertering en het gezond functioneren van het maag-darmstelsel.**
- **De krop bij vogels is een aangepast deel van de slokdarm en dient voornamelijk voor opslag.**
- **Voormagen bij zoogdieren maken het mogelijk energie uit celwandbestanddelen te halen.**
- **Voeding van voormaagverteeders moet bijdragen aan de instandhouding van een gezonde micro-organismenpopulatie in de voormagen.**
- **Teveel gemakkelijk verteerbare koolhydraten (ineens) en/of een tekort aan lange vezels om op te kauwen zijn de belangrijkste voedingsfouten bij voormaagverteeders.**
- **Niet alle herkauwers lijken op koeien of schapen; voeding moet aansluiten op de diversiteit binnen deze groep.**
- **Fermentatieve afbraak van plantbestanddelen vindt bij een grote groep herbivoren pas plaats in de blinde en/of dikke darm (samen achterdarm).**
- **Ook voor omnivoren en carnivoren is fermentatie in de dikke darm een belangrijk proces.**

In het vorige hoofdstuk is uitgelegd dat bouw en werking van het verteringsstelsel belangrijke aanwijzingen zijn voor de gewenste voeding. Wanneer het aangeboden dieet niet is afgestemd op de werking van het maag-darmstelsel zal dit vroeg of laat leiden tot problemen. Aantasting van het gebit, maagzweren, darmontstekingen, verstopping en diarree kunnen allen het gevolg zijn van, voor het verteringsstelsel, ongeschikt voedsel.

Kennis van de werking van het verteringsstelsel en de voorwaarden voor het gezond functioneren hiervan is dus belangrijk. In dit hoofdstuk worden de algemene bouw en de processen van het verteringsstelsel besproken. Vervolgens wordt specifiek aandacht besteed aan planteneters, in het bijzonder de diercategorieën herkauwers en achterdarmverteeders.

2.1 Vertering is het verkleinen van voedselbestanddelen tot opneembare deeltjes

Voedsel levert nutriënten (voedingsstoffen) aan het dier. Deze nutriënten kunnen energie leveren of zijn noodzakelijk als bestanddeel van weefsels (bouwstoffen) of om lichaamsprocessen mogelijk te maken (hulpstoffen zoals enzymen). Om in het lichaam hun functie te vervullen moeten de nutriënten eerst de wand van het maag-darmstelsel passeren. Omdat alleen kleine moleculen de wand van het maag-darmstelsel kunnen passeren is deze verkleining vaak een complex proces. Deze complexiteit komt ook naar voren in de variatie in vormen van verteringstelsels zoals geïllustreerd wordt in figuur 3 en andere figuren in dit hoofdstuk. Let op het feit dat in alle systemen dezelfde organen aanwezig zijn, het zijn slechts de vorm en functie van deze organen die verschillen.



Figuur 3: Verteringsstelsels van drie groepen zoogdieren: carnivoor/omnivoor, herbivoor met achterdarmvertering, herbivoor met voormaagvertering. 1= maag/ voormaag, 2= dunne darm, 3 = blinde darm, 4 = dikke darm.

2.1.1 Vertering begint vaak met mechanische verkleining

Verkleining start vaak in de mondholte waar door de kauwbewegingen het voedsel verkleind wordt. Deze verkleining door de inzet van spierarbeid noemen we mechanisch. Deze mechanische verkleining kan ook in andere delen van het lichaam plaatsvinden. Zo hebben veel vogelsoorten een spiermaag met een verhoornde wand waar, eventueel met behulp van zand of steentjes, het voedsel door samentrekkingen klein gemaakt wordt.

Door mechanische vertering zal het voedsel nooit zo klein gemaakt worden dat het opgenomen kan worden door de wand van het maag-darmstelsel, maar het is wel een belangrijke voorbereiding. Door het vermalen van het voedsel wordt de oppervlakte van de voedseldeeltjes vergroot, hierdoor wordt de inwerking van verteringsenzymen makkelijker.

Door kauwen worden ook plantcelwanden stuk gemaakt waardoor de makkelijker verteerbare inhoud beschikbaar komt.

Het mengen van speeksel met het voedsel wordt ook bevorderd door kauwen. Bij veel vogels zorgt de beweging van de spiermaag ervoor dat door de kliermaag afgescheiden maagzuur goed gemengd wordt met de voedselmasa.

2.1.2 Verteringsenzymen zijn eiwitten die voedselbestanddelen verkleinen in uiteindelijk opneembare deeltjes

Nutriënten in het voedsel zoals vetten, eiwitten en koolhydraten zijn vaak complexe en grote moleculen die de wand van het maag-darmstelsel niet kunnen passeren. In de mondholte (maar niet bij alle diersoorten), de maag en vooral de dunne darm worden verteringsenzymen toegevoegd aan de voedselmasa. Deze verteringsenzymen splitsen de complexe moleculen op in opneembare bestanddelen. Dit gebeurt vaak in meerdere stappen waarbij verschillende enzymen betrokken zijn. Tabel 2 geeft de hoofdlijnen weer.

Tabel 2: Soorten verteringsenzymen en hun opneembare eindproducten.

Voedselbestanddeel	Soort enzym ¹	Opneembaar ³ eindproduct	Voorbeelden
Eiwitten	Proteolitische enzymen	Aminozuren	Pepsine, trypisine
Vetten	Lipolitische enzymen	Glycerol + Vetzuren	Lipase ²
Koolhydraten	Amylolitische enzymen	Monosacchariden (o.a. glucose en fructose)	Amylase, lactase, sucrose

¹ Voedselbestanddelen worden meestal in stappen door verschillende enzymen afgebroken, in deze kolom wordt de 'groeps' aanduiding gegeven.

² Veel enzymnamen eindigen op '-ase'.

³ 'Opneembaar' betekent klein genoeg om de wand van het maag-darmstelsel te passeren.

Carnivoren, maar ook veel omnivoren, maken voornamelijk gebruik van vertering met behulp van door het lichaam geproduceerde enzymen (enzymatische verteersers). Planteneters gebruiken vaak nog een aanvullende methode om energie en nutriënten te verkrijgen uit de voeding.

2.1.3 Micro-organismen die leven in het maag-darmstelsel spelen voor veel dieren een belangrijke rol in de afbraak van plantbestanddelen

Vooral plantaardig materiaal bevat vaak bestanddelen die niet afgebroken kunnen worden door verteringsenzymen die het lichaam zelf produceert. Dit heeft tot gevolg dat veel plantaardig materiaal intact blijft en het lichaam onaangestast verlaat middels de ontlasting. Dit geldt vooral voor de stoffen die de plantcelwand vormen zoals lignine, cellulose en hemicellulose.

Cellulose en hemicellulose zijn koolhydraten en omdat ze door hun plaats in de celwand bijdragen aan de structuur (vorm) van de plant worden ze ook wel structurele koolhydraten genoemd. Voor de afbraak van deze stoffen zijn de enzymen cellulase en hemicellulase nodig, deze worden niet door het lichaam zelf geproduceerd.

Bacteriën die in het maag-darmstelsel leven produceren deze enzymen wel en kunnen deze stoffen hierdoor wel afbreken en benutten. Het afbreken doen de bacteriën in eerste plaats ten behoeve van hun eigen energievoorziening, hierbij komen echter ‘reststoffen’ vrij in de vorm van vluchtige vetzuren (b.v. azijnzuur en propionzuur). Deze stoffen kan een dier wel opnemen en vervolgens gebruiken voor de eigen energievoorziening. Voor veel planteneters is deze vorm van vertering, die fermentatieve vertering wordt genoemd, een belangrijk onderdeel van de energievoorziening.

Bij planteneters zijn delen van het verteringsstelsel aangepast (vergroot) om deze fermentatieve vertering te kunnen laten plaatsvinden. Deze aanpassing zien we vóór de maag (b.v. de voormagen bij herkauwers) of ná de dunne darm (b.v. de zeer grote blinde darm bij de capybara). Planteneters waar fermentatieve afbraak voor de maag plaatsvindt noemen we voormaagverteeders, planteneters waarbij deze vertering na de dunne darm voorkomt noemen we achterdarmverteeders. Mengvormen komen ook voor. Bedenk hierbij wel dat een dier waarbij fermentatieve vertering voorkomt ook altijd enzymatisch verteert in maag en dunne darm. Tabel 3 geeft enkele voorbeelden van beide groepen.

Tabel 3: Enkele voorbeelden van voormaagverteeders en achterdarmverteeders.

Voormaagverteeders	Achterdarmverteeders
<i>Zoogdieren</i> Herkauwers (antilopen, giraffe, okapi) Kameelachtigen Nijlpaard Kangoeroes Wallabies Colobus apen Langoeren	<i>Zoogdieren</i> Paardachtigen (zebra, ezels) Olifant Naakte molrat Stekelvarkens Klipdas Haasachtigen Tapirs Gorilla Koala
<i>Vogels</i> Hoatzin	<i>Vogels</i> Schots sneeuwhoen Moerassneeuwhoen Struisvogel
<i>Reptielen</i>	<i>Reptielen</i> Groene leguaan Aldabra schildpad Gopher schildpad

Voor dieren met fermentatieve vertering is een gezonde bacteriepopulatie in het maag-darmstelsel belangrijk voor onder meer de energiehuishouding. Bij het voeren van deze dieren voer je eigenlijk ook de bacteriepopulatie, deze wordt ernstig verstoord bij foutieve voeding. Eén van de meest gemaakte voedingsfouten bij beide categorieën fermentatieve verteeders is een overaanbod aan suikers en zetmeelachtige stoffen, b.v. uit fruit, granen of brokken (te veel per dag of teveel in één keer). Deze stoffen worden door de bacteriën zeer snel afgebroken wat leidt tot zeer snelle verzuring. In een dergelijk milieu sterven de bacteriën massaal waardoor de vertering en gezondheid van het dier ernstig verstoord wordt. Pensverzuring (acidose), hoeftbevangenheid en diarree zijn enkele gevolgen.

2.2 Een korte beschrijving van het maag-darmstelsel

Grofweg kun je het maag-darmstelsel in vier delen verdelen. Deze, vooral in het buitenland, gehanteerde indeling maakt het mogelijk het stelsel voor alle gewervelden op een vergelijkbare manier te beschrijven. De vier onderdelen zijn: 'kopdarm' (bek), 'voordarm' (slok darm, voormagen, maag, krop, klier en spiermaag), 'middendarm' (dunne darm) en 'achterdarm' (blinde en dikke darm). Onderstaande tabel 4 geeft een overzicht.

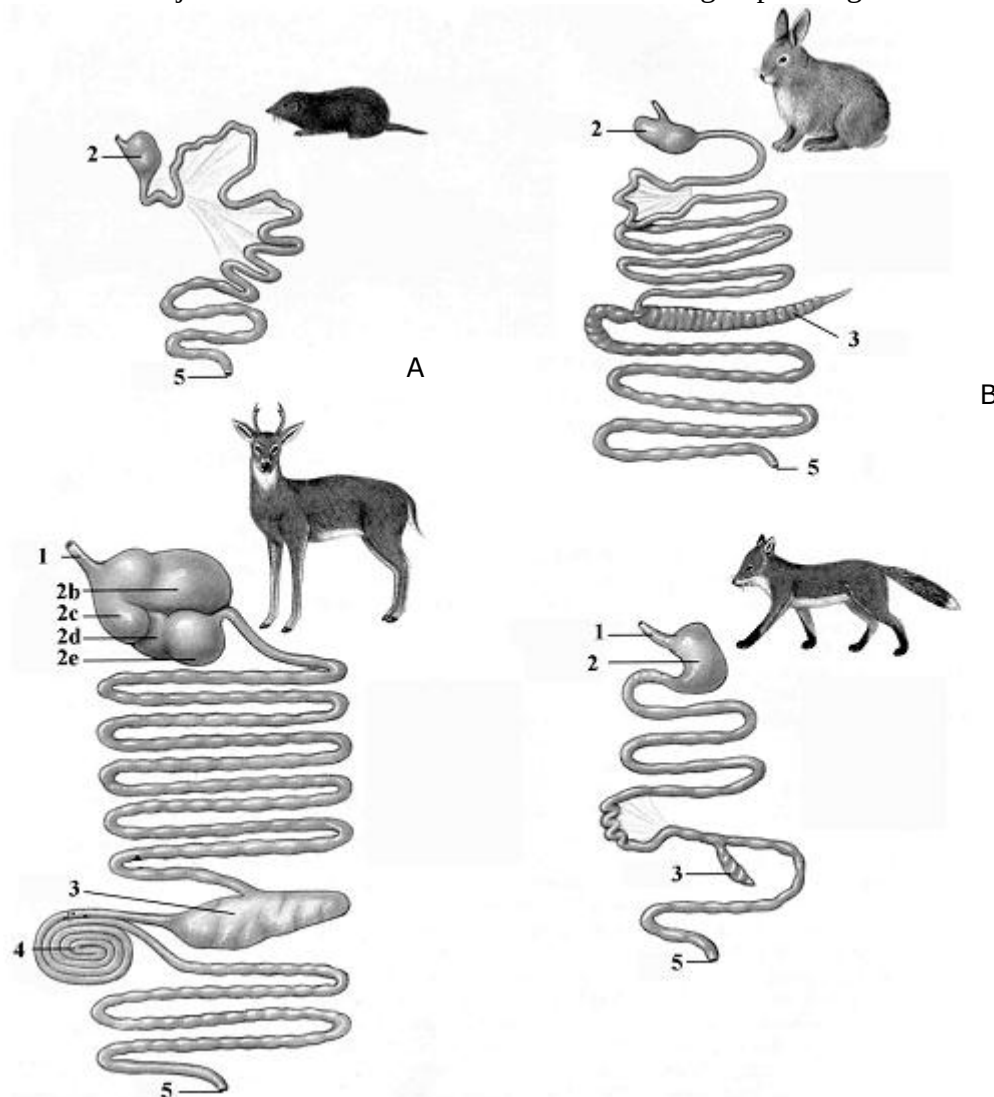
Tabel 4: De verschillende verteringsstelsels van gewervelden met elkaar vergeleken (Naar Barboza et al, 2009).

	Kopdarm (mondholte)	Voordarm	Middendarm	Achterdarm
Hoofdfuncties	Grijpen, proeven, speekselen, mechanisch verkleinen	Enzymatische afbraak, fermentatieve afbraak, opname nutriënten (voormagen) verkleining (spiermaag)	Enzymatische afbraak, opname nutriënten	Fermentatieve afbraak, opname water en nutriënten
Diergroepen				
Vissen, carnivore reptielen en zoogdieren Amfibieën	Lippen, tong, gebit, Faryngeale tanden (vissen)	Slok darm, gastrische maag ¹	Dunne darm: duodenum, jejunum en ileum	Blinde darm (niet altijd) dikke darm
Omnivore ² en herbivore reptielen en zoogdieren	Lippen, tong, gebit	Slok darm, gastrische maag	Dunne darm: duodenum, jejunum en ileum	Blinde en/of eerste deel dikke darm veel inhoud
Herbivore zoogdieren met ferm. voormaag- vertering	Lippen, tong, gebit	Slok darm, pens, netmaag, boekmaag (herkauwers) of ander compartiment voor gastrische maag, gastrische maag.	Dunne darm: duodenum, jejunum en ileum	Blinde darm, dikke darm
Vogels	Snavel	Krop, kliermaag (proventriculus), spiermaag	Dunne darm: duodenum, jejunum en ileum	Evt. gepaarde blinde darm. dikke darm

¹ De 'gastrische' maag is de 'echte maag' d.w.z. het gedeelte waarin maagzuur wordt afgescheiden, dit is het onderscheid met de voormagen.

² Omnivore reptielen en zoogdieren zijn lastig te karakteriseren, sommige neigen naar de herbivore kant andere juist naar de carnivore kant.

De tabel laat zowel de verschillen als de overeenkomsten tussen de diergroepen zien. Bij alle diergroepen heeft de middendarm een overeenkomstige structuur en functie. Bij de andere onderdelen zijn er veel meer verschillen tussen de diergroepen. Figuur 4 illustreert dit.



Figuur 4: Spijsverteringsstelsels van een insectivoor, achterdarmverteerder, herkauwer en carnivoor.

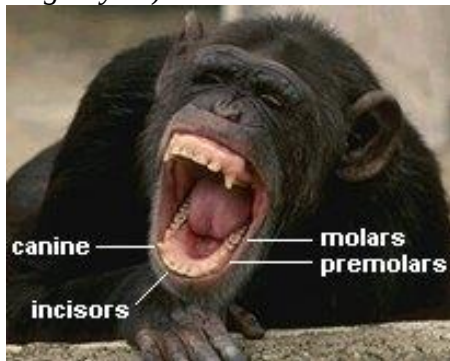
2.2.1 Kopdarm

Vastgrijpen, proeven, het verkleinen van voedsel en bevochtigen met speeksel zijn de voornaamste functies van de mondholte (kopdarm)

Breedte en vorm van de bek of snavel zijn belangrijke indicatoren voor de manier waarop dieren hun voedsel verkrijgen. Breed en kort betekent vaak dat het dier weinig selectief is in zijn voedselopname terwijl spits en lang wijst op een zeer selectieve voedselopname. De brede bek van paardachtigen of runderen past goed bij hun weinig selectieve graaswijze, terwijl de smalle bek van bijvoorbeeld giraffes al iets zegt over hun vermogen voedsel te selecteren uit een groter aanbod. Ook bij vogels is met enige moeite wel zo'n patroon te ontdekken, b.v. wanneer we de relatief brede snavels van zwanen en eenden vergelijken met de snavels van de veel selectievere zaden- en insecteneters.

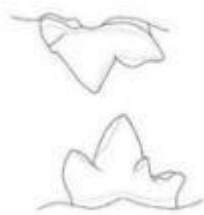
Het gebit zegt eveneens veel over de voedselverwerkingsmogelijkheden. In het gebit van zoogdieren onderscheiden we snijtanden (incisors), hoektanden (canines), valse kiezen

(premolaren) en echte kiezen (molaren). Figuur 5 laat dit zien voor de chimpansee (*Pan troglodytes*).



Figuur 5: Het gebit van een chimpansee.

Heel globaal dienen snij- en hoektanden vooral voor het vastgrijpen en in stukken bijten van het voedsel en de kiezen voor het fijner malen van het voedsel, maar de verschillen zijn enorm. Zo hebben de kiezen van carnivoren nauwelijks een maalfunctie, deze zijn meer afgestemd op het losscheuren van weefsel, vandaar ook de term scheur- of knipkiesen. De figuren 6 en 7 laten de relatie zien tussen voedselkeuze en kiesvorm.



Knip- of scheurkies



Plooi- of maalkies



Knobbelkies

Figuur 6: Kiesvormen bij carnivoor, herbivoor en omnivoor.

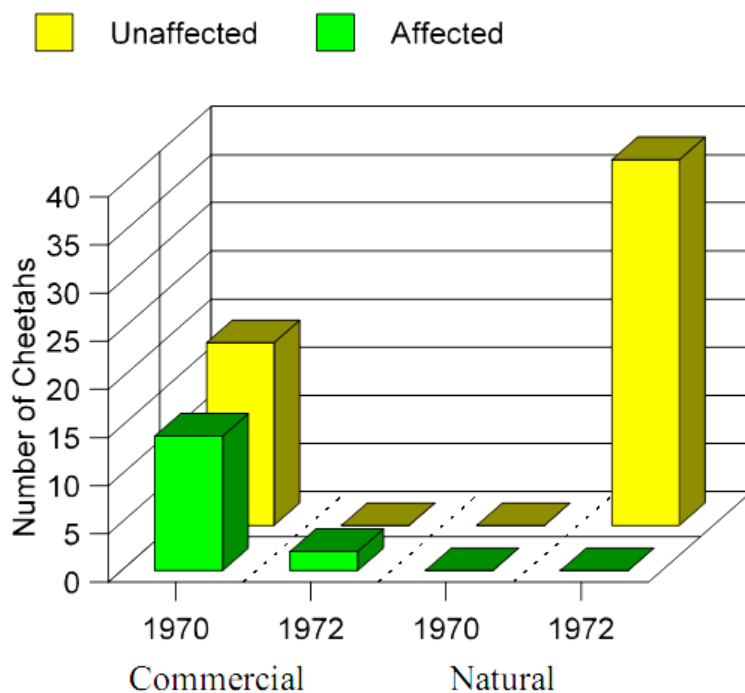


Figuur 7: Linker onderkaak van ijsbeer en grote panda, de kiezen van de grote panda hebben een grotere oppervlakte wat het vermalen van bamboe mogelijk maakt.

Voor optimale gebitsgezondheid moet voeding zoveel mogelijk aansluiten op het natuurlijke gebruik van het gebit

Het is belangrijk dat dieren voedsel krijgen wat aansluit op de mogelijkheden van hun gebit, maar ook het gebit laat werken zoals het bedoeld is. Zo is van wilde paardachtigen bekend dat ze een groot deel van het etmaal bezig zijn met de opname van grassen. Om dit gras te verwerken zijn er 50.000 – 60.000 kauwbewegingen per dag nodig. Deze kauwbewegingen zorgen voor een gelijkmatige slijtage van de kiezen die daarop zijn afgestemd. Wanneer in gevangenschap paardachtigen minder hoeven te kauwen, bijvoorbeeld door gebruik van brokken of gehakseld gras slijten de kiezen minder gelijkmatig. Door deze minder gelijkmatige slijtage kunnen er scherpe randen aan de kiezen ontstaan, de zogenaamde 'haken', met als gevolg pijnlijke beschadigingen aan de binnenkant van de bek en een verminderde voeropname. Ook van haasachtigen is bekend dat minder kauwarbeid ten

opzichte van het natuurlijk rantsoen leidt tot gebitsafwijkingen. Er is beperkt onderzoek gedaan naar de relatie tussen voeding en gebitsgezondheid bij herbivoren in dierentuinen. Twee gepubliceerde onderzoeken geven sterke aanwijzingen dat de voeding in gevangenschap bij herbivoren ook kan leiden tot teveel gebitsslijtage. Wanneer browsers (bladeters) zoals de giraffe gras krijgen, wat vaak rijk is aan zand, slijt hun gebit juist teveel. Grote carnivoren gebruiken bij het verwerken van hun prooi verschillende tanden en kiezen per onderdeel van het karkas. Zo worden voor het spierweefsel (vlees!) voornamelijk de snij- en hoektanden gebruikt en de kiezen nauwelijks, voor het verwerken van huid en botten worden echter de kiezen meer ingezet. Bij het voeren van alleen vlees met supplement, of een commercieel voer, bestaat de kans dat het gebit eenzijdig gebruikt wordt, dit moet haast wel gevolgen hebben voor de gebitsgezondheid. Onderstaande figuur 8 is weliswaar afkomstig van een vrij oud onderzoek, maar geeft wel een belangrijke aanwijzing dat een natuurlijker dieet beter is voor de tandgezondheid.



Figuur 8: Gebitsafwijkingen bij Cheeta's gevoerd met een commercieel (zacht) dieet vergeleken met gebitsafwijkingen bij een natuurlijk (karkas) dieet (Fitch and Fagan, 1982).

Speekselproductie is belangrijk voor optimale vertering en het gezond functioneren van het maag-darmstelsel

In de mondholte wordt speeksel toegevoegd aan het opgenomen voedsel. Speeksel heeft of kan de volgende functies hebben:

- bevochtigen van de voedselbrok om passage te bevorderen;
- bevochtiging ten behoeve van de werking van verteringsenzymen;
- het proeven van oplosbare stoffen mogelijk maken;
- start vertering met verteringsenzymen (amylase, lipase);
- neutraliseren van zuur in voormagen (bv. bij herkauwers!);
- hulpmiddel bij insectenvangst (bv. groene specht);
- neutraliseren effect tannine in voedsel (bv. bij bladeterende herbivoren).

2.2.2 Voordarm

De krop bij vogels is een aangepast deel van de slokdarm en dient voornamelijk voor opslag

Een goed ontwikkelde krop zien we vooral bij zaadetende (granivore) en visetende (piscivore) vogels. De krop dient als opslag van voer wat vervolgens geleidelijk kan vrijkomen voor verdere vertering. Door de krop kunnen deze vogels meer voer opnemen dan hun verteringsstelsel in één keer kan verwerken. Bij insectenetende (insectivore) en ‘vlees’etende (carnivore) vogels is de krop veel minder, of niet ontwikkeld.

Een bijzondere functie van de krop vinden we bij duifachtigen. Onder invloed van het hormoon prolactine neemt tijdens het broeden de omvang van het slijmvliesweefsel aan de binnenkant van de krop toe. Na uitkomst van de jongen wordt dit vet en eiwitrijke weefsel gemengd met ander voedsel uit de krop en gebruikt voor het voeren van de jongen (kropmelk). Deze kropmelk is met een watergehalte van ongeveer 75%, een eiwitgehalte van ongeveer 12% en een vetgehalte van 6% aanmerkelijk rijker van samenstelling dan de melk van veel zoogdieren. Kropmelk is verder rijk aan sporenelementen (in kleine hoeveelheden benodigde mineralen) en bevat ook diverse vitaminen. Ook flamingo's produceren kropmelk, deze is eiwitrijker en iets vetarmer dan dat van duiven.

Bij de hoatzin (*Opisthocomus hoazin*) is de krop verder ontwikkeld tot een orgaan waarin deze vogel blad kan fermenteren. De hierbij vrijkomende vluchtige vetzuren kunnen worden gebruikt als energiebron.

Voormagen bij zoogdieren maken het mogelijk energie uit celwandbestanddelen te halen

De voormaag of het voormagenstelsel van planteneters heeft deels dezelfde functie als de krop bij vogels. Door deze aanpassing is het mogelijk dat planteneters grote hoeveelheden voedsel in één keer opnemen om deze vervolgens rustig te verteren.

In de voormaag worden celwandbestanddelen uit planten (cellulose en hemicellulose) door de daar levende anaerobe bacteriën (en schimmels, gisten en protozoa) afgebroken tot onder meer vluchtige vetzuren (o.a. propionzuur en azijnzuur). Deze vetzuren worden opgenomen door de wand van de voormaag. Propionzuur kan in de lever worden omgezet in glucose en azijnzuur draagt ondermeer bij aan de vorming van melkvet.

Naast vluchtige vetzuren wordt ook bacterieel eiwit gevormd (d.w.z. de bacteriën zelf). Hiervoor wordt een deel van het in het voer aanwezige eiwit gebruikt, maar ook andere stikstofbronnen (eiwit bestaat voor gemiddeld 16% uit stikstof) kunnen hiervoor worden gebruikt. Dit bacteriële eiwit stroomt uiteindelijk door naar maag en dunne darm waar het wordt afgebroken ten behoeve van de eigen eiwitvoorziening. Het eiwit afkomstig van de bacteriën sluit goed aan bij de behoefte van de dieren. Er vindt eigenlijk een opwaardering plaats van eiwit en stikstof in het voer.

De micro-organismen in de voormagen produceren verder B-vitaminen en vitamine K, deze vitaminen kunnen in de dunne darm worden opgenomen. Een gezonde volwassen herkauwer heeft daarom geen B-vitaminen en vitamine K nodig in de voeding. Voor de productie van vitamine B₁₂ moet er wel voldoende Kobalt (Co) aanwezig zijn in het voedsel.

Voeding van voormaagverteeders moet bijdragen aan de instandhouding van een gezonde micro-organismenpopulatie in de voormagen

Het milieu in de voormagen is een kwetsbaar systeem. De micro-organismen in de voormaag functioneren optimaal in een vrijwel neutrale omgeving (ong. pH 6,5). In de voormagen worden echter constant zuren (vluchtige vetzuren) gevormd waardoor altijd het gevaar op de loer ligt dat de pH daalt (verzuring toeneemt) tot waarden waarbij de micro-organismen niet kunnen overleven. Dieren hebben een aantal mechanismen tot hun beschikking om een dergelijke verzuring tegen te gaan.

De geleidelijke doorstroming van de inhoud van de voormagen naar het vervolg van het darmstelsel en de absorptie van vluchtige vetzuren door de wand van de voormagen dragen bij aan het in stand houden van de gewenste zuurgraad. Verder bevat het speeksel van voormaagverteeders veel neutraliserende stoffen die verzuring helpen tegen te gaan. Een ruime speekselproductie en een geleidelijke productie van vluchtige vetzuren zijn daarom belangrijk voor een gezond voormagenstelsel.

Bij de voeding van voormaagverteeders worden vaak twee soorten voedingsfouten gemaakt.

I: Er wordt een te grote hoeveelheid snel afbreekbaar voedsel aangeboden

Micro-organismen in de voormaag breken celwandbestanddelen geleidelijk af. De hierbij vrijkomende hoeveelheden vluchtige vetzuren kunnen vervolgens worden opgenomen door de wand van de voormaag. Door de geleidelijke productie, en de daarmee gelijke tred houdende opname, daalt de pH van de voormaag slechts weinig en blijft ruim boven de schadelijke ondergrens. Ook de neutraliserende werking van het speeksel draagt hieraan bij.

Suikers en zetmeel, uit bijvoorbeeld fruit, granen en brokken, kunnen heel snel worden afgebroken door de micro-organismen in de voormaag, dit betekent dat er in korte tijd veel vluchtige vetzuren vrijkomen. Deze vluchtige vetzuren kunnen niet voldoende geneutraliseerd worden door het speeksel en worden ook niet snel genoeg geabsorbeerd, het gevolg is dat de pH sterk daalt. Deze dalende pH leidt vervolgens tot een verschuiving in de samenstelling van de bacteriepopulatie waardoor er meer melkzuur geproduceerd wordt. De extra hoeveelheid melkzuur leidt tot een nog sterkere verzuring, beschadiging van de voormaagwand, leverschade, hoefbevangenheid, meer infecties en uiteindelijk sterfte van het dier.

Overigens verhoogt een hoog aanbod van zetmeelrijke producten ook de kans op clostridiuminfecties, eveneens vaak fataal voor herkauwers.

II: Het voer bevat te weinig lange vezels (structuur) om op te kauwen

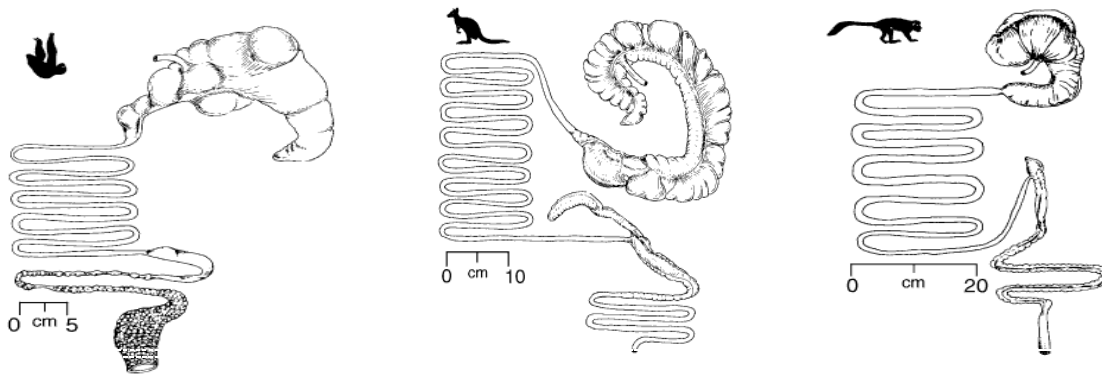
Bij het kauwen van het voer wordt ook speeksel gevormd, zoals eerder aangegeven is dit speeksel belangrijk voor het neutraliseren van in de voormaag geproduceerd zuur. Onvoldoende lange vezels in het voer leidt tot minder kauwbewegingen en dus minder speekselproductie. Bij herkauwers zijn lange vezels ook noodzakelijk als prikkel voor het herkauwen. Te weinig vezels betekent minder herkauwen en dus ook minder speekselproductie. Hierbij komt nog dat een rantsoen arm aan vezels meestal samengaat met een hoog aanbod van zetmeel en suikers, de kans op schadelijke voormaagverzuring is dus extra groot.

Verzuring van de voormaag hoeft niet altijd acute effecten te hebben. Wanneer de pH van de voormaag gedurende een lange periode aan de lage kant is, b.v. door weinig ruwvoer in het rantsoen, spreken we van chronische verzuring. Dit leidt onder andere tot verminderde eetlust en gezondheid. Er is ook een sterke relatie met hoefbevangenheid; een ontstekingsreactie in de hoef die aan de buitenkant zichtbaar is door hoefmisvormingen en kreupelheid. Er zijn sterke aanwijzingen dat veel hoefproblemen bij herkauwers in dierentuinen te maken hebben met chronische verzuring. Een sterke aanwijzing is het feit dat bij dieren die relatief veel krachtvoer in hun dieet krijgen hoefaandoeningen vaker blijken voor te komen.

Kort samengevat is het belangrijk dat rantsoenen van dieren met voormaagvertering rijk zijn aan vezelig materiaal en dat suiker en zetmeelrijke bestanddelen weinig en goed verdeeld over de dag worden aangeboden. Wanneer toch dergelijke suiker- en zetmeelrijke producten worden gegeven dient dit altijd in kleine hoeveelheden tegelijk te gebeuren zodat het verteringssysteem gelijke tred kan houden met het aanbod. Het is verder niet aan te bevelen het dagelijkse voedselaanbod van een dier te starten met dergelijke producten. Niet alleen wordt het verteringssysteem hierdoor belast maar het kan ook leiden tot verminderde opname van vezelrijk materiaal later op de dag.

Voormaagverteeders zijn niet altijd herkauwers

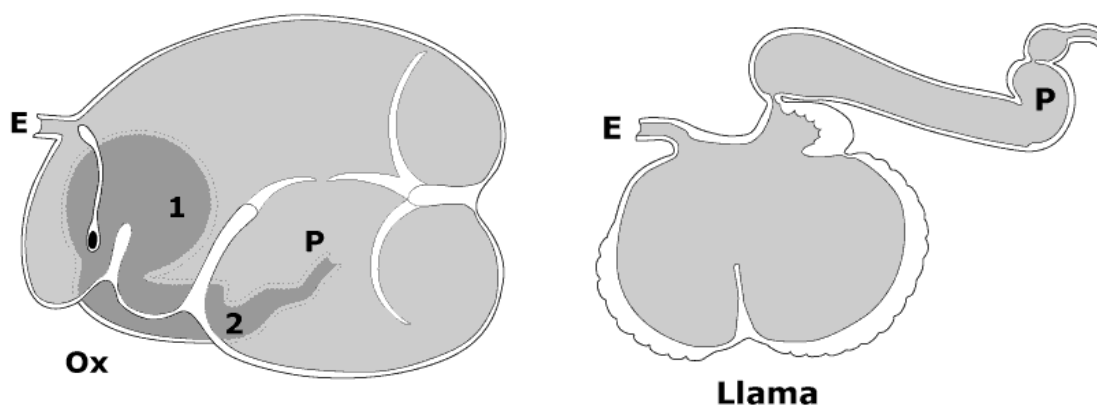
Hoewel voormagen vrijwel altijd met herkauwers (o.a. runderen, antilopen, herten, giraffes en okapi) worden geassocieerd hebben veel andere diersoorten ook één of meer voormagen. Voorbeelden zijn onder meer kameelachtigen, nijlpaarden, langoeren en franjeapen. In figuur 9 zijn de verteringsstelsels van een aantal niet-herkauwende voormaagverteeders afgebeeld.



Figuur 9: Voormagenstelsels van de drietenige luiaard, grijze kangoeroe en de oostelijke franjeap (Finegan and Stevens, "The digestive system of vertebrates website", <http://www.cnsweb.org/digestvertebrates>).

Een herkauwer heeft drie voormagen: de pens (rumen), de netmaag (reticulum) en de boekmaag (omasum). In de eerste twee voormagen wordt het voedsel afgebroken door de daar aanwezige micro-organismen. De gevormde vluchtige vetzuren worden opgenomen door de voormaagwand. Wanneer het voedsel wordt doorgeslikt komt het eerst de pens binnen. Door de aanwezigheid van langvezelig materiaal ('prik') wordt de herkauwreflex opgewekt waardoor het voedsel omhoog gebracht wordt om opnieuw gekauwd te worden.

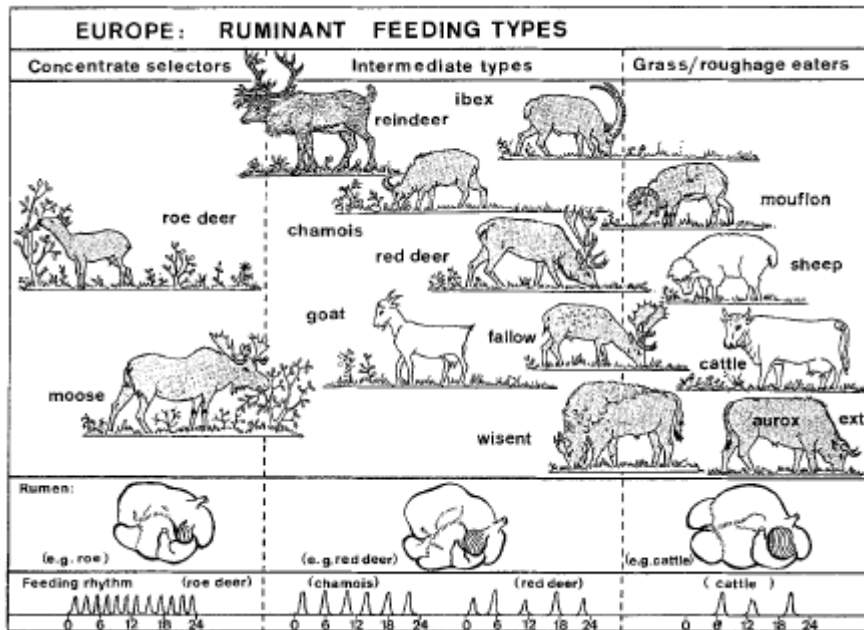
De kameelachtigen, zoals bijvoorbeeld de lama, behoren tot de pseudoherkauwers; zij hebben slechts twee voormagen (zie figuur 10).



Figuur 10: Voormagenstelsel van rund en lama. 'E' geeft de slokdarm aan en 'P' de uitgang naar de dunne darm (Finegan and Stevens, "The digestive system of vertebrates website", <http://www.cnsweb.org/digestvertebrates>).

Niet alle herkauwers lijken op koeien of schapen; voeding moet aansluiten op de diversiteit binnen deze groep

In het nog vrij recente verleden werden herkauwersoorten in principe voedingskundig beschouwd als varianten op koeien en schapen: graseters die alle sprietjes die ze voor de bek krijgen opeten. Het werk van de Duitser Hofmann heeft de aanzet gegeven tot een veranderd inzicht. Herkauwers kunnen op basis van hun voedselopnamegedrag ingedeeld worden in drie types: grazers (*bulk and roughage feeders*), een tussenvorm (*intermediate feeders*) en selectieve opnemers (*concentrate selectors*). Bekende voorbeelden uit de laatste groep zijn de ree, giraffe, koedoe en eland. Een overzicht van deze indeling bij Europese herkauwers wordt in figuur 11 gegeven.



Figuur 11: Indeling Europese herkauwers op basis van voedselkeuzestrategie. In het onderste deel van de figuur is de voedselopnamefrequentie te zien die duidelijk laat zien dat 'concentrate selectors' veel vaker voer opnemen dan 'grass eaters'. (Uit: Hofmann, 1989)

Grazers doen wat de naam eigenlijk al zegt: als een soort grasstofzuiger (hoewel die term niet helmaal recht doet aan de verfijnde manier waarop ze het gras naar binnen werken) werken ze hun dagelijkse voedsel in een beperkt aantal opnamemomenten naar binnen. Hierbij wordt weinig tot niet geselecteerd uit het aanbod.

De concentrate selectors (ook vaak aangeduid met de term '*browsers*') hebben een heel andere strategie. De dieren selecteren de jongere en/of hoogwaardigere delen uit de vegetatie. Hierbij hebben ze een veel groter aantal voeropnamemomenten per dag.

De voedselkeuze van deze groep is ook anders; bladeren, twijgen, zaden en vruchten van houtige gewassen (bomen en struiken) worden gegeten. Het verteringssysteem is ook op deze, ten opzichte van gras, makkelijker verteerbare voedermiddelen aangepast. In materiaal van bomen en struiken kunnen bepaalde gifstoffen zitten, zeker als ze veel gegeten worden moet een concentrate selector zich daar tegen beschermen. Dit doen ze vaak door een zeer diverse voedselkeuze waardoor ze nooit aan grote hoeveelheden van één soort plantgif worden blootgesteld. Verder is de speekselproductie van deze groep dieren veel hoger. Speeksel van bladetende herkauwers bevat stoffen die bijvoorbeeld de stof tannine uit planten onwerkzaam maken.

In de praktijk van de voeding van herkauwers wordt vaak te weinig rekening gehouden met de verschillen tussen beide groepen en de consequenties voor de voeding. De slechte kwaliteit

hooi die vaak in dierentuinen aanwezig is lijkt in ieder geval een minder geschikte voedingsbron. Dit compenseren met veel krachtvoer en/of groente en fruit is echter ook een slecht idee, dit in verband met de kans op pensverzuuring. Meer 'browse' (tweigen en takken met bladeren), een goede kwaliteit luzernehooi (of -kuil) en mogelijk fijner gehakseld gras van goede kwaliteit lijken geschikter. Een definitief voeradvies voor deze groep is er nog niet maar gezien veel van deze dieren het maar matig doen in dierentuinen verdient de voeding van deze groep absoluut extra aandacht.

In de maag maakt afscheiding van zoutzuur de start van eiwitvertering mogelijk. Het zoutzuur vormt ook een barrière tegen bacteriën

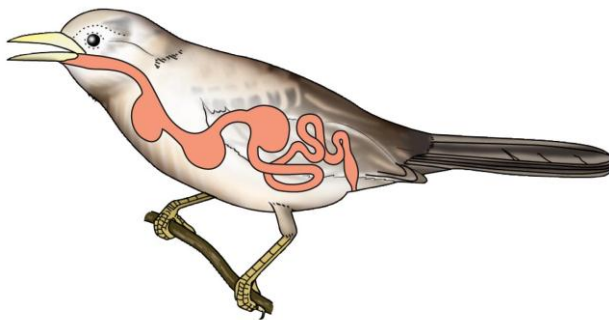
De maag onderscheidt zich van de voormagen door de afscheiding van zoutzuur uit de maagwand. De zeer lage zuurgraad doodt de meeste in het voedsel aanwezige bacteriën. Dit geldt dus ook voor de vanuit de voormagen doorstromende bacteriën.

Het zure milieu in de maag maakt ook de omzetting van pepsinogeen naar pepsine, een belangrijk eiwitplitsend enzym, mogelijk. Bij zogende dieren wordt ook het enzym rennine afgescheiden door de maagwand. Dit enzym doet de melk omzetten ('verkazen') in een meer stijve substantie. De op deze manier omgezette melk gaat trager door de dunne darm en kan daardoor effectiever benut worden. In de magen van insecteneters wordt vaak het enzym chitinase gevonden. Dit enzym zet het hoofdbestanddeel van het exoskelet van insecten, chitine, om in opneembare bestanddelen. Bij sommige dieren heeft de maag ook een opslagfunctie. Doordat de maagwand flexibel is kunnen wolven en grote katachtigen grote hoeveelheden voedsel ineens opnemen, hierdoor kunnen ze optimaal profiteren van een plotseling ruim voedselaanbod. In een omgeving met een constant voedselaanbod (zoals een dierentuin) kan deze eigenschap er ook toe leiden dat de dieren over een langere periode meer eten dan nodig is waardoor overgewicht ontstaat.

Bij roofvogels, visetende en insectenetende vogels is de maag ook een filter voor onverteerbare bestanddelen als veren, graten en dekschilden. De delen die wel verteerbaar zijn stromen door terwijl de meeste onverteerbare delen weer worden uitgebraakt.

Veel vogels hebben een kliermaag en een spiermaag

Bij vogels komt het voedsel eerst terecht in de kliermaag en vervolgens in de spiermaag. De kliermaag functioneert net als de maag bij andere dieren. Bij roofvogels is de zuurgraad ook van belang voor de mate waarin calcium uit botweefsel benut kan worden.



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Figuur 12: Spijsverteringsstelsel zangvogel; na slokdarm achtereenvolgens: krop, kliermaag en spiermaag (Campbell Biology, 2009).

Na de kliermaag volgt de spiermaag waar het voedsel door spierbewegingen in de maagwand verder wordt gemengd met de maagsappen. Vooral bij zaadetende vogels is de spiermaag sterk ontwikkeld, dit om de zaden verder te kunnen verkleinen. De binnenwand van de spiermaag is hiervoor vaak verhard met een keratinelaag. Verder worden er, afhankelijk van

de grootte van de vogels, ook zandkorrels of steentjes opgenomen om bij te dragen aan het maaleffect. Carnivore vogels en nectareters zoals kolibries hebben geen, of een nauwelijks ontwikkelde, spiermaag

Op het eerste gezicht lijkt het logischer om het voedsel fijn te malen voordat het wordt blootgesteld aan de werking van spijsverteringssappen (= oppervlaktevergroting). Je zou de spiermaag daarom voor de kliermaag verwachten. Bij vogels is de beweging gedurende de passage door het maag-darmstelsel echter niet in één richting maar er vloeit ook voedselmassa terug. Door deze strategie kan het darmstelsel compact blijven, hetgeen bijdraagt aan gewichtsreductie, wat voor vliegende dieren erg belangrijk is.

2.2.3 Middendarm

De dunne darm is bij alle diersoorten de belangrijkste plaats voor enzymatische vertering en absorptie van voedingsstoffen

Zodra de zure voedselmassa uit de maag in het eerste deel van de dunne darm komt (de twaalfvingerige darm of duodenum) wordt dit geneutraliseerd door vloeistof uit de pancreas (alvleesklier). Dit pancreassap bevat ook een aantal verteringsenzymen die koolhydraten, eiwitten en vetten in stappen afbreken tot opneembare bestanddelen. (Zie ook tabel 4, op pag. 17.) De door de lever uitgescheiden gal is belangrijk om het vet te emulgeren (op te delen in kleine druppels). Hierdoor kunnen de verteringsenzymen er beter op inwerken. Ook mineralen en vitaminen worden grotendeels in de dunne darm opgenomen.

Type en hoeveelheid verteringsenzymen die worden geproduceerd worden onder meer bepaald door leeftijd, maar deels ook door het voedselaanbod. Zolang zoogdieren nog melk drinken wordt het enzym lactase in vrij grote hoeveelheden geproduceerd. Dit enzym splitst lactose (melksuiker) een hoofdbestanddeel van melk op in opneembare monosacchariden. Oudere dieren produceren veel minder lactase, bied je dus een ouder dier veel melk aan dan blijft de daarin aanwezige lactose ongesplitst en daarmee niet opneembaar. Deze onverteerde melksuiker komt vervolgens in de dikke darm waar deze zeer snel wordt afgebroken door bacteriën. Deze snelle afbraak leidt tot een verzuurd darmmilieu wat weer bijdraagt aan het ontstaan van diarree.

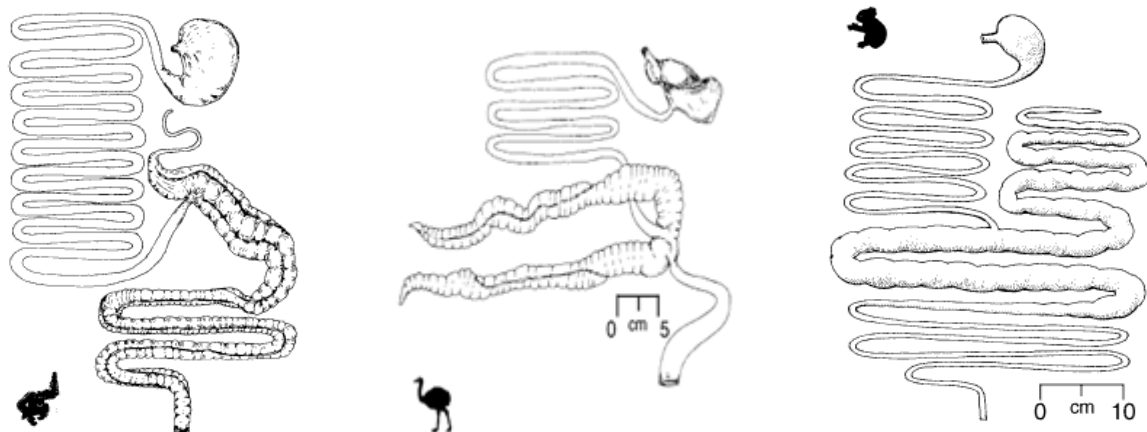
Ook een plotselinge voerovergang draagt bij aan een verstoord darmmilieu. In zo'n situatie kan de enzymproductie zich niet snel genoeg aanpassen aan het veranderde aanbod. Dat draagt niet bij aan goed functioneren van de darmen, nog een reden dus om voerovergangen geleidelijk te laten verlopen.

De dunne darm van herbivoren (m.n. blad- en graseters) is relatief gezien het langst en die van carnivoren het kortst. Dit geldt voor zowel zoogdieren als vogels en reptielen.

2.2.4 Achterdarm

Fermentatieve afbraak van plantbestanddelen vindt bij een grote groep herbivoren pas in de blinde en/of dikke darm (samen achterdarm) plaats

Onder meer paardachtigen, tapirs, neushoorns, olifanten, veel knaagdieren en haasachtigen, maar ook bijvoorbeeld de groene leguaan, reuzenschildpadden en de struisvogel breken bestanddelen uit de plantcelwand pas af nadat het voedsel de dunne darm gepasseerd is. Fermentatieve afbraak begint dus nadat alle gemakkelijk verteerbare bestanddelen al in de dunne darm zijn opgenomen. Bij sommige dieren vindt deze vertering voornamelijk plaats in de blinde darm, bij andere juist meer in de dikke darm en bij weer andere in beide delen. Figuur 13 geeft een paar voorbeelden.



Figuur 13: Orang Oetan, Darwin's Rhea en Koala als voorbeelden van verschillende typen achterdarmverteeders. (Finegan and Stevens, "The digestive system of vertebrates website", <http://www.cnsweb.org/digestvertebrates>).

De processen die zich in blinde en/of dikke darm afspelen zijn bij deze dieren vergelijkbaar met de processen die zich bij andere herbivoren in de voormagen afspelen. De voor de eigen verteringsenzymen niet-afbreekbare celwandbestanddelen worden door micro-organismen omgezet in vluchtige vetzuren. Deze vluchtige vetzuren dragen bij aan de energievoorziening van het dier. Dat dit een belangrijk proces is laat het voorbeeld van de olifant zien; onder natuurlijke omstandigheden wordt ongeveer 50% van de totale energiebehoefte gedekt door dit proces. Het belang zien we ook terug in de omvang van de achterdarm. Die maakt bij de olifant 10% van het totale gewicht uit. Ook de gevoeligheden van het achterdarmverteringssysteem zijn voor een deel vergelijkbaar met die van voormagen. Een groot aanbod aan zetmeel en/of suikers leidt ook hier tot snelle fermentatie en daardoor verzuring. Vaak gaat dit gepaard met diarree, maar als de verzuring sterk doorzet sterft de bacteriepopulatie. Bij deze sterfte produceren de bacteriën gifstoffen die bij paardachtigen bijvoorbeeld tot hoefbevangenheid kunnen leiden.

Omdat bij achterdarmverteeders de gemakkelijk verteerbare bestanddelen al in de dunne darm verteerd worden zou je eigenlijk geen problemen met suikers en zetmeel verwachten. Het natuurlijk rantsoen van deze dieren is echter niet rijk aan suikers en zeker niet aan zetmeel, hierdoor worden er niet voldoende verteringsenzymen geproduceerd om grote hoeveelheden van deze stoffen af te breken. Bij een grote gift ineens kan dus een behoorlijk deel in de achterdarm terecht komen met de beschreven effecten als gevolg. Dus ook hier geldt: wanneer er fruit of brokken worden gegeven dienen de porties goed over de dag verdeeld te worden.

Door coprofagie kunnen sommige herbivoren de in de achterdarm gevormde bacteriële eiwitten en vitaminen benutten

Fermentatieve vertering in de achterdarm heeft als nadeel dat het door micro-organismen gevormde eiwit en de eveneens gevormde vitamine K en B-vitaminen niet of nauwelijks benut worden. Vertering van deze bestanddelen vindt immers plaats in de dunne darm en deze wordt niet meer gepasseerd door de voedselmasa in de dikke darm.

Coprofagie, het eten van uitwerpselen, is een methode die een aantal planteneters gebruikt om de gevormde voedingsstoffen te benutten. Bij haasachtigen, waaronder het konijn, is deze methode ver ontwikkeld. Voedsel komt eerst in de maag en vervolgens in de dunne darm terecht waar verteringsenzymen de afbreekbare bestanddelen opneembaar maken. Aan het eind van de dunne darm blijft een slecht verteerbare, vezelige massa over.

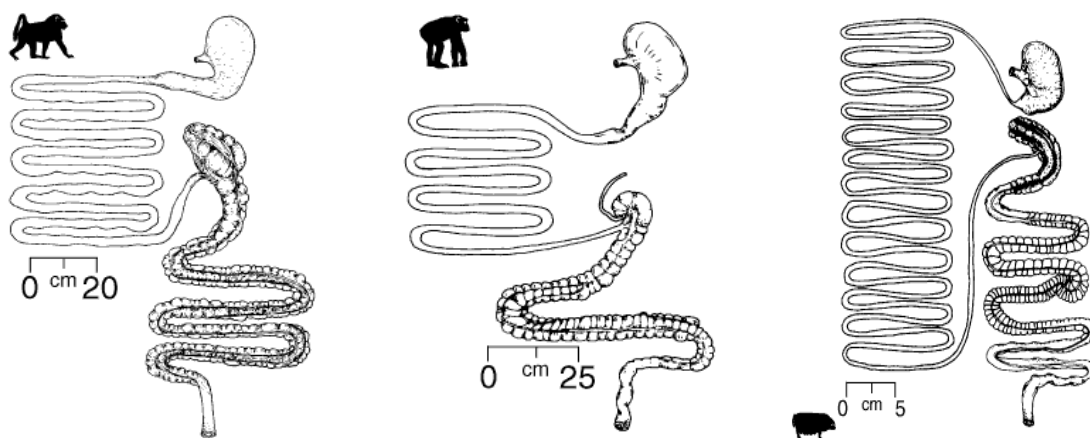
Op de grens van de dunne en de dikke darm bevindt zich de blinde darm, deze is bij haasachtigen zeer groot. Bewegingen van de dikke darm stuwen de grove voedseldelen naar het eind, dit worden de bekende keutels. Fijnere deeltjes worden teruggestuwd in de blinde darm waar bacteriën deze deeltjes afbreken, hierbij worden vluchtige vetzuren gevormd. Deze vetzuren worden opgenomen en dragen zo bij aan de energievoorziening van het dier.

Dezelfde bacteriën vormen ook vitamine K en B-vitaminen. Door de grote hoeveelheid bacteriën is de inhoud van de blinde darm ook eiwitrijk, hiervan maakt het konijn handig gebruik. Eens per etmaal wordt de vrij zachte inhoud van de blinde darm naar buiten geperst. Omdat het dier dit rechtstreeks opneemt uit de anus wordt het zelden opgemerkt. Deze strategie levert een haasachtige zowel hoogwaardige eiwitten als vitaminen op. Omdat het bij haasachtigen gaat om de inhoud van de blinde darm (caecum) heet het bij deze dieren caecotrofie. Veel knaagdiersoorten gebruiken ook coprofagie.

Coprofagie bij andere diersoorten kan ook ontstaan als gevolg van een tekort aan bepaalde nutriënten (vooral B-vitaminen worden in dit verband genoemd). Het kan verder een vorm van afwijkend gedrag zijn.

Andere functies van de dikke darm

Bij alle diersoorten is de dikke darm de plaats waar water en deels ook zouten worden opgenomen. Ook bij dieren die niet herbivoren zijn vinden in de dikke darm afbraakprocessen door micro-organismen plaats. De daarbij vrijkomende vluchtige vetzuren dragen bij aan de energievoorziening en kunnen zelfs voor carnivoren (bv beren, vossen) een belangrijke bron zijn. Dit geldt nog meer voor veel omnivoren. Zoals figuur 14 laat zien is de ontwikkeling van de dikke darm vaak een aanwijzing voor het belang van deze wijze van verteren.



Figuur 14: Maag-darmstelsel van baviaan, chimpansee en varken. De ontwikkeling van de dikke darm wijst op veel fermentatie activiteit. (Finegan and Stevens, "The digestive system of vertebrates website", <http://www.cnsweb.org/digestvertebrates>).

Zeer recent onderzoek aan de Cheetah (*Acinonyx jubatus*), een verplichte carnivoor, geeft aanwijzingen dat ook bij dieren die uitsluitend dierlijk materiaal opnemen fermentatie in de dikke darm een belangrijk proces kan zijn. Hier bestaat de voedingsbodem voor de bacteriën uit collageen, een eiwit afkomstig uit botweefsel en niet afbreekbaar door spijsverteringsenzymen. Bij de afbraak van collageen wordt deels dezelfde soort vluchtige vetzuren gevormd als bij de afbraak van plantcelwandbestanddelen. Dit zou dan bij kunnen dragen aan de darmgezondheid, maar ook aan langduriger verzadiging door het geleidelijk vrijkomen van deze vetzuren. Om dit soort processen te laten plaatsvinden in de dikke darm moet er natuurlijk wel aanbod aan collageen zijn. Een extra argument om bij het voeren van carnivoren vooral zo veel mogelijk hele prooi te geven.

Vragen hoofdstuk 2

1. Waarom bevordert kauwen de verteerbaarheid van voerbesteddelen verderop in het maagdarmsstelsel?
2. Welke verschillen en overeenkomsten zijn er tussen bouw en werking van de onderdelen van het maagdarmsstelsel van een zaadetende vogel en een omnivoor zoogdier?
3. Ook uit de vorm van de snavel kun je de voedselvoorkeur aflezen. Geef hiervan een paar toegelichte voorbeelden.
4. Kun je met behulp van de vorm van de tanden in het gebit van een katachtige verklaren waarom bijvoorbeeld gras een niet geschikt voedermiddel is voor deze dieren?
5. Waarom is sucrose (tafelsuiker) voor sommige diersoorten slecht verteerbaar?
6. Voormaagverteerders stellen minder hoge eisen aan de eiwitkwaliteit van hun voedsel dan achterdarmsverteerders (wanneer deze geen coprofagie uitvoeren). Verklaar dit.
7. In figuur 9 en 14 staan afbeeldingen van verschillende verteringsstelsels. Probeer de onderdelen te benoemen.
8. Waarom kan de term 'concentrate selector' maar beter afgeschaft worden?
9. Uit welke nutriënten kan een voormaagverteerder energie halen? Welke energieleverende stoffen passeren de wand van het maagdarmsstelsel?
10. Geef drie voorbeelden van regelmatig gemaakte fouten bij het samenstellen en verstrekken van een dieet voor herkauwers die kunnen leiden tot pensverzuring.

3. Nutriënten in hoofdlijnen

Kernpunten

- Nutriënten zijn niet hetzelfde als voedingsmiddelen.
- Water is het belangrijkste nutriënt voor dieren.
- Watergehalte in het lichaam is hoger bij jonge dieren.
- Waterbehoefte is afhankelijk van verschillende factoren en bedraagt ongeveer twee tot zesmaal de droge stof opname.
- Bij een afname van het lichaamswatergehalte van 10% zijn de eerste ziekteverschijnselen al waarneembaar.
- Koolhydraten zijn in vele voedermiddelen het hoofdbestanddeel en zitten daardoor ook in grote hoeveelheden in diëten.
- Koolhydraten zijn niet essentieel.
- De voornaamste functie van koolhydraten is het leveren van energie.
- Vet levert in de voeding per gewichtseenheid de meeste energie.
- Essentiële vetzuren zijn niet aan te maken door het lichaam en moeten dus via de voeding verstrekt worden.
- Eiwitten zijn bouwstoffen voor het lichaam, maar kunnen ook als energiebron dienen.
- Vitaminen zijn organische verbindingen die noodzakelijk zijn voor metabolische processen in het lichaam.
- Vitaminen zijn in twee groepen te verdelen; vetoplosbare vitamines en wateroplosbare vitamines.
- Tekorten aan vitamines kunnen leiden tot zeer kenmerkende verschijnselen.
- Vitamine D zorgt voor de controle van de absorptie, het transport en de afzetting van calcium en in mindere mate fosfor.
- Mineralen zijn anorganische stoffen die essentieel zijn voor het lichaam.
- Mineralen zijn in twee groepen te verdelen: macro- en micro-elementen.
- De mineralen calcium en fosfor zijn de belangrijkste bouwstoffen van beenderen, tanden en eischalen.

3.1 Hoofdingeling en functies nutriënten

Om te kijken naar de hoofdingeling van nutriënten is het goed om te weten wat nutriënten zijn. Een nutriënt, ook wel voedingsstof genoemd, is elk molecuul dat door het lichaam opgenomen kan worden en dus nuttig gebruikt kan worden. Het woord voedingsstof moet echter niet verward worden met voedingsmiddel; een voedingsmiddel bevat nutriënten. Afhankelijk van de gehanteerde indeling worden er ongeveer 80 verschillende nutriënten onderscheiden.

Nutriënten verdelen we onder in zes hoofdgroepen;

1. Water
2. Eiwitten (aminozuren)
3. Vetten
4. Koolhydraten
5. Vitaminen
6. Mineralen

Nutriënten hebben verschillende functies in het lichaam; het leveren energie, het geven structuur, transporteren van stoffen, ondersteunen van lichaamsprocessen, temperatuurregulatie en ze hebben een aandeel in ons afweersysteem. De functies zijn dus zeer divers. In de volgende paragrafen worden de zes hoofdgroepen besproken en zal er per hoofdgroep worden ingegaan op hun functies.

3.2 Energie en nutriënten

Het verkrijgen van energie uit voedsel is noodzakelijk om er voor te zorgen dat de lichaamsprocessen door kunnen gaan. Een van de befaamde onderzoekers naar de energiebehoefte van dieren, Kleiber, hanteert in een van zijn publicaties de term ‘fire of life’ voor energie.

Het is belangrijk om te weten wat de energiebehoefte van het dier is en wat het energiegehalte van het aangeboden voedsel is. Dieren nemen voedsel op om hun energiebehoefte te dekken; honger is een signaal van het lichaam dat wijst op een energietekort. Het uitgangspunt bij het samenstellen van diëten is de energiebehoefte en het energieaanbod. De nutriëntensamenstelling moet hierop dusdanig worden afgestemd dat dieren niet meer of minder energie krijgen dan ze nodig hebben.

Voor de bepaling van de nutriëntenbehoefte is het belangrijk om te weten of een nutriënt **essentieel** is of niet. Het begrip ‘essentieel’ heeft in de voeding een zeer specifieke betekenis. Een **essentieel** nutriënt is een nutriënt dat het lichaam niet zelf kan aanmaken, dieren moeten deze nutriënten dus via hun voeding binnenkrijgen. Niet-essentiële nutriënten kan het lichaam maken uit andere nutriënten. Of een nutriënt essentieel is of niet is gebonden aan diersoort, levensfase en omstandigheden.

3.3 Water; het belangrijkste nutriënt

Het dierlijk lichaam bestaat voor een groot deel uit water. Bot – en vetweefsel bevatten weinig water (minder dan 20%). Spierweefsel, het belangrijkste eiwitweefsel, zenuwen en bloed bevatten veel meer water (75% of meer). Dit verklaart dat een pasgeboren dier met nog maar weinig bot- en vetweefsel veel meer water bevat dan een volwassen dier. Ook zijn er aanzienlijke verschillen tussen de diersoorten (zie tabel 5).

Tabel 5: Watergehalten, weergegeven in % van het totale lichaamsgewicht, van een aantal diersoorten bij geboorte/uitkomst en volwassen (Robbins, 1993; Meyer, 1992).

Soort	Geboorte / Uitkomst	Volwassen
Veldmuis	82,6	64,7
Stinkrob	62,0	37,4
Merel	85,4	69,3
Sneeuwgan	71,5	54,7
Hond	80,0	53,0 (43-67)
Paard	73	65

Het watergehalte in het lichaam is van grote betekenis voor het metabolisme (stofwisseling). Water is een bouwstof, oplos- en transportmiddel van zowel opgenomen als uit te scheiden stoffen en een hulpmiddel bij het behouden van de lichaamstemperatuur. De grenzen waarbinnen dit gehalte mag variëren zijn dan ook beperkt.

3.3.1 Waterbehoefte

De waterbehoefte van dieren is afhankelijk van verschillende factoren, zoals:

- omgevingstemperatuur
- relatieve luchtvochtigheid
- mate van lichamelijke inspanning
- fysiologische toestand (groei, dracht, lactatie etc.)
- zoutopname.

De waterbehoefte bedraagt, afhankelijk van genoemde factoren, ongeveer twee tot zesmaal de droge stof opname. Vele in het wild levende herbivoren, carnivoren, frugivoren, insectivoren en nectivoren voorzien tijdens een bepaald deel van het jaar in hun waterbehoefte door water in hun voedsel en metabolisch water (water uit eindproducten die tijdens processen in het lichaam ontstaan). Door deze strategie zijn zij niet genoodzaakt om water te drinken, herbivoren nemen ook in tijden dat de vegetatie veel water bevat weinig vrij beschikbaar water op.

Pappen en nathouden

Hoewel de waterbehoefte van verschillende diersoorten enorm verschilt kan gerust gezegd worden dat alle diersoorten een zekere waterbehoefte hebben. Vaak zal een dier dat van nature leeft in droge gebieden zuiniger zijn met water en het, wanneer beschikbaar, actiever opnemen dan een dier dat altijd water tot zijn beschikking heeft. Neushoornvogels van de geslachten *Aceros* en *Buceros* leven in regenwouden waar ze zich voeden met zaden, vruchten, insecten en vooral vijgen. In deze tropische omgeving is water vrijwel onbeperkt beschikbaar. Toch blijken de dieren geen vrij water op te nemen. Om deze reden dient het water dat de dieren halen uit het opgenomen voedsel voldoende te zijn om hun vochtbehoefte te dekken. Een dieet dat ongeveer 27% vocht bevatte bleek te leiden tot uitdrogingsverschijnselen. Bij een dieet met rond 61% vocht bleken de dieren het wel goed te doen. Ongeacht de verdere samenstelling van het dieet is het dus belangrijk deze vogelsoorten zeer vochtrijk voedsel aan te bieden.

Foeken, S.G., de Vries, M. and T.R. Huisman An overview of captive *Aceros* and *Buceros* hornbill diets in some Dutch and US facilities. EAZA News, special issue on zoo nutrition (3): 18-20

Tekstvak 2: Tekort aan water bij fruitetende vogels.

3.3.2 Water uitscheiding

Water verlaat het lichaam via verschillende kanalen. Gezonde dieren verliezen hun water door verdamping, via feces, via urine en door transpireren. Bij zieke dieren kan waterverlies verhoogd zijn door bloedingen, braken en diarree. Ook een lacterend dier verliest met de afgifte van melk veel water. Kort uitgelegd raakt het lichaam op de volgende manieren water kwijt;

- Uitscheiding met de urine; hoe meer afvalstoffen er worden gevormd, des te meer urine zal er worden geproduceerd. Bij hoge gehalten aan zouten en/of eiwit in de voeding zal de urineproductie sterk verhoogd zijn.
- Uitscheiding met de uitwerpselen; normale uitwerpselen bevatten ongeveer 70 - 80% water, dit is overigens ook sterk diersoort- en voedselafhankelijk.
- Verdamping van water in de longen, dit verdampte water komt via de ademhaling in de buitenlucht terecht.
- Transpireren is een belangrijk mechanisme voor veel dieren om overvloedige warmte kwijt te raken. Bij grote inspanningen kan een paard door verdamping uit de longen en zweten bv. tot 12 liter vocht kwijt raken.
- Productie van melk.

3.3.3 Deficiënties

Een afname van het lichaamswatergehalte van 10% resulteert al in de eerste waarneembare ziekteverschijnselen. Een daling van 15% betekent voor veel dieren acuut levensgevaar. Er is geen enkel ander nutriënt waarbij een dergelijke afname zulke sterke effecten heeft, er moet dus gezorgd worden dat elk dier te allen tijde voldoende water tot zijn beschikking heeft. Dit kan aangeboden worden als drinkwater, maar kan ook uit voedingsmiddelen gehaald worden. Verder kan het lichaam ook water verkrijgen uit eindproducten die tijdens processen in het lichaam ontstaan (metabolisch water). Een onvoldoende watertoevoer wordt gekenmerkt door het volgende;

- Mobilisatie van water uit weefsels (huid en spieren); de huid droogt uit (te controleren d.m.v. een huidplooitest);
- Onttrekking van water aan de feces, deze worden droger;
- De urine wordt geconcentreerder, deze wordt donkerder;
- De uitscheidingsfrequentie neemt af;
- Het bloed wordt ‘dikker’ (stijging van de hematocrietwaarde);
- De voeropname neemt af.

Gevolgen hiervan zijn;

- Een afname van het lichaamsgewicht, melk- of eiproductie en/of prestatie.
- Verhoging van de lichaamstemperatuur; water functioneert als ‘koelwater’ om de warmte die bij de diverse processen vrijkomt af te voeren. Vooral door een bijzonder hoge verdampingswarmte draagt water bij aan de regulering van de lichaamstemperatuur door verdamping in de longen en via de huid. Wanneer er een watertekort is kunnen deze processen niet efficiënt worden uitgevoerd.
- Verminderde afvoer afvalstoffen.
- Minder efficiënte lichaamsreacties; een tekort aan water zal de hoeveelheid opgeloste stoffen en daardoor het rendement van de processen nadelig beïnvloeden.

3.3.4 Waterkwaliteit

Naast aandacht voor de hoeveelheid water moet er zorg worden besteed aan de kwaliteit van het drinkwater. Het water moet helder en vers zijn en mag geen verontreinigingen bevatten. De kwaliteit van het leidingwater in Nederland is over het algemeen goed. Indien geen leidingwater beschikbaar is, kan gebruik worden gemaakt van pomp-, wel- of putwater. De kwaliteit van dit water kan echter sterk uiteenlopen.

Drinkwater kan op verschillende manieren verontreinigd zijn, te denken valt dan aan microbiële verontreinigingen, of hoge concentraties aan anorganische zouten zoals nitraat, nitriet en sulfiet.

Voor de bepaling van de kwaliteit van drinkwater worden een aantal criteria gehanteerd (zie tabel 6).

Tabel 6: Criteria bij het bepalen van de kwaliteit van het drinkwater.

Kenmerk	Aanduiding	Kwalificatie v/h drinkwater (rundvee)
pH (zuurgraad)	Maat voor industriële of microbiële verontreiniging	6.0 – 7.5
H ₂ S	Maat voor microbiële verontreiniging	Indien negatief?
NH ₃	Maat voor microbiële verontreiniging	Lager dan 2 mg/L
NO ₂	Maat voor risico op nitrietvergiftiging	Lager dan 0,1 mg/L
NO ₃	Maat voor risico op nitrietvergiftiging	Lager dan 100 mg/L
KMnO ₄ - getal	Maat voor verontreiniging met organische stof en rottingsprocessen	Lager dan 50
Fe-gehalte	Maat voor ijzerhoudend bronwater	Lager dan 0,2 mg/L
Cl-gehalte	Wijst naar rottingsprocessen en / of verontreiniging met anorganische zouten.	Lager dan 250 mg/L

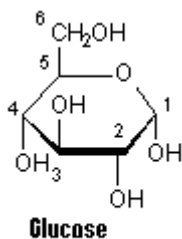
Naast dit meer algemeen oriënterend onderzoek kan het drinkwater eveneens onderzocht worden op specifieke verontreinigingen (b.v. fluor) of op specifieke pathogene bacteriën zoals *E. coli*, Streptokokken of Salmonella.

3.4 Koolhydraten

Koolhydraten ontstaan in het plantenrijk door middel van fotosynthese. Koolhydraten zijn in vele voedermiddelen het hoofdbestanddeel en daardoor ook in de rantsoenen van dieren. Ze komen vooral voor in plantaardig materiaal en nauwelijks in dierlijke materiaal, maar vormen voor dieren wel een uiterst belangrijke energiebron. De elementen waaruit koolhydraten zijn opgebouwd zijn koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). Koolhydraten variëren van simpele suikers tot complexe voedingsvezels (zie figuur 15).

3.4.1 Indeling koolhydraten

Monosacchariden

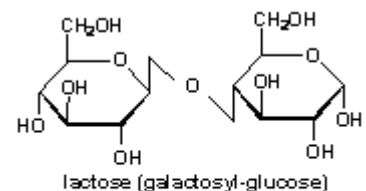


figuur 15: glucose

De monosacchariden (enkelvoudige suikers) vormen de bouwstenen van de meer complexe koolhydraten. Glucose (druivensuiker) is een belangrijke monosaccharide in de voeding. Andere monosacchariden zijn mannose, galactose en fructose. In de dunne darm kunnen koolhydraten uitsluitend in de vorm van monosacchariden de darmwand passeren. Meervoudige suikers zullen dan ook eerst afgebroken moeten worden voordat deze in het lichaam opgenomen kunnen worden.

Disacchariden

Van de disacchariden (tweevoudige suikers) zijn vooral lactose, saccharose en maltose in de voeding van belang. Lactose (figuur 16) is melksuiker en is opgebouwd uit galactose en glucose. Saccharose bestaat uit glucose en fructose en is het suiker dat wij normaal consumeren in ons voedsel en komt van de suikerbiet en het suikerriet. Maltose of moutsuiker bestaat uit twee moleculen glucose. Het ontstaat bij afbraak van zetmeel.



Figuur 16: Lactose

Oligosacchariden

De oligosacchariden bestaan uit drie tot negen monosacchariden. Voorbeelden zijn stachyose en raffinose. Raffinose is een suiker dat bestaat uit drie monosacchariden (glucose, fructose en galactose) en komt veel voor in bietmelasse.

Polysacchariden

Polysacchariden (meervoudige suikers) zijn opgebouwd uit een groot aantal monosacchariden. Zetmeel is een polysaccharide dat is opgebouwd uit een zeer groot aantal glucosemoleculen. Zetmeel komt in granen, wortels en knollen voor in kleine korrels van verschillende grootte en vorm. Men onderscheidt amylose en amylopectine. Amylose is een niet-vertakte keten en amylopectine is een vertakte keten van glucosemoleculen.

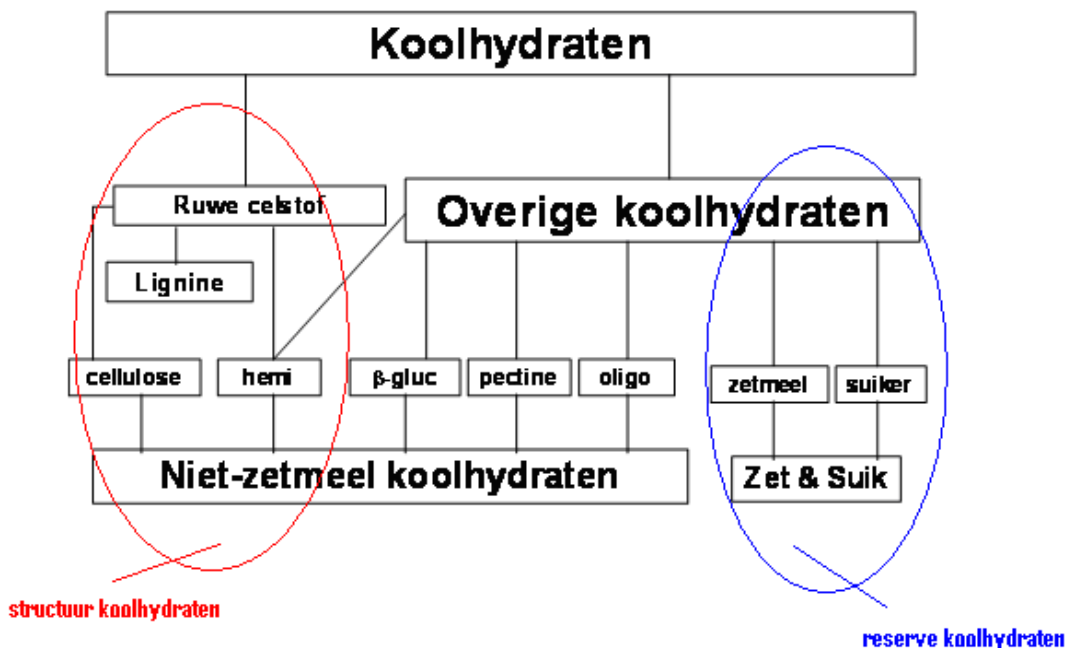
3.4.2 Structurele en niet-structurele koolhydraten

Koolhydraten kunnen op grond van hun functie in twee groepen worden ingedeeld namelijk; reservekoolhydraten (o.a. mono-, di-, tri-sacchariden en zetmeel) en de structuurkoolhydraten (hemicellulose, cellulose en ligninen) (zie figuur 17). Pectine staat tussen deze koolhydraatgroepen in. De reservekoolhydraten worden in de celinhoud gevonden. De structuurkoolhydraten vormen de celwanden en zorgen daar voor de stevigheid van de celwand.

Alle koolhydraten moeten tot monosacchariden worden afgebroken om door de darmwand opgenomen te kunnen worden. Door spijsverteringssappen worden de di-, tri- en sommige polysacchariden omgezet in monosacchariden. Structurele koolhydraten onderscheiden zich van de andere koolhydraten doordat ze niet afgebroken kunnen worden door lichaamseigen enzymen.

Bacteriën in de pens van volwassen herkauwers en/of bacteriën in de blinde- en dikke darm (paard, konijn, olifant) kunnen echter cellulose en hemicellulose goed afbreken. De bacteriën die in dit milieu leven herleiden de structurele koolhydraten tot de vluchtige vetzuren azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Deze vluchtige vetzuren worden door de penswand of de dikke darm opgenomen en naar de lever getransporteerd. In de lever worden ze opnieuw omgezet tot glucose of vet.

Lignine en cutine kunnen nauwelijks worden verteerd. Dit verklaart tevens het feit dat verouderde planten ook voor planteneters slechter verteerbaar worden, doordat tijdens het verouderingsproces van planten het lignine gehalte sterk toeneemt (zie ook het hoofdstuk over voedingsvezels).



Figuur 17: Indeling koolhydraten in overige koolhydraten en ruwe celstof.

3.4.3 Functies

Koolhydraten zijn niet essentieel in het dieet van dieren, in de meeste diëten zijn deze echter in ruime mate aanwezig. De voornaamste functie van koolhydraten is het leveren van energie.

Energie

Koolhydraten in de uiteindelijke vorm van glucose worden vooral voor ATP-productie benut. Een belangrijk gegeven hierbij is dat glucose de enige mogelijke voorloper is van ATP in de hersenen en in b.v. de foetus.

Glucose kan echter, behalve uit koolhydraten in het voedsel, ook uit andere voedselbestanddelen worden aangemaakt mits de moleculen hiervan minimaal drie aaneengesloten C-atomen bevatten. Voorbeelden hier van zijn glycerol (een bestanddeel van lipiden), sommige aminozuren (de bouwstenen van eiwitten) en propionzuur.

Opslag

Opslag van koolhydraten vindt plaats in de lever en spieren in de vorm van glycogeen. Glycogeen kan weer worden omgezet in glucose, dit proces vindt ook in de lever plaats. Een overschot aan koolhydraten wordt verder omgezet tot vetweefsel.

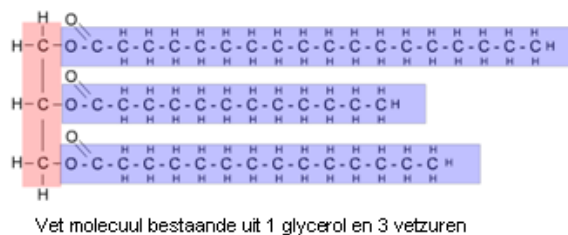
Overige functies

Bij de melkvorming wordt lactose (melksuiker) opgebouwd uit glucose. Verder is het een bestanddeel van bepaalde eiwitstructuren en is het bij bepaalde dieren noodzakelijk voor vitamine C vorming.

3.5 Vetten

Net zoals koolhydraten zijn vetten samengesteld uit koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O), zie figuur 18.

Voedingsvetten bestaan uit drie vetzuren gecombineerd met een eenheid glycerol.

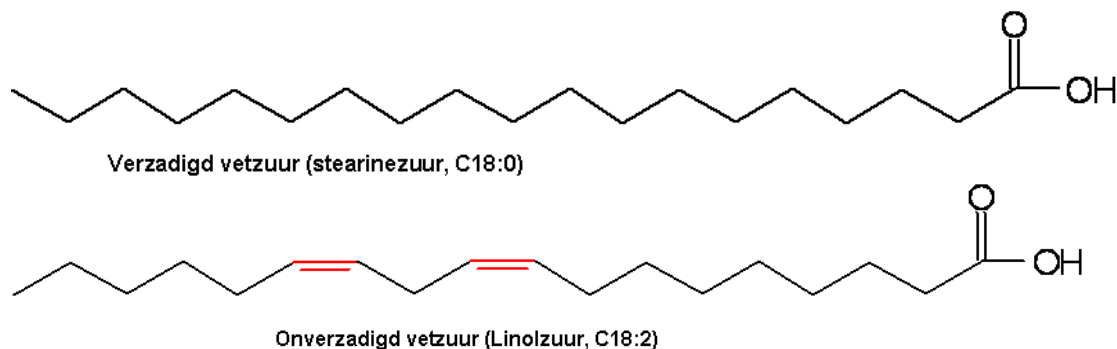


Figuur 18: Vetmolecuul.

Van alle energieleverende nutriënten levert vet in de voeding per gewichtseenheid de meeste energie, d.w.z. ruim twee keer zoveel dan koolhydraten en eiwitten. Daarnaast is vet belangrijk voor textuur en smaak van het voedsel. Vetten in de voeding leveren ook de vetoplosbare vitaminen en de essentiële vetzuren.

3.5.1 Verzadigde- en onverzadigde vetzuren

De vetzuren die ergens in hun structuur een dubbele binding tussen de C-atomen hebben noemen we onverzadigd. Dat (meervoudig) onverzadigde vetzuren in het voedsel voorkomen boven verzadigde vetzuren (zonder dubbele binding) komt doordat de onverzadigde vetzuren meer opleveren bij de verbranding (zie figuur 19). Daarbij kunnen bepaalde meervoudige onverzadigde vetzuren niet door het dier zelf worden aangemaakt. Daarom moeten deze onverzadigde vetzuren in het voedsel als essentieel worden beschouwd.



Figuur 19: Verzadigde en onverzadigde vetzuren.

Uit onderzoeken blijkt ook dat meervoudig onverzadigde vetzuren het cholesterolgehalte in het bloed verlagen. Vanwege de gevonden samenhang tussen een hoog cholesterolgehalte in de lichaamsvloeistof en het voorkomen van arteriosclerose wordt deze cholesterolverlagende werking van de meervoudig onverzadigde vetzuren als gunstig beschouwd. Van cholesterolproblematiek bij dieren is, met uitzondering van de rat, weinig bekend.

Plantaardige oliën bevatten over het algemeen meer onverzadigde vetzuren dan dierlijke vetten, waarin verzadigde vetzuren overheersen.

3.5.2 Essentiële vetzuren

In de groep van onverzadigde vetzuren nemen de essentiële vetzuren een bijzondere plaats in. Essentiële vetzuren kunnen door het organisme zelf niet worden opgebouwd uit koolhydraten en aminozuren maar moeten met de voeding worden opgenomen. Voorbeelden zijn; linolzuur, arachidonzuur en linoleenzuur. De laatste twee kunnen door veel dieren uit linolzuur worden gevormd.

Essentiële vetzuren zijn een belangrijk bestanddeel van het celmembraan. Tekorten leiden tot huid- en vachtaandoeningen, nierproblemen en vruchtbaarheidsstoornissen.

De essentiële vetzuren komen het meeste voor in de volgende grondstoffen:

- **Linolzuur** komt voor in groene planten, dierlijk vet en sommige plantaardige oliën zoals zonnebloemzaad-, saffloer-, pinda- (arachide), maïskiem- en sojaolie. Kokos, palm en olijfolie en dierlijke weefsels zoals de lever zijn arm aan linolzuur.
- **Arachidonzuur** komt veel voor in dierlijke weefsels, melk en bijvoorbeeld in garnalen, maar komt niet voor in plantaardig materiaal. Katachtigen kunnen het niet synthetiseren uit linolzuur.
- **Linoleenzuur** komt voor in groene planten, lijnzaad (=vlaszaad), soja- en koolzaadolie en zeevisolie.

3.5.3 Functie

Vetten hebben verschillende functies in het lichaam. Allereerst leveren vetten energie voor het lichaam. Zoals al eerder genoemd levert vet meer dan twee keer zoveel energie dan koolhydraten. Daarnaast zorgt vet voor de opname van vetoplosbare vitaminen (vit. A, D, E en K). Verder zorgen bepaalde vetten voor structuur van de cellen en beschermen ze inwendige organen door vetkussens. Voor sommige dieren is de isolatie die vetten kunnen bieden zeer belangrijk, maar ook het waterafstotend maken van vacht en veren is belangrijk.

3.5.4 Behoefte

Strikt genomen is vet geen essentieel bestanddeel van de voeding, vet wordt in het lichaam gevormd wanneer er meer energie beschikbaar is uit de voeding dan nodig voor direct gebruik. Het is daarom moeilijk om een norm te geven. Tenzij gebruik wordt gemaakt van synthetische stoffen is het echter bijzonder moeilijk om in de behoefte aan essentiële vetzuren en vetoplosbare vitaminen te voorzien zonder een zeker percentage vet in de voeding. Als norm wordt wel gehanteerd dat 1 tot 2% van de dagelijkse energiebehoefte gedekt moet kunnen worden door essentiële vetzuren. Hieruit kan een minimumgehalte berekend worden wanneer de vetzuren samenstelling van het gebruikte vet bekend is.

3.5.5 Deficiënties

Dieren op een vetvrij dieet kunnen deficiëntieverschijnselen vertonen, die door verstrekken van een geringe hoeveelheid van bepaalde vetten weer verdwijnen. Enkele symptomen zijn: een schilferende huid met haaruitval (dermatitis), groeistilstand, nieraandoeningen en een abnormale doorlaatbaarheid van de huid door veranderingen in de celmembranen.

Deze verschijnselen zijn niet toe te schrijven aan de afwezigheid van vet maar aan een tekort aan essentiële vetzuren. Vooral snel groeiende jonge dieren zijn hiervoor gevoelig door een combinatie van hoge behoefte en weinig lichaamsvoorraad.

Zwangerschapsdiabetes bij apen?

In 2010 is in opdracht van een dierentuin onderzoek gedaan naar reproductieproblemen bij hun Goudkopleeuwaapjes, *Leontopithecus chrysomelas*. Er was een hoog percentage dodegeboren jongen. Deze hoge sterfte wordt veroorzaakt door macrosomie (te grote en zware jongen) waardoor het geboorteproces wordt bemoeilijkt en veel jongen sterven rondom het geboorteproces. Macrosomie kan worden veroorzaakt door onder andere zwangerschapsdiabetes.

Zwangerschapsdiabetes is de spontane ontwikkeling van een verhoogde bloedglucosespiegel (hyperglycemie) gedurende de dracht, in dieren waarbij niet eerder diabetes is vastgesteld.

Tijdens de normale dracht zorgen hormonen uit de placenta voor een verhoogde insulineresistentie. Daarom maakt tijdens een normale dracht het lichaam extra insuline aan. Bij zwangerschapsdiabetes gebeurt dat niet, of niet voldoende, waardoor de bloedglucosespiegel te hoog wordt. De vrucht krijgt via de placenta ook een verhoogde bloedglucose en gaat meer insuline aanmaken. Dit zorgt voor vetopslag en extra groei. De grote vruchten (macrosomie) kunnen geboorteproblemen veroorzaken.

Klinische verschijnselen kunnen zijn; veel eten en drinken, veel plassen en sloomheid. De diagnose kan worden gesteld door middel van bloed- of urine onderzoek.

Oudere dieren, dieren die vóór de dracht overgewicht hebben, hebben een groter risico op het krijgen van zwangerschapsdiabetes. Na de partus verdwijnt de aandoening vanzelf, wel is de kans op ontwikkeling van diabetes type 2 later in het leven groter. Zwangerschapsdiabetes is goed te behandelen door het dieet aan te passen. Bijvoorbeeld door het % suikerrijke producten (fruit, vruchtensiroop) in de voeding te verlagen.



Tekstvak 3: Zwangerschapsdiabetes, wat zijn de kenmerken?

3.6 Eiwit

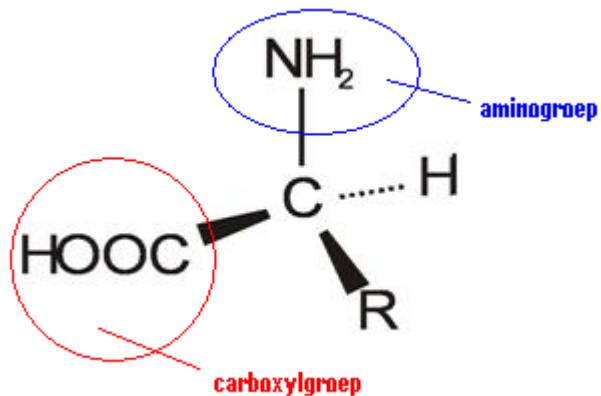
Eiwitten zijn opgebouwd uit de elementen koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O) en stikstof (N). In het lichaam is eiwit van groot belang, het wordt gebruikt als bouwstof (spieren, organen, veren) en als energiebron. Verder is eiwit belangrijk voor een groot aantal regulerende mechanismen zoals de vorming van onder andere enzymen, hormonen en anti-stoffen. Afhankelijk van hun chemische eigenschappen kunnen eiwitten als volgt worden ingedeeld:

- Globulaire eiwitten (albuminen, globulinen, glutelinen, prolaminen, histonen en protaminen);
- Vezeleiwitten (collageen, elastine, keratine);
- Samengestelde eiwitten (nucleoproteïnen, mucoproteïnen, glucoproteïnen, lipoproteïnen, chromoproteïnen).

3.6.1 Aminozyren

Aminozyren vormen de bouwstenen van de eiwitten. Aminozyren bestaan uit een koolstofketen waaraan minstens een aminogroep en een carboxylgroep is gebonden (zie figuur 19). In de natuur komen iets meer dan 20 eiwitvormende aminozyren voor.

Bij de eiwitvertering worden de eiwitten in maag en dunne darm afgebroken tot aminozyren. Deze aminozyren kunnen de darmwand passeren en komen in het bloed van het dier terecht. Het dier krijgt daardoor de beschikking over een mengsel van aminozyren en kan uit deze aminozyrupool (voorraad) putten om eiwitten te synthetiseren die op dat moment nodig zijn voor het dier. De functie van eiwit in de voeding is dus het dier voorzien van voldoende aminozyren voor vorming van lichaamseigen eiwit.



Figuur 20: Aminozyr.

Essentiële en niet-essentiële aminozyren

Een aantal aminozyren kan niet door het lichaam worden opgebouwd en worden essentiële aminozyren genoemd. Deze essentiële aminozyren moeten via het voer worden aangeboden. Daarnaast zijn er enkele aminozyren, de zogenaamde voorwaardelijk essentiële aminozyren, die onder bepaalde omstandigheden (bij een tekort aan een specifiek ander aminozyr) belangrijk zijn. De overige aminozyren worden de niet-essentiële aminozyren genoemd, deze kunnen wel door het lichaam zelf opgebouwd worden uit andere aminozyren. In tabel 7 is een overzicht gegeven van de essentiële en voorwaardelijk essentiële aminozyren en hun afkortingen.

Tabel 7: Essentiële, voorwaardelijk- en niet essentiële aminozuren en hun afkortingen.

Essentieel	Afk.	Voorwaardelijk essentieel	Afk.	Niet essentieel	Afk.
Arginine	Arg			Alanine	Ala
Histidine	His			Asparg. zuur	Asp
Isoleucine	Ile			Citrulline	Cit
Leucine	Leu			Glut.zuur	Glu
Lysine	Lys			Glycine	Gly
Methionine	Met	Cystine	Cys	Hydroxyproline	OHPro
Phenylalanine	Phe	Tyrosine	Tyr	Proline	Pro
Theronine	Thr			Serine	Ser
Tryptophan	Try				
Valine	Val				

Het is bij bovenstaande tabel van belang te bedenken dat de indeling essentieel – niet essentieel diersoortspecifiek is en afhankelijk is van de omstandigheden. Heel grote verschillen zijn er echter niet tussen de verschillende diersoorten.

3.6.2 Functie van aminozuren

In het dier heeft eiwit de volgende functies:

- Katalytische functie in enzymen
- Steun en beschermingsfunctie in beenderen, bindweefsel, spierweefsel, huid, haren, veren etc.
- Regulerende functie in hormonen, doorlaatbaarheid celmembranen etc.
- Afweerfuncties in antistoffen
- Vorming en voeding van het nageslacht (o.a. melk-eiwit en ei-eiwit)
- Levering van energie; hoewel eiwit niet in de eerste plaats gevoerd wordt als energiebron, wordt toch een groter of kleiner deel, na desaminering, als zodanig bestemd. Het deel dat als energiebron wordt bestemd is vooral afhankelijk van:
 - de hoeveelheid eiwit gevoerd in verhouding tot de behoefte aan eiwit;
 - de eiwit kwaliteit van het betreffende voeder-eiwit;
 - de gevoerde energie in verhouding tot de energiebehoefte. Wanneer een dier te weinig energie gevoerd krijgt zal eiwit als energiebron gebruikt worden;
 - de diersoort. Het voedsel van sterk gespecialiseerde carnivoren (de zgn. verplichte carnivoren) bevat van nature weinig koolhydraten. Deze dieren zijn voor een belangrijk deel afhankelijk van eiwit als energiebron. Het gevolg hiervan is dat er veel eiwit wordt gebruikt voor de energievoorziening, ook wanneer het eiwitaanbod laag is. Voorbeelden van deze diercategorieën zijn katachtigen, veel marterachtigen en vampiervleermuizen.

3.6.3 Behoefte

De eiwitbehoefte neemt af bij toenemende leeftijd. Bij jonge dieren is de eiwitbehoefte relatief hoog omdat de gevormde weefsels tijdens groei voornamelijk uit eiwit bestaan. De eiwitbehoefte van volwassen dieren (buiten de reproductieperiode om) wordt voornamelijk bepaald door de behoefte voor vervanging als gevolg van verliezen en reparatie. Deze onderhoudsbehoefte is veel lager dan de behoefte voor groei.

Taurine; hét aminozuur voor katachtigen

Voor katachtigen is een extra aminozuur, taurine, essentieel. Het speelt een belangrijke rol bij calciumtransport door celmembranen, osmoregulatie en neurale processen. Een tekort kan een breed scala aan verschijnselen veroorzaken waaronder aantasting van het netvlies, hartaandoeningen en geboortedefecten.

In tegenstelling tot de meeste andere dieren kunnen katachtigen dit niet in voldoende mate synthetiseren uit de zwavelhoudende aminozuren methionine en cystine. Taurine is een aminozuur wat niet betrokken is bij de eiwitvorming. In planten komt het niet voor waardoor dieren een mechanisme hebben om het in het lichaam te vormen. In dierlijk weefsel is taurine het meest voorkomende vrije aminozuur, dit verklaart waarom katachtigen, en ook andere verplichte carnivoren (marterachtigen, ijsbeer), niet het mechanisme bezitten om het zelf te vormen.

Taurine is waarschijnlijk ook essentieel voor niet gespeende jonge dieren. Het moet daarom worden toegevoegd aan melkvervangende producten.

Tekstvak 4: De rol van Taurine bij katachtigen.

3.6.4 Deficiënties

Eiwittekort (d.w.z. een te lage aanvoer met het voedsel) leidt tot eiwitafbraak in het lichaam. Door het afbreken van lichaamseiwitten probeert het lichaam te voorzien in de behoefte aan essentiële aminozuren. Naarmate het eiwittekort aanhoudt worden hiervoor steeds belangrijkere delen van het lichaam aangesproken zoals bijvoorbeeld het spierweefsel.

Door het eiwittekort is de aanmaak van antilichamen verlaagd en neemt groei en melkproductie af. Zichtbare verschijnselen van een eiwittekort zijn een verminderde voeropname, vaak een ruige dof uitziende vacht, bros haar met een roodachtige gloed, oedeemvorming, gewichtsafname een verhoogde gevoeligheid voor infecties en uiteindelijk sterfte.

De hiervoor genoemde verschijnselen zijn niet alleen specifiek voor eiwittekort maar maken de ernstige gevolgen hiervan wel erg duidelijk.

De afwezigheid van een enkel essentieel aminozuur leidt tot een afname van de voeropname waardoor de tekortsituatie verder versterkt wordt. Houdt dit tekort langdurig aan dan zijn de verschijnselen vergelijkbaar met die van een algeheel eiwittekort. Wordt het limiterende aminozuur aangevuld dan treedt na enkele dagen herstel op.

3.6.5 Overmaat

Hoewel aan eiwitovermaat veel schadelijk effecten worden toegeschreven (huidproblemen bij honden, hoefbevangenheid bij het paard, overmatige jeugdgroei etc.) kunnen gezonde dieren over het algemeen zonder bezwaar veel eiwit in hun rantsoen verdragen. Tot op heden is er geen wetenschappelijk onderzoek gepubliceerd waarin overtuigend ongewenste bijverschijnselen zijn aangetoond. Wel is bij eiwitrijke rantsoenen nierversgroting geconstateerd.

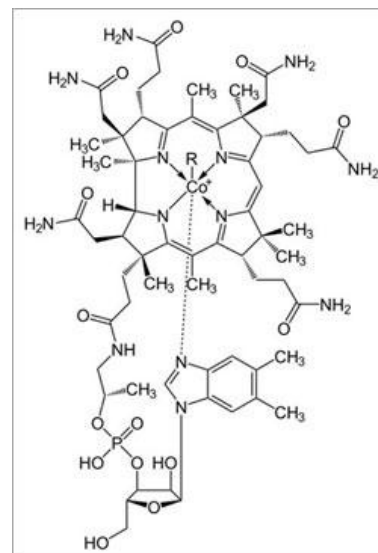
3.7 Vitaminen

Vitaminen zijn het beste te omschrijven als complexe organische verbindingen die in zeer kleine hoeveelheden aanwezig zijn in natuurlijke voedingsstoffen. Ze zijn noodzakelijk voor lichaamsprocessen, een tekort aan vitaminen veroorzaakt deficiëntieziekten.

Chemisch gezien zijn vitaminen onderling niet aan elkaar verwant. Op basis van hun overeenkomstige functies worden ze echter als een groep geclassificeerd.

De dagelijkse behoefte aan vitaminen is uit te drukken in milligrammen of zelfs microgrammen. Veel vitaminen functioneren als co-enzym in metabolische processen. Een co-enzym is een hulpstof die nodig is voor een enzym om zijn functie te vervullen. Co-enzymen worden ook wel cofactoren genoemd. Zonder dit co-enzym kan de enzymatische reactie niet plaatsvinden. Door de concentratie van het co-enzym te variëren wordt de chemische reactie, die het enzym faciliteert, vertraagd of versneld.

Of bepaalde vitaminen essentieel zijn voor een dier hangt zowel af van de diersoort als de omstandigheden. Zo worden in het maag-darmstelsel van veel gezonde volwassen herbivoren zowel vitamine K als B-vitaminen in voldoende mate aangemaakt. Dit zorgt er dus voor dat de aanwezigheid in het voer niet als essentieel hoeft worden gezien.



Figuur 21: Vitamine B12.

Een vitaminetekort kan het gevolg zijn van verschillende zaken. Het kan komen door onvoldoende voederopname, een te gering vitaminegehalte in het dieet, onvoldoende opname in de dunne darm, een verhoogde behoefte van het dier tijdens een bepaald fysiologisch stadium of het voorkomen van “antivitaminen” in het voer. Een voorbeeld hiervan is avidine in rauwe eieren of thiaminase in sommige zoetwatervissen.

Hypovitaminose en hypervitaminose

Vitamine tekorten, ook wel hypovitaminose genoemd, kunnen leiden tot zeer kenmerkende verschijnselen. Deze worden in de praktijk echter zelden gezien. Meestal is er slechts sprake van zeer algemene symptomen zoals eetlustverlies, groeivertraging en algehele zwakte. De neiging er vrolijk op los te knoeien met supplementen is dan ook wel verklaarbaar. Er moet echter wel bedacht worden dat genoemde verschijnselen ook door heel andere factoren veroorzaakt kunnen worden. Grondige analyse van de voedingssituatie en, indien mogelijk, bepaling van bloedwaarden is in alle gevallen aanbevelenswaardig voordat begonnen wordt met het verstrekken van aanvullingen. Wil men toch graag experimenteren met vitaminepreparaten dan wordt het gebruik van wateroplosbare vitaminen hiervoor aanbevolen gezien deze zelfs bij een grote overmaat weinig toxisch zijn.

Bij een overmaat aan vitaminen spreken we van hypervitaminose, dit kan met name een gevaar zijn bij de vetoplosbare vitaminen. Deze worden opgeslagen in de lever en in de vetweefsels. Wanneer deze vitaminen in grote hoeveelheden vrij komen kan er vergiftiging op treden.

3.7.1 Indeling vitaminen

De vitaminen zijn in twee groepen te verdelen:

De **vetoplosbare** vitaminen A, D, E en K, deze komen vooral voor in vetten. Voor de opname van deze vitaminen is de aanwezigheid van gal in de darm noodzakelijk (net als voor vetabsorptie). Genoemde vitaminen, vooral A en E, kunnen in vetweefsel en lever worden opgeslagen. Tijdelijke afwezigheid in het dieet leidt daarom niet snel tot deficiënties.

De **wateroplosbare** vitaminen, B-complex (een aanduiding voor de hele groep B-vitaminen) en C. Deze vitaminen worden veel sneller afgebroken en/of uitgescheiden dan de meeste vetoplosbare vitaminen. In enkele gevallen is opslag mogelijk, met name in de lever, maar dit is beperkt. Er treden sneller deficiënties op.

Door onderzoek naar de chemische samenstelling opbouw van deze stoffen doorzien. Dit bood de mogelijkheid synthetische vitaminen te maken, zodat men niet meer uitsluitend afhankelijk is van de natuurlijke bronnen. Vooral dit laatste aspect heeft de mogelijkheid geschapen om de veel voorkomende vitamine deficiënties preventief te behandelen. Dit neemt niet weg dat voor bepaalde vitaminen het verband tussen de fysiologische rol en de deficiëntie verschijnselen die hun afwezigheid veroorzaakt nog niet geheel duidelijk is. In figuur 22 zijn de namen van zowel de water- als vetoplosbare vitaminen en hun synoniemen gegeven.

Letteraanduiding	Officiële naam	Synoniem
Vetoplosbaar:		
A	Retinol	
D ₂	Ergocalciferol	
D ₃	Cholecalciferol	
E	Tocopherol	
K ₁	Phyloquinone	
K ₂	Menaquinone	
K ₃	Menadione	
Wateroplosbaar:		
B ₁	Thiamine	
B ₂	Riboflavine	
B ₃	Niacine	Nicotinezuur
(B ₅)	Panthotheenzuur	
(B ₆)	Pyridoxol	Pyridoxal Pyridoxamine
(B ₁₀ , B ₁₁)	Foliumzuur	Folacine
(H)	Biotine	
B ₁₂	Cyanocobalamine	
C	Ascorbinezuur	
Choline	Gossypine	

Figuur 22: Vet- en wateroplosbare vitaminen met synoniemen.

3.7.2 Vitamine A (retinol)

Al in het begin van de twintigste eeuw was het bekend dat een gele kleurstof, caroteen, een essentieel bestanddeel vormt van het dieet. Leverextracten en visolie bleken een vergelijkbaar effect te hebben en hieruit werd een aan caroteen verwante stof geïsoleerd die de naam vitamine A kreeg.

Tegenwoordig weten we dat caroteen en hieraan verwante stoffen in de wand van het darmstelsel worden omgezet in vitamine A om vervolgens te worden opgenomen in het bloed. Caroteen en verwante stoffen zijn dus voorlopers van vitamine A en worden daarom ook wel pro-vitaminen genoemd. Of, en hoe efficiënt dit gebeurt, hangt af van diersoort en omstandigheden. Een belangrijke factor hierbij is de lichaamsvoorraad; hoe groter deze is hoe minder omzetting er plaats vindt. Dit verklaart waarom een overmaat caroteen niet gauw schadelijk is terwijl dit wel het geval is bij een overmaat aan vitamine A. Na opname in het lichaam wordt retinol omgezet in retinyl palmitaat en vervolgens opgeslagen in de lever.

Functies

Vitamine A vervult verschillende functies in het lichaam. Het maakt deel uit van het lichtpigment (rodopsine) in het oog. Daarnaast is het betrokken bij het vormen van beschermende slijmvliezen en van de huid. Verder speelt het een rol in het celmetabolisme en de vorming van antilichamen.

Eenheden

Vitamine A gehalten in het voer en de behoefte van een dier worden meestal weergegeven in werkingseenheden; zgn. Internationale Eenheden (IE) of in het Engels; international units (IU). Dit wordt gedaan omdat er veel verschillende vormen zijn met elk hun eigen specifieke biologische werking. Met andere woorden; de ene vorm levert meer op per gewichtseenheid dan de andere. Om deze reden is weergeven in gewichtseenheden minder gewenst, onderstaande tabellen illustreren deze verschillen.

1 IU = 0.300 µg vitamine A alcohol (retinol)
 0.344 µg vitamine A acetate (retinyl acetate)
 0.549 µg vitamine A palmitate (retinyl
 palmitate)

Of weergegeven als activiteit per gewichtseenheid.

1 mg retinol	= 3333 IU vitamine A
1 mg retinyl acetate	= 2907 IU vitamine A
1 mg retinyl palmitate	= 1818 IU vitamine A

Hypovitaminose

Eén van de meest kenmerkende deficiëntieverschijnselen is het optreden van nachtblindheid; verminderd of geen gezichtsvermogen bij verminderd licht. Tegelijkertijd treedt vaak beschadiging van het oog op (witte plekken op het netvlies en extreme uitdroging). Uiteindelijk kan dit alles leiden tot totale blindheid.

Andere verschijnselen zijn het meer voorkomen van infecties, verminderde vruchtbaarheid, geboortefwijkingen, afnemende groei en afnemende eetlust. Ook huid-, haar-, of verenkleedaandoeningen komen voor. Bij sommige diersoorten wordt ook een afname van de nierfunctie gezien. Uiteindelijk kan sterfte optreden.

Wie A zegt...

Veel soorten jonge moerasschildpadden eten met name insecten, kreeftachtigen en vis. Wanneer de dieren op de juiste wijze gevoerd en verzorgd worden groeien zij snel, veel dieren van particulieren komen daarom uiteindelijk bij dierentuinen terecht. Jonge moerasschildpadden sterven vaak lang voordat hun formaat een probleem wordt. Een veel gezien probleem is dat van oogontstekingen. Naast omgevingsfactoren (vuil water, lage temperaturen) kan een gebrek aan vitamine A hieraan ten grondslag liggen. Gedroogde zoetwaterkreeftjes van het geslacht *Gammarus* worden verkocht als volledig voer maar bevatten niet het volledige scala nutriënten dat de schildpadden nodig hebben. Hypovitaminose A is hierbij één van de eerste problemen die zich openbaart. Schildpadden die (deels) carnivoor zijn kunnen vitamine A verstrekt krijgen door het gebruik van hele, gewervelde prooidieren of door gebruik van kattenvoer (zowel droog als uit blik). Landschildpadden hebben zelden een tekort aan vitamine A. Uit een overwegend plantaardig dieet krijgen zij voldoende bètacaroteen om dit zelf aan te maken.

Mader, D.R., 2006, Reptile Medicine and Surgery, W.B. Saunders Company, St. Louis

Tekstvak 5: Vitamine A gebrek bij moerasschildpadden.

Hypervitaminose

Een vitamine A overmaat is net zo schadelijk als een tekort. Een overmaat aan vitamine A kan de opname van andere vetoplosbare vitaminen blokkeren.

Bij grote overmaat treden heel duidelijke vergiftigingsverschijnselen op zoals interne bloedingen, botaantasting, vacht- en huidbeschadigingen waarbij soms de huid loslaat, algemene zwakheid en geboortefwijkingen.

Het langdurig voeren van lever en het ongecontroleerd toepassen van supplementen kunnen leiden tot chronische vergiftiging.

Als acceptabel maximum voor gehalten in het voer wordt meestal tien keer de minimum aanbeveling gehanteerd. Hierbij moet wel met nadruk aangetekend worden dat dit alles geldt voor vitamine A in de vorm van retinol en verwante stoffen, maar niet voor de pro-vitaminen (caroteen).

Bronnen en gehalten in het voer

Vitamine A als zodanig komt alleen voor in dierlijke producten. Plantaardige producten die vitamine A bevatten zijn er niet. Bèta- caroteen en vergelijkbare stoffen daarentegen wordt vrijwel uitsluitend gevonden in plantaardige producten. Slechts melkvet en geel vet van planteneters bevat soms ook bèta- caroteen. gehalten in het voer kunnen sterk variëren en zijn daarnaast afhankelijk van bewerkingsprocessen en opslagomstandigheden. Tijdens voorbereiding kan het vitamine A gehalte met 20% afnemen terwijl bij bewaring onder suboptimale omstandigheden de verliezen kunnen oplopen tot 10% per maand.

Bètacaroteen

Bètacaroteen is een van de ruim 400 carotenoïden die kunnen voorkomen in planten. Naast de als eerder besproken rol als pro-vitamine A blijkt bèta caroteen voor een aantal diersoorten een op zich zelf staande functie te vervullen. Bij runderen, konijnen en paarden is gebleken dat een tekort aan bètacaroteen, ook wanneer voldoende Vitamine A wordt toegevoegd via de voeding, kan leiden tot vruchtbaarheidproblemen. Naarmate hooi of ander groen ruwvoer langer bewaard wordt neemt het bètacaroteen gehalte af. Het einde van het winterseizoen is dus wat dit betreft een risicotijd. In het algemeen geldt dat hoe groener het plantaardige product, hoe hoger het bètacaroteen gehalte. Bètacaroteen in de voeding zal vrijwel nooit aanleiding geven tot overdoseringproblematiek. Wel kan het lichaamsvet erg geel worden en

ook de huid kan verkleuren. Bètacaroteen wordt niet omgezet in vitamine A wanneer de lichaamsvoorraad voldoende is. Dit gegeven is ook van belang bij de risicoanalyse van vitamine A gehalten in voedermiddelen, door het gebruik van het IU-systeem wordt vaak geen onderscheid gemaakt tussen retinol en caroteen.

3.7.3 Vitamine D

Al in de 18e eeuw was bekend dat (kabeljauw-) levertraan een effectief middel was tegen de botaandoening rachitis. De werkzame stof werd echter pas in het begin van de 20^e eeuw geïdentificeerd.

Er zijn twee stoffen met vergelijkbare werking; het in planten voorkomende ergocalciferol (vit D₂) en het in dieren voorkomende cholecalciferol (vit D₃). Beide stoffen worden gevormd door de inwerking van ultraviolet licht op de plant respectievelijk de huid van het dier.

Functies

Vitamine D₂ en D₃ hebben in een aantal diersoorten dezelfde werkzaamheid. In vogels, reptielen en Nieuwe Wereld apen, grote katachtigen, grote panda en nog een aantal diersoorten is de werkzaamheid van D₂ hooguit een tiende van die van D₃.

De belangrijkste functie van vitamine D is de controle van de absorptie (passage door de wand van het maag-darmstelsel), het transport en de afzetting van calcium en in mindere mate fosfor. Deze rol vervult vitamine D samen met de hormonen calcitonine en PTH.

Eenheden

Aanbevelingen voor gehalten in het voer of benodigde hoeveelheid per dag worden meestal in Internationale Eenheden (IE) gegeven. Cholecalciferol (D₃) is hierbij de standaard

1 IE vitamine D	=	0,025 mg cholecalciferol
1 mg cholecalciferol	=	40.000 IE vitamine D

Hypovitaminose

Bij een tekort aan vitamine D wordt de absorptie van calcium belemmerd en wordt calcium en fosfor aan de botten onttrokken. Dit leidt tot zacht worden van de botten en buigen, een conditie die ook wel bekend staat als rachitis of Engelse ziekte bij jonge dieren. Bij volwassen dieren wordt het osteoporosis genoemd. Bij vogels en mogelijk ook reptielen kan een tekort ook leiden tot schaalafwijkingen met verminderde broedresultaten tot gevolg. Verder treden zowel conditie- als gewichtsverlies op. Hierbij moet wel aangetekend worden dat deze ziektebeelden ook veroorzaakt kunnen worden door een tekort aan calcium of fosfor of een verkeerde verhouding tussen deze twee macromineralen.

Vitamine D tekorten kunnen zowel ontstaan door tekorten in de voeding als door onvoldoende blootstelling aan UV-straling (waarbij de golflengte ook nog van belang is). Sommige mycotoxinen zoals aflatoxine verminderen de opname van vitamine D door het lichaam.

Hypervitaminose

Een te veel aan vitamine D leidt ook tot problemen. Een overmaat vitamine D zorgt voor een verhoogd calciumgehalte in het bloed (hypercalcaemia). Deze overmaat wordt afgezet op botweefsel, bv. gewrichten maar ook op zachte weefsels zoals de bloedvaten en hart en nieren. Stijfheid, spierzwakte, hartfalen, eetlustverlies en overmatig urineren zijn zichtbare verschijnselen.

Meer dan tien keer de aanbevolen hoeveelheid moet aan dieren niet verstrekt worden om deze problemen te voorkomen.

Al het goede komt van boven?

Vitamine D₃ is belangrijk voor de calciumhuishouding en wordt door veel dieren gemaakt onder invloed van UV-B licht. Dieren die weinig zonlicht gewend zijn maken efficiënt gebruik van vitamine D₃. Dieren die van nature veel zijn blootgesteld aan zonlicht gaan vaak veel minder efficiënt om met deze vitamine. Om deze reden is het belangrijk hen meer UV-B licht, of meer vitamine D₃ in het dieet te verschaffen. Uit hun leven in boomkruinen volgt dat veel primaten een hoge vitamine D₃ behoefte hebben. Wanneer dergelijke dieren grotendeels binnen gehouden worden is een hogere dosis in het voedsel belangrijk.

Bij gemengde verblijven bestaat het risico dat dieren zich voeden met het dieet bedoeld voor hun verblijfsgenoten. Paca's (*Cuniculus paca*) en Agouti's (*Dasyprocta aguti*) blijken te eten van het commerciële primatenvoer dat hun klimmende medebewoners laten vallen. Bij een langdurige opname bekopen de Paca's en Agouti's het eten van dit voer, rijk aan vitamine D₃ (7.000 tot 22.000 IU/kg) met verkalking van diverse organen. Je zou kunnen zeggen dat de dieren uiteindelijk sterven aan 'teveel van het goede'.

NRC, 2006: Nutrient Requirements of Nonhuman Primates

Tekstvak 6: Vitamine D vergiftiging in gemengd verblijf.

Bronnen en gehalten in het voer

Gehalten aan cholecalciferol (in dierlijke materialen) en ergocalciferol (in plantaardige materialen) staan in tabel 8. Vitamine D kan afkomstig zijn uit het voedsel, in synthetisch vorm verstrekt worden, opgenomen worden uit opgelikte huid- en haarschilfers of in de huid gevormd worden door UV-straling (UV-B: golflengte 285 – 315 nanometer).

Dieren die niet of weinig blootstaan aan UV-straling moeten altijd vitamine D toegevoegd krijgen aan hun voeding. Normaal verkrijgbare diervoeders voorzien hierin.

Vitamine D is niet erg stabiel in voedermiddelen. Het is zowel lichtgevoelig als gevoelig voor oxidatie. De aanwezigheid van metaalionen zoals koperionen versnellen dit proces. Verliezen tijdens bewerking van voer en opslag zijn vergelijkbaar met die van vitamine A.

Tabel 8: Vitamine D gehalte per 100 gram voedermiddel (Mc Dowell, 1989).

Grondstof / ingrediënt	IU/100 gram
Ergocalciferol (D2)	
Alfalfa weide	4,6
Alfalfa hooi, zongedroogd	142
Alfalfa kuil	12
Alfalfa verlepte silage	60
Klaverhooi, zongedroogd	142
Barley straw	60
Cocoa shell meal, sundried	3.500
Maïs (korrel)	0
Maïs silage	13
Melasse (suikerbiet)	58
Rode Klaver (vers)	4,7
Rode klaver suncured	192
Sorghum (graan)	2,6
Sorghum (graan)	66
Cholecalciferol (D3)	
Tonijnleverolie	4.000.000
Levertraan	10.000
Eieren	100
Heilbot (lever olie)	120.000
Haring (visolie)	10.000
Melk koeien volvet (zomer)	4
Melk koeien volvet (winter)	1
Sardine (visolie)	8.000
Zwaardvislever olie	1.000.000

3.7.4 Vitamine E

In de jaren twintig van de vorige eeuw werd in een voedingsonderzoek aan ratten die niet meer reproduceerden, als gevolg van de aanwezigheid van ranzig varkensvet in het voer, sla en tarwe verstrekt als aanvulling op het rantsoen. Met deze toevoeging werden de vruchtbaarheidsproblemen opgelost. Ontdekt werd dat de olie aanwezig in de kiem van de tarwe een stof bevatte die verantwoordelijk was voor dit effect. Deze stof kreeg de aanduiding vitamine E, omdat vitamine D vlak daarvoor was ontdekt. De wetenschappelijke naam werd tocoferol wat is afgeleid van de Griekse termen voor het vermogen om kinderen te baren. Vitamine E stond lang bekend als de vruchtbaarheidsvitamine en pas vrij laat na de ontdekking werd duidelijk dat de effecten bij de rat erg soortspecifiek waren.

Er zijn verschillende stoffen met vitamine E werking, de meeste behorend tot de groep van de tocoferolen. De meest werkzame van deze is alfa-tocopherol welke ook het meest voorkomt in granen. Andere tocoferolen zijn veel minder werkzaam en vaak wordt hun werkzaamheid verwaarloosd.

In het lichaam is vitamine E te vinden in alle weefsels, er zijn geen specifieke opslagorganen.

Functionies

Vitamine E vervult verschillende functies in het lichaam. De meeste van deze functies hebben met elkaar te maken. De belangrijkste functie is de rol als anti-oxidant binnen en tussen de cellen. Het verhindert de oxidatie van onverzadigde vetzuren in de cellen. Wanneer deze vetzuren oxideren leidt dit tot celbeschadiging. Cellen met een hoog energieverbruik, zoals in spieren, zijn hiervoor extra gevoelig. De antioxidant functie van vitamine E zorgt ook voor bescherming van de structuur van haarvaten en de bescherming van rode bloedcellen. Verder speelt het nog een rol in de regulatie van het endocriene systeem. Vitamine E heeft, behalve bij ratten, geen specifieke rol bij de reproductie.

De rol als anti-oxidant, waarbij het beschadiging van de cellen door zuurstof (in de vorm van vrije radicalen) helpt voorkomen, heeft er toe geleid dat vitamine E wel wordt gezien als een stof die verouderingsprocessen en het ontstaan van kanker helpt voorkomen. Hoewel er op basis van dieetstudies wel enige aanwijzingen zijn in deze richting ontbreekt tot op heden enig experimenteel bewijs. Toch wordt de aanwezigheid van natuurlijke anti-oxidanten in de humane en diervoeding stevig onder de aandacht van de koper gebracht.

De werking van vitamine E als anti-oxidant beperkt zich niet tot het lichaam. Ook bij vetten gebruikt in de voeding helpt een toevoeging van deze stof oxidatie van onverzadigde vetzuren te voorkomen.

VitaminE

Vitamine E werkt als anti-oxidant en voorkomt zodoende celbeschadigingen. Een bekend verschijnsel bij vitamine E tekort is het zogenaamde 'white muscle disease' waarbij spieren lichte plekken van beschadigde cellen vertonen, dieren lusteloos en slap zijn en in ernstige gevallen zelfs sterven. Vitamine E deficiënties komen relatief vaak voor, vis- en vleeseters vormen een risicogroep, maar ook herbivoren kunnen de genoemde 'white muscle disease' (WMD) vertonen.

Een hoge mortaliteit (43%) onder jongen van de kleine koedoe (*Tragelaphus imberbis*) bleek in veel gevallen terug te voeren op WMD. Mogelijk is het tekort aan vitamine E terug te voeren op het feit dat de dieren relatief veel vers gemaaid gras gevoerd kregen hetgeen in betreffende regio arm is aan vitamine E. Een tekort aan vitamine E is relatief makkelijk te voorkomen door het te supplementeren. Hoewel voor vetoplosbare vitaminen het gevaar van overdosering normaal gesproken op de loer ligt geldt voor vitamine E dat van een (lichte) overdosering geen negatieve effecten bekend zijn.

Besselmann D., et al. 2008, Juvenile mortality in captive Lesser Kudu (*Tragelaphus imberbis*) at Basle zoo and its relation to nutrition and husbandry *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 39(1): 86–91

Tekstvak 7: Relatie eiwit tekort en white muscle disease.

Eenheden

Meestal wordt vitamine E weergegeven in internationale eenheden.

1 mg dl-alpha-tocopheryl acetate = 1 IE vitamine E

Factoren van invloed op de Vitamine E behoefte

1. Vet en vetsamenstelling

Hoe hoger het vetgehalte hoe hoger de behoefte aan vitamine E. Als ruwe vuistregel kan per 1% vet 5 IU vitamine E toevoeging gehanteerd worden. Wanneer het vet voor een groot deel onverzadigd is en/of deels geoxideerd dan stijgt de behoefte sterk.

2. Stress

Onder stressomstandigheden zoals transport, nieuwe omgeving, lawaai-overlast, te hoge bezetting in een verblijf, ziekte etc. stijgt de vitamine E behoefte.

3. Selenium

Lage selenium gehalten in het rantsoen verhogen de behoefte aan vitamine E.

4. Voerkwaliteit

Ingrediënten met ranzig vet, onder vochtige omstandigheden bewaard graan, lang bewaard hooi en de aanwezigheid van mycotoxinen in het voer verhogen de vitamine E behoefte.

5. Luchtverontreiniging

In een onderzoek in de VS naar de vitamine E behoefte van dierentuindieren, die overigens vele malen hoger lijkt te zijn dan die van vergelijkbare dieren in het wild, werd een relatie aangetoond tussen luchtvervuiling en vitamine E behoefte. Dieren in een omgeving met vuilere lucht hadden een hogere behoefte.

6. Inspanning

Bij grote inspanningen zoals bij sledehonden, renpaarden etc. is de behoefte aan vitamine E verhoogd.

Tekstvak 8: Factoren van invloed op Vitamine E behoefte.

Hypovitaminose

Bij een tekort aan vitamine E worden onder meer de spieren aangetast. Skeletspieren vertonen deels witte plekken (*white muscle disease*) en de dieren zijn stram en slap en bewegen zich ongecoördineerd. Wanneer de hartspier wordt aangetast kan dit leiden tot zeer plotselinge dood van het dier. Aantasting van de ademhalingspijpen leidt tot kortademigheid en omdat longvloeistof zich ophoopt ook tot een vorm van longontsteking.

Aantasting van de haarvaten in de hersens van vogels leidt tot een aandoening bekend als 'dolle kuiken ziekte' (CCD). Ook bloedingen in lever en hart kunnen optreden, eveneens het gevolg van aantasting van de haarvaten.

Het voeren van vis aan dieren in gevangenschap is een risicofactor voor het ontstaan van tekorten. Vis is rijk aan onverzadigde vetzuren die gemakkelijk oxideren. Dit proces treedt zelfs op bij diepgevroren vis. De opname van geoxideerde vetzuren (ranzig vet) verhoogt de behoefte aan vitamine E zeer sterk. Ook het voeren van vlees aan roofdieren kan dergelijke risico's met zich meebrengen. Het verstrekken van langdurig op het veld gedroogd en/of lang bewaard hooi kan een risicofactor zijn voor herbivoren. Zie voor meer voorbeelden van deficiëntie verschijnselen tabel 9.

Tabel 9: Voorbeelden van ziekten door een gebrek aan vitamine E/selenium.

Soort weefsel	Aangetoond bij (diersoort)	Ziektebeeld
Embryonaal vaatstelsel	Rat, hamster, muis, hen, kalkoen	Afbraak van het embryo
Vaatstelsel	Kuiken, kalkoen, varken	Bovenmatige vochtophoping, moederhartziekte
Manneklijke geslachtsklieren	Rat, marmot, hamster, hond, haan, konijn, rund	Steriliteit
Lever	Rat, varken, rund	Levernecrose, hepatitis dietica, vetdegeneratie
Alvleesklier	Kuiken, muis	Fibrose
Rode bloedcellen	Mens, kuiken, rat	Haemolyse
Kleine hersenen	Kuiken	Encephalomalacie
Nieren	Rat, muis, nerts	Afbraak van het buisvormig epithelium
Vetweefsel	Nerts, varken, kuiken	Geel vet
Spierweefsel	Konijn, marmot, aap, muis, eend, nerts, lam, kalf, kuiken, kalkoen	Aandoeningen van hart- en skeletspieren

Hypervitaminose

Vergeleken met vitamine A en D wordt vitamine E als weinig toxisch beschouwd. Zeer grote overdoseringen kunnen bij sommige dieren leiden tot ernstige huidaandoeningen.

Bronnen en gehalten in het voer

Rijk aan vitamine E zijn graankiemen en daaruit gewonnen olie, pinda's, groen gras, melkproducten en vislever.

Oxidatie van deze producten en bewaring of bewerking onder vochtige omstandigheden leiden tot een aanzienlijke reductie van de hoeveelheid beschikbaar vitamine E.

Interactie met Selenium

In het lichaam functioneren vitamine E en het sporenelement selenium voor een deel gezamenlijk. Selenium is een belangrijk bestanddeel van het enzym glutathion peroxidase dat helpt oxidatie van onverzadigde vetten te voorkomen. Omdat beide nutriënten functioneren als anti-oxidant zijn zij deels door elkaar te vervangen. Hierbij moet wel aangetekend worden dat selenium in overmaat zeer toxisch kan zijn.

3.7.5 Vitamine K

In het begin van de vorige eeuw werd in onderzoek naar de oorzaken van bloedingen een factor in de voeding ontdekt die een rol speelt bij tekorten aan protrombine. Protrombine is essentieel voor bloedstolling. Pas in 1939 werd de verantwoordelijke stof, phylloquinone, geïsoleerd. Phylloquinone wordt ook wel aangeduid met K₁, menaquinone (vitamine K₂) wordt door bacteriën gevormd en menadione (K₃) is de synthetische vorm. Van de laatste vorm zijn meerdere varianten beschikbaar, ieder met zijn eigen werkzaamheid.

Functie

De enige rol die van vitamine K bekend is in het lichaam is de rol bij de bloedstolling. Vitamine K is noodzakelijk voor de vorming van protrombine en nog enkele andere stoffen noodzakelijk voor de bloedstolling. Protrombine wordt bij een verwonding omgezet tot trombine wat vervolgens fibrinogeen omzet in fibrine, het uiteindelijk stolsel.

Eenheden

Het aantal eenheden vitamine K wordt doorgaans weergegeven in microgrammen (µg).

Hypovitaminose

In gezonde volwassen dieren is een tekort aan vitamine K zeldzaam. Bacteriën aanwezig in het maag-darmstelsel synthetiseren voldoende om in de dagelijkse behoefte te voorzien. Alleen bij weinig bacteriële activiteit in het maag-darmstelsel, zoals bij zeer jonge dieren of na behandeling met antibiotica, is extra vitamine K voorziening noodzakelijk.

Een bijzondere risicofactor is het rattengif warfarin. Deze stof doodt de ratten langzaam doordat het als antagonist (tegenwerkende stof) werkt op vitamine K. Hierdoor wordt de bloedstolling verstoord en sterft het dier aan interne bloedingen. Dieren die dergelijke dode of verzwakte ratten eten lopen een verhoogd risico.

Ook cumarine, een stof die gevonden wordt in sommige klaversoorten en sulfapreparaten kunnen een antagonistische werking hebben op vitamine K.

Bij een tekort aan vitamine K vindt er geen protrombine vorming plaats in de lever waardoor de bloedstolling ernstig verstoord wordt. Bij pasgeboren dieren is een niet stoppende navelbloeding een signaal van een tekort. In alle gevallen kunnen kleine verwondingen leiden tot eindeloos bloeden en uiteindelijk de dood. Bloedvatwanden kunnen spontaan bloedingen vertonen. Ten opzichte van de ander vetoplosbare vitaminen vindt weinig opslag plaats in de lever of elders.

Hypervitaminose

De verschillende vormen van vitamine K zijn nauwelijks toxisch. De dagelijks aanbevolen dosis moet met een factor 1000 overschreden worden om een effect te bewerkstelligen. Verschijnselen zijn een vorm van bloedarmoede en andere afwijkingen in het bloed.

Bronnen en gehalten in het voer

Blad van planten bevat relatief grote hoeveelheden vitamine K, bij grazende dieren is de voorziening dus vrijwel altijd gewaarborgd. Lever en eidooier bevatten ook een redelijke hoeveelheid vitamine K, maar andere dierlijke materialen zijn vrij arm aan vitamine K. Diervoederbereiding gaat vaak gepaard met grote verliezen van vitamine K. Vooral pelleteren (persen tot cilindrische brokjes) leidt tot een grote daling van de vitamine K-activiteit. Oxidatie, blootstelling aan licht, contact met alkalische of zure stoffen zijn allemaal factoren die de werkzaamheid van vitamine K doen verminderen.

3.7.6 Vitamine B complex

B-complex is een aanduiding voor een groep van negen wateroplosbare vitaminen die oorspronkelijk niet van elkaar werden onderscheiden omdat ze dezelfde functies in het lichaam vervullen en veelal voorkomen in dezelfde voedingsmiddelen. Alle negen vitaminen uit deze groep fungeren als co-enzym voor celenzymen betrokken bij energiemetabolisme en weefselsynthese.

De vitaminen thiamine (B₁), riboflavine (B₂), niacine (B₃), pyridoxine (B₆), pantotheenzuur (B₅) en biotine (B₈) zijn allen betrokken bij het vrijmaken van voedselenergie.

Foliumzuur (B₁₁), cyanacobalamine (B₁₂) en choline (B₄) spelen een rol bij het celonderhoud, groei en/of vorming van bloedcellen.

Met uitzondering van vitamine B₁₂ en in bepaalde gevallen B₁ vindt er niet of nauwelijks opslag plaats van deze vitaminen. Een overmaat wordt uitgescheiden met de urine. Voor de meeste geldt dus dat het verstrekken van een grote hoeveelheid ineens, om voorraadvorming in het lichaam te bewerkstelligen, zinloos is. B-vitaminen zijn hierdoor wel weinig toxisch.

Voedingsmiddelen rijk aan B-vitaminen zijn: gist, peulvruchten en dierlijk weefsel. Natuurlijk B₁₂ kan zelfs uitsluitend uit dierlijke producten verkregen worden. Zoals voor alle vitaminen geldt zijn ook hiervan synthetische varianten verkrijgbaar. Wanneer deze synthetische vitaminen identiek zijn aan de natuurlijke variant mogen deze worden aangeprezen als 'natuurlijke' vitaminen.

In een gezond functionerend maagdarmkanaal worden door de daar aanwezige micro-organismen in veel gevallen voldoende B-vitaminen gevormd om te voorzien in de dagelijkse behoefte. Zeker bij planteneters worden in de delen van het darmstelsel waar op grote schaal fermentatie plaatsvindt veel van deze vitaminen gevormd. Het is onzeker in hoeverre de in de blinde darm (cecum) en dikke darm (colon) gevormde B-vitaminen ten goede komen aan het dier. Dieren die coprofaag (eten van uitwerpselen) zijn profiteren in ieder geval van de op deze plekken geproduceerde B-vitaminen.

3.7.7 Thiamine (Vitamine B₁)

Thiamine was de eerste vitamine waaraan uitgebreid onderzoek is gedaan. Bij mensen die overwegend leefden op gepolijste rijst (bv. in Indonesië en andere Aziatische landen) ontstond in veel gevallen de ziekte beriberi. Het toevoegen van rijstzemelen aan het dieet bleek preventief te werken. Uit deze zemelen werd de werkzame stof, thiamine of B₁, geïsoleerd.

Functie

Thiamine speelt een belangrijke rol in veel enzymsystemen. Deze zijn meestal betrokken bij het vrijmaken van energie uit opgenomen of opgeslagen koolhydraten en vetten. Om energie vrij te maken uit vetten is minder thiamine nodig dan bij koolhydraten. Verder speelt thiamine een rol bij het functioneren van het zenuwstelsel.

Hypovitaminose

Een tekort aan thiamine heeft een onmiddellijk effect op de beschikbaarheid van energie. Spierzwakte en kramp zijn de eerste verschijnselen van een tekort. Het zenuwstelsel wordt ook aangetast, vaak eindigend in verlamming. Een karakteristiek symptoom is "sterrenkijken", de kop van het dier ligt hierbij in de nek.

Hartfalen en interne bloedingen zijn ook verschijnselen die kunnen voorkomen. Bij een licht tekort wordt vooral gewichtsverlies, eetlustverlies, zwakte en soms diarree waargenomen.

Hypervitaminose

Evenals de andere wateroplosbare vitaminen is thiamine weinig toxisch. Pas bij doseringen meer dan het duizendvoudige van de aanbevolen dosis zijn enige schadelijke effecten zichtbaar.

Bronnen en gehalten in het voer

In het maag-darmstelsel van gezonde volwassen dieren komt veel thiamine vrij door bacteriële activiteit. Een deel van de daar gevormde thiamine komt beschikbaar voor het dier. Onder normale omstandigheden is alleen al de in de voermagen van een niet-producerende herkauwer geproduceerde thiamine voldoende voor de dagelijkse behoefte. Voor het paard,

waar thiaminevorming in blinde en dikke darm plaatsvindt, is het onbekend in welke mate het dier hiervan profiteert.

Coprofage dieren profiteren doordat zij uitwerpselen eten, deze zijn vaak rijk aan B-vitaminen.

Voedermiddelen die relatief rijk zijn aan thiamine zijn; gist, zemelen, (graan)kiemen, peulvruchten, nieren en lever.

Bij het bereiden van voeders kan bij gebruik van hitte en vocht het verlies aan thiamine tot 50% oplopen.

Thiaminase

Ook wanneer de voeding ogenschijnlijk ruim voorziet in de thiaminebehoefte kunnen er tekorten optreden. Dit wordt in veel gevallen veroorzaakt door de thiamine-antagonist (tegenwerker) thiaminase. Dit is eigenlijk een groep stoffen die als gezamenlijk kenmerk heeft dat ze thiamine onwerkzaam maakt voordat het een rol kan spelen in het metabolisme. In een dergelijke situatie is sprake van een secundaire deficiëntie, d.w.z. een deficiëntie die niet wordt veroorzaakt door een absoluut tekort, maar door de aanwezigheid van een factor die het nutriënt onwerkzaam maakt.

Rauwe vis is een bekende bron van thiaminase, naarmate de vis langer dood is neemt de thiaminase concentratie toe. Juist de delen die de mens niet eet, en dus vaak aan dieren verstrekt worden, zijn rijk aan thiaminase. Bij visetende dieren in dierentuinen zijn dan ook veel gevallen van door thiaminase veroorzaakte problemen beschreven.

Bij planteneters kan het eten van bepaalde soorten varens (*Pteris aquilinum*) voor soortgelijke problemen zorgen. Een graanrijk dieet kan bij zowel vogels als zoogdieren de groei van bepaalde bacteriën in het maag-darmstelsel stimuleren die eveneens thiaminase produceren.

Thiaminase kan onwerkzaam gemaakt worden door een hittebehandeling van het voer. Bij het voeren van visetende dieren is het standaardpraktijk een grote dosis thiamine te verstrekken om het effect van thiaminase te compenseren.

Duizelige slangen?

Regelmatig wordt melding gemaakt van neurologische problemen bij kousebandslangen van het genus *Thamnophis*. De dieren bewegen schokkerig, draaien het lichaam in rare bochten of gooien hun kop achterover. De gevreesde besmettelijke ziekte IBD (Inclusion Body Disease) kent soortgelijke symptomen, maar bij kousebandslangen is de oorzaak vaak dieet gerelateerd.

Kousebandslangen jagen van nature voornamelijk op amfibieën en vissen. Amfibieën zijn meestal niet beschikbaar als voer en daarom bestaat het dieet in gevangenschap vaak volledig uit vis. Vis kan thiaminase bevatten, een stof die de werking van thiamine (vitamine B1) tegengaat. Om de invloed van het mogelijk aanwezig thiaminase teniet te doen kan het product kort worden verhit (5 minuten bij 80°C voldoet). In een dierentuinsituatie is het echter het eenvoudigst om te supplementeren met thiamine. Een advies voor supplementeren is bij iedere maaltijd per kg vers product 25-30 mg thiamine toe te voegen (Bernard et al., 2002). In Nederland wordt vaak 50 mg/kg als richtlijn gehanteerd, Overdosering kan bij deze wateroplosbare vitamine nauwelijks optreden.

Bernard, J.B et al., 2002. Feeding captive piscivorous animals: nutritional aspects of fish as food. NAG Factsheet 005. www.NAGonline.net

Zwart P., 1982. Thiaminase (antivitamine B1) in de slangenvoeding. *Lacerta* 40:96-97

Tekstvak 9: Tekort aan thiamine bij visetende slangen.

3.7.8 Riboflavine / Vitamine B₂

Het bij thiamine al genoemde verstrekken van rijstzemelen aan mensen die lijden aan beriberi bleek als gunstig neveneffect ook nog eetlust en groei te doen toenemen en een afname te veroorzaken van zweertjes in de mondhoecken bij kinderen. Dit effect kon uiteindelijk toegeschreven worden aan de stof riboflavine (vitamine B₂).

Functies

Riboflavine speelt een rol bij de celstofwisseling, koolhydraat-, aminozuren- en vetmetabolisme.

Eenheden

De hoeveelheid riboflavine wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Riboflavine is noodzakelijk voor groei en normale gezondheid. Tekorten leiden tot weinig specifieke aandoeningen zoals huidproblemen en zenuwstoornissen.

Zowel bij paard, hond als kat zijn de symptomen groeivertraging, vermagering en complete zwakte waargenomen. Bij de kat is ook leververvetting een symptoom.

Bij parkieten en andere vogelsoorten treedt een vorm van verlamming op waarbij de tenen zijwaarts verbuigen.

Hypervitaminose

Bij een zeer grote hoeveelheid riboflavine in het rantsoen raakt het mechanisme waarmee riboflavine wordt geabsorbeerd verzadigd. Dit is één van de verklaringen waarom zelfs een zeer hoge dosis bij allerlei diersoorten geen vergiftigingsverschijnselen doet optreden.

Bronnen en gehalten in het voer

Riboflavine wordt gesynthetiseerd in groene planten, schimmels, gisten en sommige bacteriën. In het bijzonder snel groeiende bladgroenten en het gewas luzerne (alfalfa) zijn rijk aan deze vitamine. Verder zijn wei, een bijproduct van kaasbereiding, en gist belangrijke bronnen. Evenals bij thiamine speelt ook microbiële synthese in het maag-darmstelsel een belangrijke rol (zie ook bij thiamine).

3.7.9 Nicotinezuur / Niacine

Ook bij niacine speelde in de ontdekkingsgeschiedenis een specifieke ziekte een rol. In weinig welvarende gebieden waar maïs het basisvoedsel was kwam de ziekte pellagra veel voor. Deze ziekte wordt gekenmerkt door huidaandoeningen (dermatitis), diarree, hersenaandoeningen (dementie) en uiteindelijk sterfte. Uit (alweer!) rijstzemelen werd uiteindelijk de stof nicotinezuur gesynthetiseerd die de ziekte hielp voorkomen. De oude naam voor de vitamine was dan ook vitamine PP wat staat voor Pellagra Preventing.

Niacine is de verzamelnaam voor een aantal stoffen waaronder nicotinezuur en nicotinamide met dezelfde werking in het lichaam. Vitamine B₃ is een aanduiding die ook wel gebruikt wordt maar kan door gebrek aan eenduidigheid welke vitamine hiermee bedoeld wordt beter niet gebruikt worden. De stof kan in het lichaam gevormd worden uit het aminozuur tryptofaan.

Functie

Niacine is een hoofdbestanddeel van twee co-enzymen die onder andere betrokken zijn bij de citroenzuurcyclus (Krebscyclus) waarin energie wordt vrijgemaakt uit koolhydraten en andere energieleverende stoffen.

Eenheden

De hoeveelheid niacine wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Een niacine deficiëntie wordt gekenmerkt door huidafwijkingen, darmproblemen en aandoeningen van het zenuwstelsel. Eerste verschijnselen zijn verlies van eetlust, achterblijvende groei en diarree. In een latere fase ontstaan darmslijmvliesontstekingen en zelfs necrose van de darmwand. De huid wordt korstig evenals tong en verhemelte. Bij vogels treden botproblemen (perosis) op. De aantasting van het zenuwstelsel kan leiden tot epileptische aanvallen en verlamming. Uiteindelijk treedt sterfte op.

Bij katachtigen wordt dik, stinkend speeksel geproduceerd en raakt de mondholte vol met zweren. Vanwege de uiterst pijnlijke tong wordt vachtverzorging nagelaten en ziet de kat er slecht verzorgd uit. De verschijnselen bij de hond zijn vergelijkbaar met die van de mens. In het eerste pellagra onderzoek is de hond om deze reden als proefdier gebruikt. Bij de hond heet de aandoening “black tongue disease” vanwege de aantasting van tong en de rest van de mondholte. Ook bij vogels treden vergelijkbare symptomen op.

Hypervitaminose

Ook deze vitamine is weinig giftig. Bij proefdieren lukte het pas om enig effect te krijgen bij een dosis van meer dan 1 gram per kg lichaamsgewicht. Dit is een hoeveelheid die ver uitstijgt boven de normale dosis. Een overmaat wordt vrij snel uitgescheiden door het lichaam.

Bronnen en gehalten in het voer

In het lichaam kan niacine op twee manieren gevormd worden. Zoals ook bij de andere B-vitaminen kan niacine gevormd worden door bacteriën in het maag-darmstelsel.

De andere mogelijkheid is de vorming van niacine uit het aminozuur tryptofaan. Niet alle dieren kunnen dit, katachtigen en mogelijk andere verplichte carnivoren missen dit vermogen. De omzetting van tryptofaan naar niacine vindt alleen plaats als de eiwitvoorziening ruim is en er voldoende riboflavine en vitamine B₆ aanwezig zijn. Deze twee vitaminen katalyseren de omzetting. Zelfs onder de meest gunstige omstandigheden is 45 milligram tryptofaan nodig voor de vorming van 1 milligram niacine. Voedingsmiddelen rijk aan niacine zijn kip, lever, gist en zemelen.

3.7.10 Panthotheenzuur

Panthotheenzuur is een van de meest verspreid voorkomende vitaminen. De stof als zodanig werd dan ook betrekkelijk laat ontdekt in een onderzoek naar aanleiding van huidproblemen bij kippen. In de Amerikaanse literatuur wordt de stof ook wel aangeduid met B₅, terwijl in de Engelse literatuur de aanduiding B₃ wel voorkomt. Dit geeft nogmaals het belang aan van het gebruik van de wetenschappelijke termen voor vitaminen.

Functie

De belangrijkste functie van pantotheenzuur is als essentieel onderdeel van co-enzym A welke een centrale rol vervult in het energiemetabolisme. Daarnaast speelt het een rol in de

synthese en afbraak van vetzuren, de citroenzuurcyclus, de vorming van anti-lichamen en het functioneren van het zenuwstelsel.

Eenheden

De hoeveelheid niacine wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Deficiëntieverschijnselen zijn zeldzaam. Eetlustverlies en groeivertraging zijn de eerste symptomen van een tekort. Bij een ernstiger tekort treedt schurftachtige korstvorming van de huid op, speciaal rondom mond of snavelhoeken, rondom de ogen, achter de oren en soms onder de voeten. Verder kan depigmentatie of verlies van haar of veren optreden.

De vruchtbaarheid bij zowel vogels als zoogdieren kan afnemen. Bij honden en katten is ook wankel voortbewegen waargenomen. Bij varkens is een klassiek symptoom een neurologische aandoening bekend als “ganzenpas”.

Hypervitaminose

Een overmaat pantotheenzuur wordt snel uitgescheiden. Een vergiftiging is met deze stof praktisch niet op te wekken.

Bronnen en gehalten in het voer

Ook pantotheenzuur wordt in het maag-darmstelsel geproduceerd door de activiteit van bacteriën. Pantotheenzuur is verder wijd verspreid in voedingsmiddelen. Belangrijke bronnen zijn gist, zemelen, maïsglutenvoer, lever, hart en nieren.

Gehalten in het voer worden negatief beïnvloed door bewerking en bewaring.

3.7.11 Pyridoxine / Vitamine B₆

Vitamine B₆ is een aanduiding voor pyridoxine en een aantal verwante stoffen met een vergelijkbare werking. Het is pas betrekkelijk laat ontdekt als een op zichzelf staande stof.

Functies

Als onderdeel van veel co-enzymen is vitamine B₆ betrokken bij metabolismeprocessen van aminozuren. Daarnaast is het betrokken bij de citroenzuurcyclus, vetmetabolisme, de activiteit van het centrale zenuwstelsel en de productie van hemoglobine. Ook is B₆ betrokken bij de productie van globulinen.

Eenheden

De hoeveelheid pyridoxine wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Omdat vitamine B₆ betrokken is bij veel processen kan een tekort veel verschillende consequenties hebben. Een licht tekort geeft symptomen die niet afwijken van de symptomen van andere B-vitaminen tekorten, zoals eetlustverlies en groeivertraging. Ernstiger tekorten leiden tot huidaandoeningen, zenuwaandoeningen en een specifieke vorm van bloedarmoede.

Hypervitaminose

Een overmaat wordt snel uitgescheiden. Het is vrijwel onmogelijk vergiftigingsverschijnselen op te wekken met deze vitamine.

Bronnen en gehalten in het voer

Ook B₆ wordt geproduceerd door bacteriën in het maag-darmstelsel. Daarnaast komt het algemeen voor in voedingsmiddelen. Gist en zemelen zijn rijk aan deze vitamine.

3.7.12 Cyanacobalamine / Vitamine B₁₂

In de jaren 30 en 40 van de vorige eeuw werd ontdekt dat leverextracten de groei van landbouwhuisdieren stimuleerden en konden worden gebruikt als behandeling tegen pernicieuze anemie; een ernstige, vaak dodelijke vorm van bloedarmoede bij mensen. Pas ver na de Tweede Wereldoorlog lukte het de stof te synthetiseren. Vitamine B₁₂ is de enige vitamine waar een metaalion deel uitmaakt van de chemische structuur. Het betreft hier het sporenelement kobalt (Co). De vitamine kan alleen geabsorbeerd worden met behulp van in de maag geproduceerde stoffen, gezamenlijk bekend onder de naam 'intrinsieke factor'. Van katachtigen is bekend dat deze de vitamine kunnen absorberen zonder deze factor. In tegenstelling tot veel andere vitaminen uit deze groep kan het langdurig in het lichaam (lever) worden opgeslagen.

Functies

Vitamine B₁₂ vervult veel taken in samenhang met andere B-vitaminen waaronder foliumzuur. Een belangrijke functie is de rol bij het eiwitmetabolisme, vooral de synthese van lichaamseiwitten, maar ook bij het metabolisme van koolhydraten en vetten speelt het een rol. Verder is de vitamine betrokken bij de omzetting van propionzuur, een vluchtig vetzuur die voor een groot aantal planteneters een belangrijke energiebron is.

Eenheden

De hoeveelheid Vitamine B₁₂ wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Een deficiëntie kan opgewekt worden door het verstrekken van een zuiver plantaardig dieet gedurende lange tijd. Een licht tekort geeft dezelfde verschijnselen als bij andere B-vitaminen. Ernstige tekorten veroorzaken aanzienlijke groeiafname, aandoeningen van het zenuwstelsel en een ernstige vorm van bloedarmoede die uiteindelijk tot sterfte zal leiden. Bij vogels is embryonale sterfte en misvorming van kuikens in het ei vastgesteld bij een vitamine B₁₂ tekort.

Hypervitaminose

Hoewel vitamine B₁₂ wel wordt opgeslagen in het lichaam is het vrijwel onmogelijk met hoge doseringen negatieve reacties in het lichaam te veroorzaken.

Bronnen en gehalten in het voer

Bacteriën in het maag-darmstelsel kunnen vitamine B₁₂ produceren onder voorwaarde dat er voldoende kobalt (Co) aanwezig is. Bij planteneters geeft een tekort aan kobalt daarom dezelfde verschijnselen als een tekort aan B₁₂.

Plantaardige producten bevatten vrijwel geen B₁₂. De voorziening kan alleen plaatsvinden met producten van dierlijke oorsprong of door middel van synthetische preparaten. In het bijzonder lever is rijk aan deze vitamine.

Het vitamine B₁₂ molecuul is erg instabiel, alle mogelijke omstandigheden tijdens bewerking en bewaring van het voer kunnen effect hebben op het gehalte werkzame stof.

3.7.13 Biotine

Vroeger werd biotine wel aangeduid met de term vitamine B₈. Tegenwoordig wordt vrijwel uitsluitend de term biotine gehanteerd. Hoewel biotine veel voorkomt in allerlei voedingsmiddelen is het vaak niet beschikbaar als gevolg van organische bindingen. Het is daarom een vitamine die extra aandacht verdient bij de beoordeling van voedingssituaties.

Functies

Het biologisch functioneren van biotine is nog niet volledig bekend. Het speelt in ieder geval een rol in de koolhydraat-, vet- en eiwitstofwisseling. In het bijzonder is het betrokken bij de gluconeogenese en de vetzuursynthese. Ook speelt het een belangrijke rol bij de synthese van 'harde' eiwitstructuren zoals keratine (hoorn, haar en veren).

Eenheden

De hoeveelheid biotine wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

In veel diersoorten is een van de eerste signalen van een tekort het optreden van huid-, hoorn-, haar- en/of veerproblemen. Een droge schrale huid, korstvorming op de huid, verlies van haren of veren en het zacht worden van hoornweefsel komen allemaal voor. Bij paarden wordt vaak scheurvorming en verkrumming van de hoornlaag op de hoef geconstateerd. Bij vogels kan het hoorn van de snavel aangetast worden. Een heel acute deficiëntie kan de gluconeogenese stop doen zetten met soms sterfte tot gevolg. Ook bij biotine speelt de aanwezigheid van antagonisten soms een rol in het ontstaan van secundaire deficiënties. In kippen-eiwit komt bijvoorbeeld de stof avidine voor. Deze stof maakt biotine direct onwerkzaam. Bij het verwerken van ei producten in de voeding moet dan ook veel aandacht besteed worden aan dit aspect. Een hittebehandeling maakt avidine onwerkzaam.

Hypervitaminose

Biotine is niet giftig, zelfs het verstrekken van 10.000 maal de dagelijkse behoefte kan bij ratten geen schadelijke effecten bewerkstelligen.

Bronnen en gehalten in het voer

Biotine wordt vooral bij planteneters door bacteriën in het maagsdarmstelsel in vrij grote hoeveelheden geproduceerd. Omdat de feces ook vaak rijk zijn aan biotine profiteren coprofage dieren van deze bron. De absolute behoefte aan biotine is erg laag en daarom dragen soms zelfs mestdeeltjes in de lucht bij aan de biotine voorziening.

3.7.14 Foliumzuur

Foliumzuur of folacine werd het eerst geïsoleerd uit leverextract. Oude termen voor deze stof zijn vitamine M en vitamine B₉. Nederlands onderzoek naar het reducerende effect van foliumzuur supplementatie op het voorkomen van open ruggetjes bij kinderen heeft deze vitamine in de belangstelling geplaatst.

Functies

Foliumzuur speelt vooral een rol als onderdeel van co-enzymen in het aminozuurmetabolisme. De belangrijkste rol is waarschijnlijk de betrokkenheid bij de vorming van een essentieel onderdeel van het DNA.

Eenheden

De hoeveelheid foliumzuur wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Een foliumzuurtekort heeft een negatief effect op celvorming en functioneren van de cel. Bij een tekort treedt groeivertraging op en bloedcellen worden niet vervangen.

Bloedarmoede is een symptoom dat bij veel diersoorten wordt gezien. Bij jonge dieren vermindert de groei van de haren respectievelijk de veren. Bij drachtige zoogdieren treedt resorptie van de foetus op of worden jongen doodgeboren. Bij vogels heeft het een negatief effect op de uitkomstresultaten. Veel vaker worden echter de niet specifieke symptomen gezien zoals beschreven bij de andere B-vitaminen.

Hypervitaminose

Foliumzuur wordt in geringe mate opgeslagen in lever, nieren en spieren maar er zijn geen aanwijzingen dat een overmaat problemen oplevert.

Bronnen en gehalten in het voer

Micro-organismen in het maag-darmstelsel kunnen foliumzuur produceren onder voorwaarde dat er para-aminobenzoezuur (PABA) beschikbaar is. Deze component van foliumzuur kunnen de bacteriën namelijk niet zelf synthetiseren.

Diermeel, schroten en schilfers van olierijke zaden en kiemen en groene planten zijn belangrijke bronnen van foliumzuur.

3.7.15 Choline

Choline (oude termen B₄ en B₇) wordt vaak gerekend tot het B-complex. Vanwege de relatief grote benodigde hoeveelheid is er discussie of de stof tot de vitamines gerekend mag worden. Daarbij kan het in tegenstelling tot de overige B-vitaminen gesynthetiseerd worden in de lever. Choline heeft vaker een functie als onderdeel van structuren dan als co-enzym.

Functies

Choline is essentieel voor opbouw en in stand houden van de celstructuur. Het is een bestanddeel van de lecithinen, dit zijn lipiden waarvan een van de drie vetzuren is vervangen door choline. De vele verschillende lecithinen spelen een rol in de celstructuur en activiteiten. Choline speelt een belangrijke rol in het vetmetabolisme in de lever. Overtollig vet wordt omgezet in lecithinen of de omzetting van vetzuren wordt versneld.

Verder is een bestanddeel van acetylcholine welke een rol speelt in de overdracht van zenuwimpulsen.

Tenslotte kan choline nog een rol spelen als methyl donor, maar deze rol kan ook vervuld worden door stoffen als methionine.

Eenheden

De hoeveelheid choline (behoefte per dag of hoeveelheid per kg voer) wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Onder normale omstandigheden is de synthese in de lever toereikend om te kunnen voorzien in de dagelijkse cholinebehoefte. Alleen onder extreme omstandigheden treden tekorten op.

Deficiëntieverschijnselen zijn leververvetting, algehele zwakte, pootafwijkingen, nierbloedingen en verminderde broedresultaten.

Hypervitaminose

Overmatig opgenomen choline wordt voor een groot deel al afgebroken in het maag-darmstelsel. Bij extreme doses (meer dan 10 gram per kg lichaamsgewicht) kunnen zweten, misselijkheid en aandoeningen van hart en longen optreden.

Bronnen en gehalten in het voer

Behalve in de lever wordt choline ook gevormd door micro-organismen in het maag-darmstelsel, hierin is het onderdeel van lecithinen.

Choline wordt aangetroffen in veel voedingsmiddelen als integraal onderdeel van cellen.

3.7.16 Vitamine C

Al honderden jaren geleden ontdekten zeelieden dat de ziekte scheurbuik kon worden genezen door het drinken van limoen- of citroensap. In de 16e eeuw ontdekten de overlevende deelnemers van de expeditie van Willem Barentz de eveneens heilzame werking van lepelblad. Toch werd de voor dit effect verantwoordelijke substantie, vitamine C of L-Ascorbinezuur, pas in de jaren 30 van de vorige eeuw ontdekt.

Alleen de L-isomeer is werkzaam als vitamine.

De meeste diersoorten zijn in staat ascorbinezuur uit glucose te synthetiseren in de nieren. De mens en enkele andere diersoorten (vooral fruiteters) missen dit vermogen. Er zijn enkele aanwijzingen dat het ook bij dieren die zelf vitamine C aanmaken in gevallen van stress zin kan hebben extra vitamine C te verstrekken. Ook bij jonge dieren bestaat de kans dat het vermogen om zelf vitamine C te maken onvoldoende ontwikkeld is.

Functies

Ascorbinezuur speelt een belangrijke rol in de oxidatie en reductiereacties in het celmetabolisme. Het is belangrijk voor de vorming van collageen.

Ook speelt het een rol in het transport van ijzer uit het plasma naar opslagplaatsen in de lever. Evenals vitamine E is ook vitamine C een anti-oxidant. Schadelijke vrije radicalen (zuurstof) worden door deze vitamine onwerkzaam gemaakt. In fagocyten komt veel vitamine C voor, het beschermt deze cellen tegen beschadiging door oxidatie.

Eenheden

De hoeveelheid ascorbinezuur wordt aangegeven in milligrammen of microgrammen (mg of µg).

Hypovitaminose

Tekorten aan vitamine C leiden tot de aandoening scheurbuik. Hierbij treden bloedingen en zwelling van het tandvlees op, daarnaast extreme zwakte en zeer pijnlijke botten. Andere verschijnselen zijn lagere eiproductie, slechte eischaa kwaliteit en embryonale sterfte. Bij cavia's zijn de verschijnselen eetlustverlies, groeireductie, botontkalking, bloedarmoede en bloedingen.

Hypervitaminose

Vitamine C is weinig toxisch. Zeer hoge doses kunnen wel leiden tot misselijkheid, diaree, verzuring van het bloed en op lange termijn botverzwakking. In de praktijk zal een dergelijke situatie echter waarschijnlijk nooit voorkomen.

Bronnen en gehalten in het voer

Vitamine C wordt door veel dieren zelf gesynthetiseerd. Primaten, cavia's en een aantal fruitetende vogels en vleermuizen zijn afhankelijk van vitamine C in het voedsel. In vers fruit en groenten is het rijkelijk aanwezig.

Vitamine C in voedsel is erg gevoelig voor licht, warmte en oxidatie. Bewerking en bewaring van het voer leiden tot grote verliezen in het voer.

3.8 Mineralen

Naast eiwitten, vetten, koolhydraten en vitaminen zijn er nog een twintigtal elementen van essentieel belang voor het in stand houden en normaal functioneren van het lichaam. Deze elementen moeten in het voer in voldoende mate voorkomen.

De mineralen zijn een grote groep van anorganische stoffen, ook wel elementen, zouten of as-bestanddelen genoemd. Ze komen in relatief kleine hoeveelheden voor in het dier en in de voedermiddelen en dragen niet bij tot de energievoorziening van het dier. Toch zijn mineralen essentieel voor dieren en een tekort leidt snel tot gebrekverschijnselen. Mineralen worden in twee grote groepen verdeeld; macro-elementen en micro-elementen, zie hiervoor tabel 10. De indeling in twee groepen berust uitsluitend op de hoeveelheid benodigd voor het functioneren van het lichaam. Macro-elementen zijn in grotere hoeveelheden nodig voor het lichaam, ze hebben vele functies waarvan het geven van structuur er een is. De micro- of sporenelementen komen in zeer kleine hoeveelheden in het lichaam voor (minder dan 50 mg/kg) en hebben alleen als onderdeel van enzymen een functie in het lichaam.

Tabel 10: Overzicht van de essentiële macro- en micro-elementen.

Macro-elementen	Calcium (Ca), Fosfor (P), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Kalium (K), Chloor (Cl), Zwavel (S)
Micro-elementen	IJzer (Fe), Koper (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Molybdeen (Mo), Selenium (Se), Kobalt (Co), Jodium (I)

Algemene functies mineralen

Mineralen kunnen de volgende functies hebben in het dier:

- Steunfunctie: In het geraamte. Voornamelijk Calcium (Ca), Fosfor (P) en Magnesium (Mg).
- Zuur-base evenwicht. Voornamelijk Natrium (Na) en Chloor (Cl) maar ook Kalium (K), Calcium (Ca), Fosfor (P) en Magnesium (Mg).
- Invloed op zenuwgeleiding.
- Invloed op spiercontracties.
- Werkzame deel van enzymen. Vooral de sporenelementen, maar ook Fosfor (P) en in mindere mate de andere macro-elementen.

De macro-elementen

Onder de macro-elementen vallen die mineralen die in gehalten van meer dan 50 mg/kg in het lichaam voorkomen. Dit zijn: Ca, P, Mg, Na, K, Cl en S. Zwavel komt speciaal voor in de S-houdende aminozuren (methionine, cysteine en cystine), in de voeding zijn de zwavelhoudende aminozuren de belangrijkste bron. IJzer wordt soms tot de macro-mineralen gerekend.

In tabel 11 zijn de gemiddelde gehalten aan mineralen van een witstaarthert (*Odocoileus virginianus*) in het lichaam en in het bloedserum vermeld. Het gehalte in het totale lichaam kan van het gegeven gemiddelde gehalte afwijken omdat het van diersoort, leeftijd, voeding e.d. afhankelijk is. De gehalten in het bloedserum wisselen slechts zeer weinig, omdat deze tussen zeer nauwe grenzen vastliggen. Afwijkingen van de waarden zijn het gevolg van ziekten of voedingsdeficiënties. Voor het handhaven van de gehalten in het bloedserum bezit het lichaam verschillende reguleringsmechanismen. Calcium bv. wordt door het parathyroid hormoon uit de bij schildklieren geregeld. Evenzo wordt het fosforgehalte door de hormonen van de bij schildklier geregeld.

Tabel 11: Mineralensamenstelling witstaarthert per gram droge stof (in mg of µg) (Robbins, 1993).

Mineraal	
Calcium (Ca)	30,9 mg
Fosfor (P)	22,6 mg
Kalium (K)	9,5 mg
Natrium (Na)	3,9 mg
Magnesium (Mg)	0,9 mg
IJzer (Fe)	165 µg
Zink (Zn)	68 µg
Mangaan (Mn)	29 µg
Koper (Cu)	26 µg

N.B.: Om de leesbaarheid te bevorderen zijn de standaarddeviaties niet vermeld.

De verdeling van de mineralen over de lichaamsdelen is sterk verschillend. Verreweg het grootste deel van de Ca (98%), P (85%) en Mg (65%) gehalten bevindt zich in de beenderen. De beenderen zelf bestaan voor $\pm 36\%$ uit Ca, 17% P en $0,8\%$ Mg. De verhouding Ca.: P in de beenderen is dus $\pm 2 : 1$. K (60%), Na (30%) en Cl (45%) bevinden zich vooral in de spieren en de weefsels. Zie ook tabel 8.

De micro- of sporenelementen

De micro- of sporenelementen vervullen een rol die veel overeenkomsten vertoont met die van vitamines, omdat zij een aandeel hebben in enzymatische reacties. Zij kunnen aan enzymreacties deelnemen in twee vormen: als metallo-proteïnen en als metaalenzymen. Metallo-proteïnen zijn organische verbindingen waarin het metaal-ion is gebonden aan een eiwitmolecuul, waarvan het moeilijk is los te maken. Metaalenzymen zijn daarentegen verbindingen waarin het metaal-ion geen wezenlijk onderdeel van het enzymmolecuul is, maar daarmee los is verbonden met als functie de enzymreactie te versnellen.

3.8.1 Calcium en Fosfor

Deze twee mineralen zijn de belangrijkste bouwstoffen van beenderen, tanden en eiscaal. Daarnaast hebben ze nog een aantal fysiologische functies te vervullen, die voornamelijk bestaan uit de activering van een aantal enzymen bij de vertering en de stofwisseling.

Calcium draagt zorg voor de activering van trypsine en prothrombokinase (bloedstolling). Verder beïnvloedt calcium de doorlaatbaarheid van de celmembranen en daarmee het transport van stoffen door deze celmembranen heen.

Fosfor is onderdeel van een groot aantal enzymen. Het is verder nodig voor de opbouw van nucleïnezuren en fosfoproteïden. Fosfor is ook erg belangrijk bij energieoverdracht.

Functies

In de voeding van dieren in gevangenschap is het optreden van botafwijkingen een veel voorkomend probleem. Het betreft hier een heel scala aan aandoeningen, waarbij rachitis en osteomalacie, die samen wel worden aangeduid met de term “Metabolic Bone Disease” (MBD). Hoewel niet uitsluitend hebben veel van deze botaandoeningen te maken met de voorziening van de mineralen calcium, fosfor en vitamine D (zie ook aldaar).

Het lichaam van gewervelden bevat ongeveer 1 – 1,5% calcium waarvan 98% is vastgelegd in het skelet en 0,5 – 0,8% fosfor waarvan 80% is vastgelegd in het skelet. Botmineraal bestaat voor het grootste deel uit calcium –fosfor zouten. De verhouding tussen beide mineralen (Ca : P) varieert van 1,3 : 1 tot 2 : 1.

Beide mineralen vervullen dus een gezamenlijke functie een probleem is echter dat ze bij de absorptie door het lichaam ook elkaars antagonist zijn. Een overmaat fosfor blokkeert de opname van calcium terwijl een overmaat calcium hetzelfde effect kan hebben op de opname van fosfor. Het effect van fosfor op calcium is wel sterker dan andersom. Fosfor kan dus een secundaire calciumdeficiëntie veroorzaken. In de praktische voeding wordt dan ook aanbevolen de Ca/P-verhouding te laten variëren van 1⁺ : 1 tot 2 : 1.

Gedurende de periode waarin bij vogels de eischalen worden gevormd moet de eerder genoemde verhouding veel ruimer zijn, ongeveer 5 : 1 of zelfs hoger. Wanneer deze waarden gehanteerd worden zal de Ca:P verhouding weinig problemen veroorzaken. Uiteraard zal per diersoort en situatie bekeken moeten worden of meer specifieke waarden gehanteerd moeten worden.

Een bijkomend probleem is dat veel producten die aan dieren verstrekt worden naast lage mineralengehalten ook een verkeerde calcium/fosfor verhouding hebben, zie hiervoor ook tabel 12.

Door voeding veroorzaakte botproblematiek, veelal veroorzaakt door een primaire of secundaire calciumdeficiëntie, is dus een risico in de praktijk van voeding. Bij rantsoenanalyse zal dit aspect dan ook altijd moeten worden meegenomen.

Tabel 12: Ca:P gehalten in DS en verhouding in een aantal rantsoenbestanddelen.

	Ca	P	Ca : P
Meelworm	0,04	0,57	1 : 14
Sprinkhaan	0,31	1,27	1 : 4
Makreel (heel)	1,37	0,34	4 : 1
Makreel (filet)	0,03	0,91	1 : 30
Muis (heel)	3,4	1,92	1,8 : 1
Rundvlees	0,01	0,24	1 : 24
Runderlever	0,04	0,82	1 : 20
Lucerne	1,60	0,31	5 : 1
Appels	0,06	0,06	1 : 1
Banaan	0,03	0,11	1 : 4
Maïskolf	0,05	0,35	1 : 7

Bovenstaande tabel geeft maar een klein aantal mogelijke rantsoenbestanddelen weer, grotendeels met een vrij ongunstige Ca:P-verhouding. Duidelijk is wel dat de, op zich correcte,

vertaling ‘vleeseters’ voor carnivoren ons in de voeding op het verkeerde been zet. Carnivoren moeten dieren eten en niet uitsluitend vlees. De waarden bij enkele veel gebruikte insecten in het dieet van insectivoren geven ook aan dat daar een grote kans op problemen bestaat.

Een beetje ruggengraat...

Gewervelde dieren hebben relatief grote hoeveelheden calcium nodig om een sterk skelet te kunnen vormen en behouden. Ook in de voortplanting is calcium belangrijk; jongen/eieren en productie van melk vragen veel calcium van het moederdier.

Insecten hebben geen botten en bevatten nauwelijks calcium, ze leveren dus niet genoeg voor de behoefte van de (gewervelde) insecteneters. Dit verschil wordt vaak overbrugd door de insecten te bepoederen met een calciumpreparaat maar kan ook worden opgelost door de insecten voedsel te geven dat rijk is aan calcium (het zgn. ‘gutloading’).

Voedsel dat 10 tot 12% calcium bevat en vanaf 24 uur voor het opvoeren aan de krekels wordt verstrekt levert voedseldieren op met een calciumpercentage van > 1% en een calcium:fosfor verhouding tussen 1:1 en 2:1.

Ook andere ongewervelden zoals slakken, regenwormen en pissebedden (een kreeftachtige) kunnen worden gevoerd. Ze worden vaak graag gegeten en bevatten van nature meer calcium dan insecten.

Eidhof K, Venema D. 2003. Beïnvloeding van het calciumgehalte in krekels *Lacerta* 61 (3): 93-94
Eidhof K, Venema D, Kuiper D, Huisman TR. 2006. Increasing calcium content in Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis*). *Zoo Animal Nutrition* III. p. 291-293

Tekstvak 10: Verhogen Calcium in bot insecten.

Fosfor uit planten is voor dieren zonder een voormagenstelsel, zoals herkauwers hebben, niet of moeilijk verteerbaar. Dit komt door de vorm waarin deze fosfor (fytinefosfaat) is gebonden. Bij de berekening van het fosforaanbod uit de voeding moet hier wel rekening worden gehouden. Minerale fosfor en fosfor van dierlijke oorsprong is over het algemeen wel goed opneembaar. Fytine zorgt ook voor opnameproblemen bij meer mineralen zoals zink.

3.8.2 Magnesium

Magnesium (Mg) is eveneens een belangrijk bestanddeel van het botweefsel. Van de hoeveelheid magnesium in het lichaam bevindt zich ongeveer 70% in het botweefsel. As van botten bevat tussen 0,3 en 0,8% magnesium. Een andere zeer belangrijke rol van magnesium in het lichaam is de activering van enzymen betrokken bij de energiestofwisseling. Ook speelt het een rol bij de spiercontractie. Een optimale Mg-voorziening door het dieet bevordert de opname van calcium.

Deficiëntieverschijnselen zijn vasodilatatie, overgevoeligheid, stuiptrekkingen, moeizaam opstaan, evenwichtsstoornissen, bloedstollingproblemen, kalkafzetting op zachte weefsels, botaantasting en uiteindelijk sterfte. Bij melkvee en andere landbouwhuisdieren staat deze aandoening bekend als kopziekte.

Magnesium speelt ook nog een rol bij het ontstaan van urinestenen (struviet) bij o.a. katten. Een verlaagde pH in het voer helpt dit probleem onder controle te houden.

Een hoog gehalte kalium in het voer blokkeert de opname van magnesium. Dit kan dus leiden tot een secundaire magnesiumdeficiëntie.

3.8.3 Natrium, Kalium en Chloride

Deze drie macromineralen zijn alle drie noodzakelijk voor het handhaven van de osmotische druk van de lichaamsvloeistoffen. Natrium heeft behalve de hierboven genoemde osmotische functie ook een functie bij de totstandkoming van het membraanpotentiaal rondom zenuwcellen, waardoor bij prikkeling van een elektrische stroomgeleiding kan ontstaan die de berichtoverdracht verzorgt van hersenen naar orgaan en vice versa. De uitscheiding van natrium geschiedt zowel via de urine als door zweten. Een ander deel wordt via speeksel, gal, darmsappen en pancreassappen endogeen uitgescheiden. Acut natriumtekort kenmerkt zich door slapheid en ongecoördineerde bewegingen. Afname van het plasmavolume en dat van andere lichaamsvloeistoffen kan zelfs leiden tot shock en sterfte. Een chronisch tekort leidt tot eetlustverlies en groeivertraging, zacht worden van het botweefsel en verminderde benutting van energie en eiwit.

Kalium speelt net als natrium een rol bij de handhaving van de osmotische waarde, maar dan vooral van het celvocht. Een kaliumtekort kan onder meer spierzwakte, hartfalen, reproductieproblemen, groeivertraging en nieraantasting veroorzaken.

Een bijzonder verschijnsel is de zogenaamde natrium/kalium pomp die in veel membranen aanwezig is. Dit is een structureel onderdeel van het membraan dat uitwisseling kan verzorgen van natrium tegen kalium, tegen concentratie in. Dit kost energie in de vorm van ATP. Deze Na/K pomp speelt onder andere een rol bij de natrium-opname in de nieren en bij de zenuwprikkeling.

Chloride-ionen vormen de belangrijkste tegenhanger van Na en K. In maagzuur worden veel chloride-ionen uitgescheiden bij de afgifte van zoutzuur. Als gevolg hiervan kan bij overvloedig braken een tekort aan chloride ontstaan. Chloride kan worden uitgescheiden in zweet, feces en urine, als natrium-, kalium-, of ammoniumzout. Een chloridetekort leidt tot groeistoornissen, bloedverdikking, uitdroging en zenuwaandoeningen.

Bij normaal samengestelde rantsoenen, in het geval van graseters aangevuld met zoutlikstenen, zullen zelden of nooit problemen ontstaan met deze nutriënten.

Niet zo flauw

Dieren eten normaal gesproken naar energiebehoefte, dit houdt in dat een dier voedsel opneemt en een hongergevoel houdt tot de benodigde energie is opgenomen. Er bestaan echter ook andere 'typen' honger, zo is het bekend dat diverse diersoorten bewust op zoek gaan naar zoutbronnen.

Veel dieren nemen klein gesteente op of likken aan rotsen om in hun behoefte aan specifieke zouten te voorzien. Bij wilde berggorilla's (*Gorilla beringei beringei*) is waargenomen dat ze met grote regelmaat rottend hout opnemen. Dit hout voorziet de dieren in zouten die ze op een andere wijze niet voldoende binnenkrijgen. Het feit dat veel diersoorten een systeem kennen dat hen bewust laat zoeken naar zouten geeft ook het belang van deze stoffen aan. In deze behoefte is eenvoudig te voorzien door ook exotische dieren als bijvoorbeeld primaten te voorzien van een liksteen.

Rothman et. al. (2010) Decaying wood is a sodium source for mountain gorillas, Biol. Lett. 2006 (2), 321-324

Tekstvak 11: Behoefte aan zouten bij berggorilla's.

3.8.4 IJzer

Hoewel ijzer als sporenelement in een relatief lage concentratie aanwezig is in het lichaam, vervult het een bijzonder belangrijke rol in de stofwisseling. Ongeveer 70% van het ijzer in het lichaam is aanwezig in hemoglobine, het bloedpigment dat zuurstof transporteert.

Daarnaast is ijzer gebonden aan eiwit om transport van ijzer te veroorzaken (transferrine), is ijzer aanwezig in myoglobine, in het spierpigment dat daar zuurstof bindt, in enzymssystemen waar redoxreacties plaatsvinden en in opslag in de vorm van ferritine in lever, milt en beenmerg.

Vanwege de functie bij het zuurstoftransport en in belangrijke enzymen is ijzer onontbeerlijk als bouwstof en als regulerende stof. Het eenmaal geabsorbeerde ijzer wordt nauwelijks uitgescheiden, veel wordt hergebruikt. Er hoeven dus dagelijks slechts zeer kleine hoeveelheden te worden aangevuld. Ijzer gaat verloren door algemene slijtage van lichaamscellen (w.o. huid en haar), en bij de uitscheiding van overblijfselen van spijsverteringsenzymen in het darmkanaal via de feces. Ook vindt er een geringe ijzeruitscheiding met zweetvocht plaats en door bloedingen. Gebrek aan ijzer leidt tot bloedarmoede (anemie).

Ijzer kan gemakkelijker in de ferrovorm (Fe^{2+} , haemijzer) worden opgenomen. Dit soort ijzerverbindingen komt voor in dierlijke producten. De ferrivorm (Fe^{3+}) komt vooral voor in plantaardig materiaal. Deze vorm is moeilijker opneembaar. De opneembaarheid neemt echter toe wanneer vitamine C, citroenzuur en bepaalde aminozuren aanwezig zijn in de voeding. Oxaalzuur, fytine, vet en ruwe celstof verminderen de opname door het lichaam.

In de diertuinvoeding staat op dit moment de problematiek van ijzerstapeling in de lever in de belangstelling. Fruitetende dieren (frugivoren) zoals sommige vogels, apen en ook vleermuizen hebben vanwege de zeer lage ijzergehalten in hun natuurlijk dieet een erg efficiënt ijzermetabolisme. In gevangenschap krijgen deze dieren vaak diëten die op zichzelf geen extreme ijzergehalten bevatten, maar voor de dieren toch een grote overmaat vormen. Dit ijzer wordt niet uitgescheiden maar vooral opgeslagen in de lever. Uiteindelijk leidt deze situatie ertoe dat de weerstand van de dieren afneemt en dat zij gevoeliger worden voor allerlei infectieziekten.

Ook bij niet-fruitetende dieren zoals het paard zijn problemen met een overmaat aan ijzer bekend. Hier leidt het tot leverproblemen met soms geelzuchtachtige verschijnselen. In alle gevallen zijn dit soort problemen veroorzaakt door overdadige supplementatie. Bij teveel ijzer in het dieet kan het ook nog antagonistisch werken op andere sporenelementen.

IJzersterk supplementeren

In diëten in diertuinen wordt vaak gebruik gemaakt van voedingssupplementen. Al sinds jaar en dag bestaat de discussie of we moeten supplementeren, en zo ja; met wat? Eén van de nutriënten waarvan vast staat dat deze vaak kunstmatig moet worden aangevuld is calcium. Het dieet van frugivore dieren bestaat in diertuinen vaak grotendeels uit vruchten die zijn geproduceerd voor humane consumptie, vrijwel al deze fruitsoorten bevatten slechts kleine hoeveelheden calcium.

Nadat onderzoek had aangetoond dat dieren uit de groep leden aan een calciumdeficiëntie werd een groep brilbladneusvleermuizen (*Carollia perspicillata*) extra calcium verstrekt door gebruik van een vitaminen- en mineralenpreparaat. Hoewel de calciumdeficiëntie verleden tijd was hield sterfte aan, dit keer werd ijzerstapeling in de lever waargenomen, was stapeling van ijzer in de dieren de doodsoorzaak. Frugivore dieren zijn erg gevoelig voor het overmatig innemen van ijzer. Supplementen zijn vaak hard nodig, maar ook hier moet een bewuste keuze worden gemaakt.

Boer, A. de, Hall, S. van. (2002). Bad(t) diet? Nutritionele behoeften van de brilbladneusvleermuis in gevangenschap. BSc. thesis, Van Hall Institute, Leeuwarden.

Tekstvak 12: Nadelige gevolgen van ijzerbevattende supplementen.

3.8.5 Zink

Zink is in het lichaam nodig als co-factor voor de werking van enzymen. Het is onder andere essentieel bij het transport van koolstofdioxide (CO_2) en zuurstof (O_2) door de betrokkenheid bij het enzym koolzuuranhydrase in rode bloedcellen. Ook bij de eiwit- en nucleïnezuursynthese is zink als co-factor betrokken. Zink kan worden uitgescheiden via de urine en door zweten (koorts!). Zink stimuleert ook de omzetting van retinol (vit. A) in retinal, dat nodig is voor de vorming van het lichtpigment rhodopsine.

Vanwege de rol bij het vormen van retinal kan een zinkdeficiëntie leiden tot nachtblindheid. Andere typische deficiëntieverschijnselen zijn eetlustverlies, groeivertraging, huidaandoeningen en ontkleuring van het haar.

Een secundaire zinkdeficiëntie kan ontstaan door de aanwezigheid van een overmaat calcium of fytime in de voeding. Deze stoffen verhinderen de absorptie van zink.

Een zinkovermaat kan leiden tot bloedarmoede en braken.

3.8.6 Mangaan

Mangaan is essentieel voor het normaal functioneren van testes en ovaria en voor de normale botvorming. Het blijkt tevens een activator te zijn van enzymen. In vogels speelt het een onmisbare rol bij de botvorming en de bevedering, ook bij de eischaalvorming is mangaan belangrijk.

Botmisvorming, vruchtbaarheidsproblemen en gebrekkige eischaalvorming zijn symptomen van mangaangebrek, het komt echter zeer weinig voor.

3.8.7 Koper

Koper is essentieel voor de vorming van hemoglobine. Het doet dienst als activator van enzymen die bij de zuurstofoverdracht betrokken zijn. Ook is koper betrokken bij de bot en kraakbeenvorming. Uitscheiding van koper vindt plaats door aan eiwit gebonden koper via de gal. Ruwweg 90% van het koper uit het voedsel wordt niet opgenomen in de darm.

Bij kopergebrek kunnen bloedarmoede, ontkleuring van het haar en botafwijkingen ontstaan.

Een secundaire koperdeficiëntie kan ontstaan bij overdadig supplementeren met zinkpreparaten, dit gebeurt wel eens in de hoop een slechte huid- en vachtconditie te verbeteren. Zink werkt als antagonist in op de koperabsorptie.

In zeer hoge doses kan koper kan leiden tot braken en kan uiteindelijk dodelijk zijn.

3.8.8 Jodium

Jodium is een bestanddeel van thyroxine, het schildklierhormoon. Dit hormoon reguleert de energieafgifte van de cel. Het versnelt op deze manier de reacties in bijna alle cellen met als gevolg een verhoogd zuurstofverbruik en toename van het basaalmetabolisme. Uitscheiding van jodium geschiedt voornamelijk via de urine.

Verschijnselen bij jodiumtekort zijn: een vergroting van de schildklier (struma), lusteloosheid, verminderde groei en vruchtbaarheid, gewichtsverlies en oedeem. Veel aan dieren gevoerde producten zoals rood vlees, zoetwatervis, fruit, noten en zaden zijn arm aan jodium. Bij honden en katten wordt een jodiumgebrek wel het “all meat disease” genoemd. Thuis gemaakte diëten, bestaande uit vlees en graanbestanddelen hebben regelmatig tot deze aandoening geleid. Ook bij niet-gedomesticeerde carnivoren in gevangenschap is dit probleem vrij vaak in de literatuur beschreven.

Een overmaat jodium in het rantsoen kan leiden tot verschijnselen die sterk lijken op een tekort. Omdat jodium normaal gesproken in zeer lage concentraties voorkomt worden problemen vooral veroorzaakt door verkeerde toepassing van supplementen.

3.8.9 Chroom

Chroom blijkt noodzakelijk te zijn voor een normaal verloop van de glucosetofwisseling. Het is een co-factor van insuline, het hormoon dat de bloedsuikerspiegel reguleert. Problemen met dit element komen voor zover bekend niet voor.

3.8.10 Kobalt

Kobalt is nodig voor de vorming van vitamine B₁₂. Het vormt daarin een organisch complex en oefent als zodanig zijn functie uit. Voor dieren die met behulp van bacteriële activiteiten in het maag-darmstelsel in hun eigen B₁₂ behoefte voorzien is kobalt essentieel. Kobalt wordt slecht geabsorbeerd en vrijwel geheel met de ontlasting uitgescheiden. Reeds opgenomen kobalt wordt via de gal en in geringere mate via de darm uitgescheiden. Verschijnselen van een kobaltdeficiëntie zijn identiek aan die van een vitamine B₁₂ deficiëntie.

3.8.11 Fluor

Fluor is een belangrijk bestanddeel van skeletdelen. Tandbederf (cariës) is voor een deel het gevolg van de geringe opname van fluorzouten uit het voedsel. Fluor wordt na opname in de darm gebruikt om van binnenuit in het tandglazuur te worden ingebouwd. Het fluor-ion kan echter ook door direct contact van fluor uit voedsel en water met de tanden en kiezen, dus van buitenaf via de mondholte, worden opgenomen door het glazuur.

Fluortekorten komen zelden voor, een overmaat (fluorosis) komt vaker voor. Botaandoeningen, zebratanden (zwarte strepen op het glazuur), aangetaste tanden, breuken in tanden en kaakbeen en reproductieproblemen zijn allen verschijnselen van een overmaat.

3.8.12 Molybdeen

Molybdeen speelt een rol bij enkele elektronenoverdragende enzymen. Als zodanig speelt het ook een rol bij de ijzerstofwisseling. Het wordt gemakkelijk uit de darm geabsorbeerd, uitscheiding vindt hoofdzakelijk plaats met de urine.

Een overmaat molybdeen zorgt in de praktijk vaker voor problemen dan tekorten. Bij een overmaat kan de opname van koper verstoord worden. Vergiftigingsverschijnselen zijn weinig specifiek; gewichtsverlies, verlaagde voeropname en diarree.

3.8.13 Selenium

Selenium of Seleen blijkt nodig voor optimaal functioneren van een aantal enzymsystemen. Seleen is bestanddeel van een enzym dat in belangrijker mate betrokken is bij het afvoeren van toxische stoffen. Ook zou seleen de kankerverwekkende werking van een aantal stoffen remmen. Seleen blijkt nauw betrokken te zijn bij de werking van vitamine E (zie ook vitamine E). Seleen kan zowel in organische als in anorganische vorm aan het voedsel toegediend worden om deficiënties te voorkomen.

Seleniumtekorten geven ongeveer dezelfde verschijnselen als vitamine E deficiënties. Selenium veroorzaakt ook vrij vaak vergiftigingsproblemen, verschijnselen variëren van

afnemende groei tot veel ernstiger symptomen als (embryonale) verlammingen, hart en leveraantasting, blindheid en uiteindelijk sterfte.

Er zijn gebieden in de wereld waar de seleniumconcentratie in de bodem van nature zo hoog is dat zelfs in het wild levende dieren problemen krijgen. Bij gehouden dieren zijn het vooral supplementen die voor problemen zorgen.

Vragen hoofdstuk 3

1. Leg uit wat een nutriënt is.
2. Leg, met behulp van voorbeelden, het verschil uit tussen een ingrediënt en een nutriënt.
3. Wat is het verschil tussen een essentieel en een niet-essentieel nutriënt?
4. Verklaar het verschil in watergehaltes van het lichaam (zie tabel 5) tussen geboorte/uitkomst en volwassen dieren.
5. Verklaar waarom bij een tekort aan water de voedselopname daalt.
6. Op welke manier kan een lichaam water verliezen?
7. Hoe kan een verzorger een watertekort bij zijn dieren waarnemen?
8. Waarom wordt water wel de belangrijkste nutriënt genoemd? (Bedenk hierbij dat alle nutriënten per definitie noodzakelijk zijn om te overleven.)
9. Stel dat een dieet rijk is aan koolhydraten, is dit dieet bedoeld voor een carnivoor of voor een herbivoor?
10. Wat is het verschil tussen structurele en niet-structurele koolhydraten?
11. De vertering van structurele en niet-structurele koolhydraten in het lichaam werkt anders. Wat is het verschil in vertering tussen deze twee groepen koolhydraten?
12. Waar vindt de opslag van koolhydraten plaats en in welke vorm worden deze opgeslagen?
13. Koolhydraten, vetten en eiwitten hebben één overeenkomstige functie. Welke is dit?
14. Naast het leveren van energie heeft vet nog een aantal andere functies in de voeding, welke andere functies zijn dit?
15. Wat wordt er verstaan onder een co-enzym?
16. Op welke manieren kan een vitaminetekort ontstaan?
17. Bij welke vitamines moet worden gewaakt voor hypervitaminose?
18. Aan pasgeboren dieren wordt wel een hoge dosis vitamine K gegeven om de eerste weken door te komen. Waarom heeft dit voor een B-vitamine niet zoveel zin? En waarom is dat voor vitamine A en D ongewenst?
19. Waarom voegen we vitamine B₁ toe aan gevoerde vis?
20. Wat wordt verstaan onder een pro-vitamine?

21. Wat is het verschil tussen een vitamine en een mineraal?
22. Welke vitamine veroorzaakt bij een tekort het bekende 'scheurbuik'?
23. Wat is het bekendste deficiëntieverschijnsel bij een tekort aan ijzer in het lichaam?
24. Waarom is het belangrijk te letten op voldoende vitamine E in vetrijke diëten?
25. Waarom is het zo belangrijk aandacht te besteden aan de verhouding tussen Ca en P in de voeding?
26. Zijn structurele koolhydraten nutriënten?

4. Voedermiddelen

In dit hoofdstuk worden de in dierentuinen gebruikte categorieën voedermiddelen behandeld. Per categorie zullen achtereenvolgens de belangrijkste kenmerken, de noodzakelijkheid en/of geschiktheid voor bepaalde diergroepen en de kwaliteitsaspecten weergegeven worden.

4.1 Indeling voedermiddelen

Voedermiddelen of ingrediënten zijn alle producten die eetbaar zijn voor het dier en voor het dier noodzakelijke energie en voedingsstoffen (nutriënten) bevatten. Dit betekent dat de hoeveelheid en verhoudingen van de in de voedermiddelen aanwezige nutriënten de nutritionele kwaliteit of geschiktheid van een voedermiddel bepalen. Uiteraard spelen daarnaast smakelijkheid, verteerbaarheid (zie tekstvak 1), bijdrage aan het gezond functioneren van het maag-darmstelsel en de aanwezigheid van schadelijke bestanddelen een belangrijke rol. Al deze eigenschappen samen bepalen de geschiktheid van het voedermiddel voor dat rantsoen.

Wat is verteerbaarheid?

Of een dier de nutriënten uit een voedermiddel kan gebruiken hangt voor een groot deel af van de verteerbaarheid van dat nutriënt. Vertering is het proces waarbij het voedselbestanddeel zo klein wordt gemaakt dat het de wand van het maag-darmstelsel kan passeren en vervolgens opgenomen wordt in de bloedbaan. Alles wat niet verteerd wordt vinden we terug in de uitwerpselen, dus verteerbaarheid kunnen we berekenen door zowel de bestanddelen in het voer als de bestanddelen in de mest te meten. Het niet teruggevonden gedeelte is verteerd. Globale verschillen in verteerbaarheid van voedermiddelen zien we terug in de hoeveelheid geproduceerde mest.

Of een voerbestanddeel verteerbaar is hangt in de eerste plaats af van de diersoort. Veel carnivoren missen bijvoorbeeld het vermogen plantcelwanden te verteren. De afwezigheid van het verteringsenzym sucrase maakt bijvoorbeeld de vertering van sucrose (tafelsuiker) door enkele primatensoorten en veel carnivoren erg moeilijk. Leeftijd speelt ook een grote rol. Bij zoogdieren neemt de productie van het verteringsenzym lactase af waardoor lactose (melksuiker) na het spenen niet meer goed verteerbaar is. Dit maakt melk een ongeschikt voedermiddel voor veel volwassen zoogdieren.

In het voer is vooral het percentage celwandbestanddelen (ruwe celstof/ ADF) bepalend voor de verteerbaarheid. Voor alle diersoorten geldt: hoe hoger dit % hoe slechter de verteerbaarheid.

Tekstvak 13: Wat is verteerbaarheid?

Op basis van de eigenschappen van voedermiddelen kunnen ze in groepen worden ingedeeld. In de graasdierhouderij (rundvee, schapen, geiten, paarden, konijnen) wordt vaak de indeling krachtvoer vs. ruwvoer gehanteerd. Krachtvoer (meestal brokken) is een droog (ongeveer 10% water) voedermiddel dat relatief veel energie levert, om die reden wordt het ook verstrekt. De prestaties die gevraagd worden van dieren in de veehouderij maken het noodzakelijk om een deel van de benodigde energie in geconcentreerde vorm aan te bieden.

Daarnaast is krachtvoer belangrijk vanwege de gegarandeerde gehalten aan mineralen en vitaminen.

Ruwvoer is de andere belangrijke component in de voeding van deze dieren. In Nederland is gras, in verse vorm, ingekuild of gedroogd (hooi) het meest gebruikte ruwvoer. Verder worden ook wel luzerne (alfalfa), klaver en verschillende soorten stro als ruwvoeder gebruikt. Als het goed is bestaat de 'bulk' van het rantsoen hieruit. Naast de leverantie van energie, eiwit en andere voedingsmiddelen is ruwvoer belangrijk voor het gezond functioneren van het maag-darmstelsel.

Bij andere diersoorten worden voedermiddelen weer ingedeeld op hun belangrijkste eigenschap. De indeling wordt hier bepaald door de hoofdreden voor opname in het rantsoen. Een groep vormen bijvoorbeeld de energie leverende bestanddelen zoals granen, suiker, vet en zetmeelhoudende knollen. Een andere groep wordt gevormd door de eiwitleverende grondstoffen waarbij dan ook nog onderscheid gemaakt wordt tussen producten van dierlijke herkomst zoals vlees, bloedmeel, melk, visproducten en ei enerzijds en producten van plantaardige herkomst zoals peulvruchten (soja!) en bijproducten van plantaardige olieproductie anderzijds. Er zijn meer indelingen maar eigenlijk is er geen een die voor alle situaties toepasbaar is, daarom is er in dit deel voor gekozen de grondstoffen in te delen op basis van het gebruik in dierentuinen. Onderstaande tabel 13 geeft een overzicht.

Tabel 13: Overzicht voedermiddelen gebruikt in dierentuinen.

Categorie	Subcategorie	Kenmerken
Ruwvoer	Gras	Noodzakelijk groot aandeel in rantsoen graasdieren. Kwaliteit sterk afhankelijk van oogsttijdspit en omstandigheden. Partij-analyse zeer gewenst.
	Overig hooi en stro	Luzernehooi voor browsers mogelijk meer geschikt dan gras maar kwaliteit is vaak probleem. Stro heeft vaak een zeer lage voederwaarde.
	Browse	Verkrijgbaarheid, opslag en bewaring zijn probleempunten.
Fruit en groente	Fruit	Heel geschikt om medicijnen mee te verstrekken. Suikerrijk, vezelarm, duur en overschat voedermiddel.
	Groente	Beter dan fruit maar geen vervanging voor ruwvoerders.
	Noten e.d.	Vetgehalte vaak hoog.
Dierlijke producten behalve vis	Vlees	Vrijwel geen calcium in aanwezig. Vetgehalte is vaak hoog.
	Hele prooi	Vrijwel complete voeding.
	Melk en eieren	Zeer hoge biologische waarde maar lactose wordt door oudere dieren slecht verdragen. Salmonella bij rauwe eieren is een risico.
Vis en vergelijkbare producten	Vis	Hele vis lijkt compleet maar partij-analyse op vitaminen zou zeer gewenst zijn. Er zijn heel weinig analyse gegevens van hele vis.
	Overig	Schaaldieren, kreeftachtigen en kwallen.
Insecten en overige ongewervelden	Insecten	Arm aan calcium, gutloading lijkt verbetering op te leveren.
	Overig	B.v. slakken zijn veel rijker aan calcium dan insecten.
Krachtvoer	Samengesteld	Bijdrage aan gedrag en darmgezondheid vaak dubieus, vaak rijk aan zetmeel. Wel gegarandeerde bron van vitaminen en mineralen.
	Enkelvoudig	Bv. granen en andere zaden, veel zetmeel.
Supplementen		Zonder analyse samenstelling overig dieet terughoudend gebruiken. Multipreparaten leveren vaak meer dan nodig en zijn soms zelfs schadelijk
Overige voeders		Vaak uit het schap van de supermarkt. Fruitdranken en koekjes. Probioticadrinkjes. Arabische gom.

Het overzicht in de tabel hiervoor geeft al aan dat er veel verschillende voedermiddelen gebruikt worden. In 2009 maakte Rob van Glabbeek een overzicht van aangekochte, gebruikte voedermiddelen in Nederlandse dierentuinen. Elf locaties leverden gegevens en uit zijn overzicht blijkt dat er onder meer ruim 125 soorten brok (pellets), 28 soorten vis en schaaldieren, 60 soorten fruit en groente, bijna 50 soorten zaden, granen en brood en 5 soorten ruwvoer werden gevoerd. Er lijkt nog wel ruimte voor enige vereenvoudiging te zijn.

4.2 Ruwvoerders zijn vezelrijke producten en horen het hoofdbestanddeel te zijn van het rantsoen van herkauwers en achterdarmverteerders

Ruwvoerders zijn voor veel herbivoren de belangrijkste energieleverancier. Het spijsverteringsstelsel van deze dieren is aangepast op het verwerken en benutten van het vezelrijke materiaal. De in voormagen of achterdarm levende micro-organismen maken dit mogelijk zoals ook al beschreven in hoofdstuk 2.

Ruwvoer is niet alleen noodzakelijk als leverancier van energie en nutriënten, maar ook voor het kunnen uitoefenen van natuurlijk voedselopnamedrag en het gezond houden van het maag-darmstelsel. Om de voor energie en nutriëntenvoorziening benodigde hoeveelheid ruwvoer binnen te krijgen moet een herbivoor langdurig bezig zijn met voedselopname en verwerking. Meer dan 10 uur per etmaal is eerder regel dan uitzondering. Wanneer in gevangenschap door het aanbieden van andere voedingsmiddelen deze tijd verkort wordt heeft dit vrijwel zeker gevolgen voor het gedrag, dit is bij dieren als paarden, koeien en konijnen in de veehouderij overtuigend aangetoond. Wanneer het aandeel ruwvoer in het rantsoen afneemt, neemt het aantal afwijkende gedragingen toe.

Een hoger aandeel krachtvoer in het rantsoen laat ook het aantal gebitsafwijkingen toenemen bij zowel paarden als konijnen. De tabel hierna laat zien dat de aard van het voer de kauw- en herkauwtijd bij runderen aanzienlijk beïnvloedt. Hoewel gedomesticeerde herkauwers niet zomaar vergeleken kunnen worden met wilde herkauwers is het toch een veelzeggend overzicht.

Tabel 14: Kauw en herkauwtijd van runderen in minuten per kg droge stof (DS) voor verschillende soorten voer (Balch, 1971).

Soort voer	Kauwtijd (min/ 1 kg DS) (uiterste waarden)	Herkauwtijd (min/ 1 kg DS) (uiterste waarden)
Haverstro	41 – 58	94 – 133
Hooi (gemiddeld)	20 - 40	63 – 87
Hooi (goed)	27 - 31	55 – 74
Kuilgras	31 - 58	60 – 83
Brokken	4 - 10	0 – 25
Gemalen hooi	13	0 – 16
Gemalen stro	11 - 24	0 – 20

De berekening hierna laat zien wat dit kan betekenen voor de voedselverwerkingstijd van graasdieren. Herkauwers nemen per dag ongeveer 2 – 2,5 % van hun lichaamsgewicht op aan droge stof. Een Afrikaanse buffel (*Syncerus caffer*) van 600 kg neemt dus ongeveer 12 – 15 kilo droge stof op per dag. Dit is gelijk aan 14 tot 17,5 kg hooi. Wanneer je dit combineert met de gegevens uit de tabel zie je dat een ander soort voer een aanzienlijk gevolg kan hebben voor de tijdsbesteding.

De tabel laat ook zien dat niet alleen de chemische samenstelling er toe doet (nutriënten zoals ruwe celstof en eiwit) maar ook de vorm van het voer zelf. Door voedsel fijn te malen verandert uiteraard de samenstelling niet, maar het leidt wel tot verminderde kauwtijd en een afname, tot zelfs volledige stilstand, van het herkauwen. Dit laatste is zeer schadelijk voor herkauwers zoals al in hoofdstuk 2 is uiteengezet. De prikkel ('prik' noemen ze dat in de

rundveehouderij) van langvezelig ruwvoer is noodzakelijk voor herkauwers om te kunnen herkauwen en dus ook noodzakelijk voor het handhaven van een goede gezondheid.

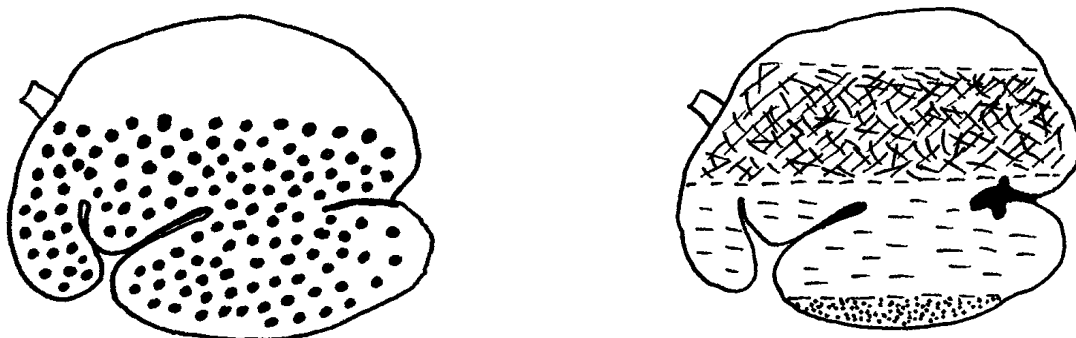
Waarschijnlijk hebben niet alle herkauwers dezelfde soort vezels nodig

De eerder besproken verschillen tussen grazende en 'browsende' herkauwers hebben mogelijk ook gevolgen voor het soort vezels wat moet worden aangeboden. Bij grazende herkauwers zijn de lange stengeldeeltes noodzakelijk als prikkel voor herkauwen. Browsers, dus herkauwers die bladeren van bomen en struiken eten, krijgen in de vrije natuur een ander soort vezel. Na kauwen is de structuur van de overblijvende deeltes anders. Onderstaande figuren 23 en 24, overgenomen van Clauss (2003), illustreren dit. Het verkleinen van grasvezels leidt tot lange rechte deeltes. Verkleinde vezels van bladeren hebben een duidelijk andere vorm.



Figuur 23: Vorm van vezeldeeltes die overblijven na het kauwen en herkauwen van gras (monocotyledon) of bladeren (dicotyledon). (Naar Clauss, 2003)

Het spijsverteringssysteem van browsers is meer aangepast op de verwerking van bladdeeltes dan van deeltes gras. Daar waar bij grazende herkauwers verschillende lagen zijn te onderscheiden in de pens is in de pens van browsers een evenwichtiger verdeling.



Figuur 24: Verdeling van vezeldeeltes in de pens van een browsende (links) en grazende herkauwer (Clauss, 2003).

Vermoed wordt dat het aangepast zijn op verschillende soorten vezeldeeltes consequenties heeft voor de voedingspraktijk bij deze dieren. Te lange rechte vezels kunnen door browsers minder goed benut worden en zelfs leiden tot verstoppingen. Mogelijk dat de specifieke eigenschappen van browsers en hun voedsel ook tot een andere benutting van sommige voedingsstoffen leidt.

Lange grasvezels zoals in hooi en kuil lijken minder gewenst voor browsers. Bladeren van takken en struiken zijn echter in grote hoeveelheden, d.w.z. voldoende om de energiebehoefte van een herkauwer te dekken, niet gemakkelijk verkrijgbaar. En al helemaal niet het hele jaar door. Er zijn aanwijzingen dat goede kwaliteit luzernehooi of luzernekuil beter geschikt zijn voor browsers dan gras. Ook het, niet te fijn, hakselen (ongeveer 5 cm) van goede kwaliteit hooi lijkt het beter geschikt te maken voor browsers.

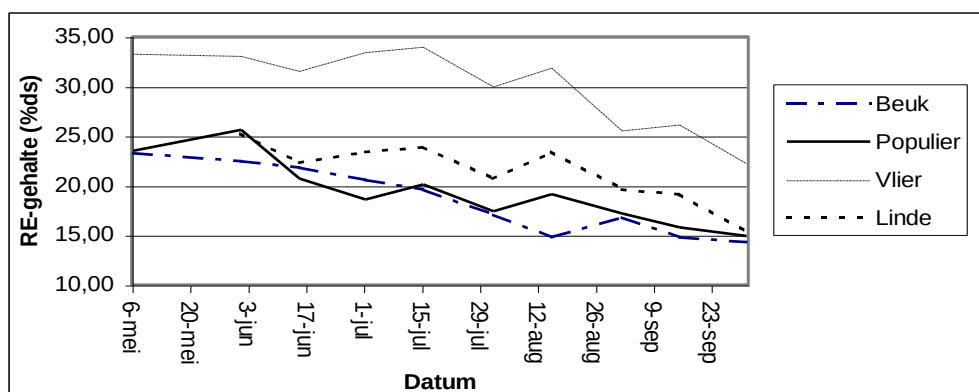
Het is wel belangrijk dat men zich realiseert dat ook browsers herkauwers zijn dus voor hun gezondheid nog steeds grote hoeveelheden vezelrijk materiaal nodig hebben. De term

‘concentrate selector’ die in de indeling van Hofmann wordt gebruikt voor browsers heeft misschien tot het misverstand geleid dat je deze dieren veel krachtvoer kunt/moet geven. De term ‘concentrate’ betekent namelijk ook ‘krachtvoer’. Dit misverstand heeft waarschijnlijk menig browser de kop gekost.

De kwaliteit van ruwvoer is vaak onbekend en vormt daarom een risicofactor. Regelmatig analyseren moet!

Of het nou achterdarmverteeders of voormaagverteeders betreft, grazers of browsers, voor veel herbivoren hoort ruwvoer, in welke vorm dan ook, de bulk van het rantsoen te vormen.

Omdat de voedingskwaliteit van ruwvoer van veel factoren afhankelijk is zal deze ook vaak wisselend zijn. De nutriëntensamenstelling van alle ruwvoerders wordt in de eerste plaats sterk bepaald door de vruchtbaarheid van de bodem. Gewassen van arme grond hebben meestal veel lagere mineralengehalten dan die van rijker bemeste grond. Zo bevat hooi van normaal bemest grasland meestal voldoende calcium, hooi uit natuurgebieden vaak niet en dat geldt voor veel meer mineralen. Een andere belangrijke factor is het groeistadium. Hoe ouder planten worden hoe meer het aandeel cellulose en lignine in de plant stijgt. Lignine is voor dieren onverteerbaar en verhindert daarnaast de opname van beter verteerbare bestanddelen. Met andere woorden: hoe ouder het gras, de luzerne of de bladeren zijn hoe minder de dieren er uit kunnen halen. Het eiwitgehalte daalt bij het ouder worden zoals onderstaande illustratie, figuur 25, voor bladeren laat zien.



Figuur 25: Eiwitgehalte in bladeren van verschillende boomsoorten. (Kool en Smit, 2000)

Verder hebben oogst en bewaaromstandigheden een grote invloed op de uiteindelijke kwaliteit van deze producten, de variatie blijkt groot te zijn. Het is daarom belangrijk een goed beeld te hebben van wat een goede kwaliteit is waardoor matige partijen gauw herkend en zo mogelijk teruggestuurd worden. Daarnaast zou het laten bemonsteren en analyseren van partijen ruwvoer eigenlijk een standaardprocedure moeten zijn. Het zal vermoedelijk ook bijdragen aan vermindering van het brokken en supplementengebruik.

4.2.1 Gras

Gras is een van de meest gebruikte producten in de dierentuinvloeding. Om praktische redenen is het voeren van vers gras meestal niet mogelijk. Ook de opname van gras uit de buitenverblijven draagt nauwelijks bij aan de voedselvoorziening. Gras wordt meestal in de vorm van hooi verstrekt en in enkele gevallen als ingekuild product.

Goede kwaliteit grasproducten kunnen vrijwel volledig in de behoefte van grasetende herbivoren voorzien

Grasproducten zijn vezelrijk (RC 22 – 30%) en bevatten in de droge stof tussen 10 en 20% eiwit. Hogere eiwitpercentages komen vooral voor bij jong voorjaarsgras van goed bemest land. Grasproducten die niet te laat gewonnen zijn en afkomstig van bemest land bevatten voor de meeste graseters voldoende mineralen. Dieren moeten dan wel naar behoefte grasproducten kunnen opnemen. Daarbij bepaalt vooral het droge stof (DS) gehalte de totale opname van het product. Hooi bevat ongeveer 85% DS, kuilgras 50 – 70% en vers gras ongeveer 15%. De DS opnamecapaciteit van grasetende dieren is ongeveer 2 – 2,5% van hun lichaamsgewicht. Kleinere dieren hebben relatief een hogere opnamecapaciteit.

Het verwerken van gras vraagt veel kauwarbeid van de dieren, het gebit van graseters is hierop ingesteld. Wordt een groot deel van het aandeel grasproducten in het rantsoen vervangen dan kan dit te weinig en/of onregelmatige slijtage van het gebit tot gevolg hebben. Beschadigingen in de mondholte en minder goede verwerking van het voer zijn hier weer het gevolg van.

De vezeldelen die na het kauwen in de voormagen van grazende herkauwers terecht komen zorgen voor het opwekken van de herkauwreflex. Dit is noodzakelijk om het verteringssysteem goed, en dus gezond, te laten functioneren.

Grasproducten moeten het hoofdvoedsel zijn voor dieren die van nature gras eten

Echte graseters zijn de grazende herkauwers zoals de runderachtigen (inclusief de buffels) en schapensoorten. Ook de gnoes (*Connochaetes sp.*), waterbok (*Kobus ellipsiprymnus*), oribi (*Ourebia ourebi*), oryxen (*Oryx sp.*) en vele andere antilopen behoren tot deze groep. Veel haasachtigen zijn ook graseters, evenals de capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Ook varkensachtigen kunnen vaak veel gras verwerken. Een bekend voorbeeld is het wrattenzwijn (*Phacochoerus africanus*). Nijlpaarden, de witte neushoorn en alle paardachtigen eten veel gras en zelfs bruine beren in het wild eten een deel van het jaar veel grasproducten.

Een waarschuwing is nog wel op zijn plaats. Hoewel de indeling in grazers en browsers al een verfijning is zal er waarschijnlijk ook binnen de groep graseters nog wel differentiatie zijn. Bekend is dat grazende dieren op de Afrikaanse savanne zich specialiseren op gras van een bepaalde lengte. Bij observaties van gras eten bij wrattenzwijnen bleek dat ze bij voorkeur jong gras opnemen. Met andere woorden; het is nog maar de vraag of de behoeften van alle graseters in gevangenschap worden gedekt door één kwaliteit grasproduct.

Gras is een natuurproduct wat enorm kan variëren in kwaliteit

De nutritionele (nutriëntensamenstelling) van gras wordt sterk bepaald door de grondsoort en bemesting van de grond. De tabel hieronder illustreert dit door zowel de ‘standaard’ waarde te geven als enkele uiterste waarden.

Tabel 15: Mineralengehalten per kg droge stof van gras (BLGG, Oosterbeek).

	Na g/kg	K g/kg	Mg g/kg	Ca g/kg	P g/kg	S g/kg	Se mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Co mg/kg	Mo mg/kg
‘Normaal’	3,5	3	2	5	4	2	0,1	80	50	350	9	0,2	5
Variatie	2 - 5			1-7			0,03- 0,17				Min 0,5		

De grondsoort blijkt voor een heel groot deel de variatie te verklaren maar ook de bemesting speelt een belangrijke rol. In een onderzoek naar de kwaliteit van hooi gebruikt in Nederlandse dierentuinen bleek dat vooral hooi uit natuurgebieden erg lage calciumgehalten had. In onderstaande tabel staan de analyseresultaten van in totaal 18 partijen hooi

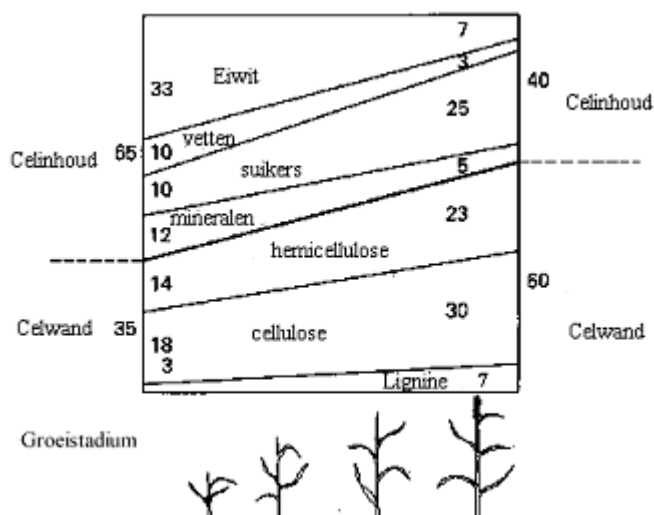
weergegeven waarbij onderscheid is gemaakt tussen de resultaten van partijen gewonnen in (niet bemeste!) natuurgebieden en overige partijen (regulier).

Tabel 16: Samenstelling 18 partijen hooi afkomstig uit Nederlandse dierentuinen vergeleken met CVB-normwaarden. Hoeveelheden uitgedrukt in gram/kg product (Pagee en Viergever, 2004).

Monster	DS	RAS	RE	RC	Ca	P
Gem Natuurgebieden	842	57	75	246	1,4	1,1
Gem Regulier	863	75	90	285	3,3	2,2
Referentiewaarde	860-950	100-110	60-120	310-350	4,8-7,2	2,0-3,0

Het valt op dat het calciumgehalte gemiddeld bij alle partijen onder de norm is terwijl fosfor vooral erg laag is bij hooi uit natuurgebieden. Vergelijkbare cijfers zijn ook in andere onderzoeken gevonden en ook andere mineralen blijken vaak in veel lagere hoeveelheden aanwezig. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt zijn de mineralen in grassen in natuurgebieden aanzienlijk lager dan die van bemest grasland.

Ook het groeistadium van het gras heeft veel invloed op de gehalten. De figuur hierna laat de groeistadia van gras zien van jong tot in volle bloei in relatie tot de gehalten.



Figuur 26: Groeistadia gras in relatie tot gehalten in de droge stof (Holmes, 1989).

De figuur laat duidelijk zien dat naarmate het gras ouder wordt het mineralengehalte daalt. Verder is goed te zien dat de het aandeel celwandbestanddelen toeneemt waarbij vooral de toename van cellulose en lignine er voor zorgt dat het gras slechter verteerbaar wordt. Ook het eiwitgehalte neemt sterk af terwijl het gehalte suikers toeneemt.

Het gegeven dat er een sterke relatie is tussen groeistadium en voederwaarde van het gras is goed te gebruiken bij het keuren van partijen hooi (of ingekuild) gras. Veel blad ten opzichte van stengel en de afwezigheid van aren is een aanwijzing voor jong materiaal terwijl naar verhouding veel stengels en aren juist een aanwijzing zijn voor uitgebloeid gras met matige voederwaarde.

Bij de beoordeling van hooi is verder de geur belangrijk (muf is niet goed) en ook de kleur. Hoewel verkleurd hooi niet slecht hoeft te zijn geldt wel dat hoe groener het hooi is hoe meer bètacaroteen (voorloper van vitamine A) en vitamine E het bevat. Stof is vaak een aanwijzing voor de aanwezigheid van schimmels. Dit stof is slecht voor de luchtwegen van zowel de dieren als de mensen die het voeren. De tabel hieronder geeft een bruikbaar schema voor het keuren van hooi.

Tabel 17: Scoreformulier kwaliteit hooi (Pagee en Viergever, 2004).

Kenmerk	Omschrijving	Range	Score
Groeistadium	1. Fijn 2. Begin bloei 3. Volle bloei 4. Uitgebloeid	26-30 21-25 16-20 11-15	
Blad-stengel ratio	1. Zeer bladerig 2. Bladerig 3. Licht stengelig 4. Stengelig	26-30 21-25 16-20 11-15	
Kleur	1. Groen 2. Blank 3. Geel/Licht bruin 4. Bruin/Zwart	13-15 10-12 7-9 0-6	
Geur	1. Vers 2. Stoffig 3. Muffig 4. Broei	13-15 10-12 7-9 0-6	
Zachtheid	1. Zeer zacht 2. Zacht 3. Licht ruw 4. Ruw	9-10 7-8 5-6 0-4	
Strafpunten	1. Afval, onkruid, vuil en ander vreemd materiaal	0-35	
Score >90 uitstekend hooi 80 – 89 goed hooi 65 – 79 redelijk hooi < 65 matig hooi			

(Bares . z.j)

In het onderzoek van Pagee en Viergever werd een duidelijke relatie gevonden tussen de hoogte van de score voor het hooi en de op het laboratorium bepaalde voederwaarden. Het is dus de moeite waard om te oefenen met het scoren van de hooikwaliteit, maar dat moet er natuurlijk niet toe leiden dat er geen laboratoriumanalyses worden gevraagd. Het is eigenlijk merkwaardig dat het niet standaard gevraagd wordt aan de leverancier van een product wat voor veel diersoorten meer dan de helft van het rantsoen inneemt (of zou moeten innemen).

Gras kan op verschillende manieren geconserveerd worden

Bij het maken van hooi wordt het gras gedroogd totdat het ongeveer 85% droge stof bevat, bij dat percentage is het langdurig houdbaar (meer dan een jaar). Tijdens de bewaarperiode nemen vooral de gehalten van bètacaroteen en vitamine E af. Te veel water in het product leidt niet alleen tot schimmelgroei maar kan in grote partijen ook broei veroorzaken. Bij dit proces stijgt de temperatuur enorm en kan er zelfs brand ontstaan. Ook als dat niet gebeurt is broei zeer nadelig voor de voederwaarde, het hooi wordt bruin en gaat stinken waardoor het niet, of heel slecht wordt opgenomen. Door het broeiproces worden de in het hooi aanwezige eiwitten onbenutbaar.

Het drogen van gras tot hooi neemt al gauw vier dagen in beslag. Dit heeft een aantal nadelen maar ook een groot voordeel. Wanneer stervend plantmateriaal blootgesteld wordt aan UV-B straling afkomstig van de zon wordt in dat proces vitamine D₂ gevormd. Deze vorm van vitamine D kunnen planteneters wel benutten.

Het grootste nadeel van hooi is misschien wel dat het in de veehouderij nauwelijks meer betekenis heeft, hier wordt meestal kuilgras gebruikt. Dit heeft tot gevolg dat de kwaliteit van

het beschikbare hooi duidelijk veel minder is dan de hoge standaard die in de veehouderij wordt aangehouden.

De houdbaarheid van ingekuild gras berust op een ander principe dan bij hooi waarbij drogen voor conservering zorgt. Bij het maken van kuilgras wordt eerst het gras samengeperst om de lucht er zo veel mogelijk tussenuit te krijgen waarna het van de lucht wordt afgesloten met bijvoorbeeld plastic. In deze zuurstofloze omgeving zorgen bacteriën ervoor dat het product verzuurd waardoor het lang houdbaar wordt.

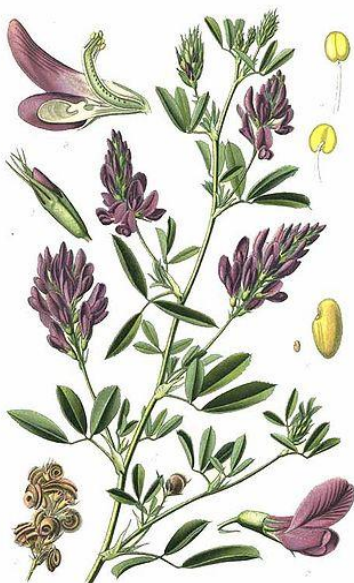
Ten opzichte van hooi heeft kuilgras het voordeel dat het minder ver gedroogd hoeft te worden, het product kan al gemaakt worden bij een watergehalte van bijna 60%. Dit heeft als voordeel dat het gemaaid gras minder lang op het land hoeft te blijven liggen, vaak is één dag voldoende, waardoor er minder voedingsstoffen verloren gaan. Goed geslaagd kuilgras wordt meestal graag gegeten en is in vergelijking met hooi vrijwel niet stoffig.

Voor kleingebruikers heeft kuilgras als nadeel dat het, wanneer blootgesteld aan lucht, snel schimmelig wordt. Kuilgras moet daarom binnen een week opgevoerd worden. Dat de bekende lange silo's of kuilbulten niet zijn weggelegd voor een dierentuin behoeft geen betoog. Ook de grote pakken die je tegenwoordig veel ziet bieden niet veel mogelijkheden. Een dergelijk pak bevat al gauw 500 kilo product.

De laatste tijd komen er ook veel kleinere in plastic verpakte balen kuilgras op de markt. Deze wegen 30 tot 40 kilo en zijn dus mogelijk ook geschikt voor dierentuinen. Deze kleine balen kuilgras kunnen gemaakt worden door een zogenaamde hogedrukkers te combineren met een mini-wikkelaar. Dit laatste apparaat wikkelt in hoog tempo een laag plastic om de geperste balen waardoor deze luchtdicht worden afgesloten.

4.2.2 Luzerne

Luzerne (*Medicago sativa*) (figuur 27) ook wel bekend onder de naam alfalfa is een meerjarige plant die in heel Europa verbouwd wordt. In Nederland is het product meestal beschikbaar als hooi. Luzerne is een vlinderbloemige, wat betekent dat de plant met behulp van bacteriën die leven in de wortelknolletjes stikstof kan omzetten tot eiwit. Dit betekent overigens niet dat het eiwitgehalte veel hoger is dan in gras (CVB-tabel geeft voor luzernehooi 18% eiwit, voor grashooi 12 -16,5% eiwit en voor graskuil 19% eiwit in de DS).



Pl. 75. Luzerne cultivée. *Medicago sativa* L.

Figuur 27: Luzerneplant met bloemen en zaden.

Luzerne is een vezelrijk product met een hoog calciumgehalte

Het vezelgehalte in luzerne is in veel gevallen hoger dan dat van gras. Dit maakt luzerne vaak net iets minder goed verteerbaar dan gras waardoor dieren er naar verhouding ook minder energie uithalen. In luzernehooi van gemiddelde kwaliteit is het eiwitgehalte in de droge stof 18%. Opvallend is het hoge percentage calcium in dit product, dit is 1,5% of meer; drie keer zo hoog als dat van gras. Luzerne bevat in principe genoeg calcium om de meeste dieren in hun behoefte te voorzien.

De stengeligheid van het product maakt het ook een geschikt product voor herkauwers eventueel zelfs als vervanger van grashooi.

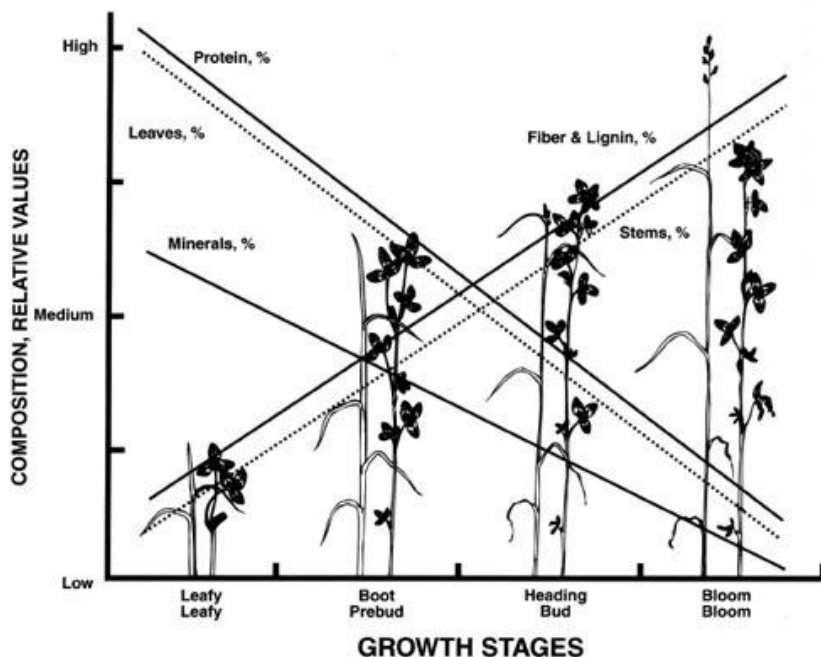
Luzerne is mogelijk een geschikt alternatief voor browsers

Luzerne is een dicotyledon waardoor de vezelstructuur van in ieder geval het blad afwijkt van dat van gras (monocotyledon). Hierdoor zijn (bladerige) luzerneproducten mogelijk een goed alternatief voor browsende herkauwers als aanvulling op veel moeilijker verkrijgbaar blad. Er zijn ook goede ervaringen opgedaan met goede kwaliteit luzerne bij browsers. De beschikbaarheid van goede kwaliteit luzernehooi is echter nog wel een knelpunt.

Veel andere herbivoren (bv paardachtigen) doen het ook goed op luzerne, het kan in veel rantsoenen gras vervangen. De voederwaarde van het product is in vergelijking met gras echter niet zo goed dat de hogere prijs gerechtvaardigd wordt.

Kwaliteitsaspecten van luzerne zijn vergelijkbaar met die van gras

Ook voor luzerne geldt dat het een natuurproduct is met een sterk wisselende kwaliteit. Voor de voederwaarde geldt ook dat het stadium waarin het gewas geoogst wordt van grote invloed is op de voederwaarde.



Figuur 28: Groeistadium van luzerne in relatie tot de voederwaarde (Virginia Tech).

Ook deze figuur laat weer zien dat naarmate het gewas ouder wordt (meer in bloei raakt) het vezelgehalte stijgt en mineralen en eiwitgehalte aanzienlijk daalt. Ook neemt het aandeel blad af ten opzichte van dat van stengel.

In de dagelijkse voedingspraktijk zien we veel matige kwaliteit luzernehooi.



Figuur 29: Baal luzernehooi.

De foto (figuur 29) hierboven laat veel groen blad zien (dat is goed) maar ook al veel stengels (minder goed). Naarmate het product langer bewaard wordt eindigen veel blaadjes los op de grond en houden we een steeds stengelrijker product over. Er is een aanzienlijk verschil in voederwaarde tussen de stengels en het blad van luzerne (tabel 18).

Tabel 18: Gehalten in de DS (bladeren, stengel en geheel) van in knop en in bloeistadium geoogste luzerne (Sheaffer et al. 2000).

Knopstadium	Eiwit (g/kg)	ADF ¹ (g/kg)	NDF (g/kg)
Blad	310	169	205
Stengel	138	485	575
Geheel	229	316	375
Bloeistadium			
Blad	278	194	238
Stengel	102	565	663
Geheel	174	414	494

¹ ADF staat voor Acid Detergent Fiber en geeft het moeilijk verteerbare gedeelte weer (cellulose, lignine). ADF is onderdeel van het totaal: NDF, Neutral Detergent Fiber.

De tabel laat ook het effect van het oogststadium op de gehalten zien maar vooral het grote verschil tussen de gehalten in stengels en in blad. Wanneer de bladeren niet blijven zitten houden we een tamelijk waardeloos product over en zeker geen oplossing voor browsers. Mogelijk is inkuilen een proces waarbij de blaadjes beter blijven zitten. Door het hogere vochtgehalte van kuil is het product minder bros dan droog luzernehooi.

4.2.3 Browse

‘Browse’ wordt gedefinieerd als bladeren en twijgen van houtige gewassen, producten van bomen en struiken dus. Op basis van de resultaten van verschillende inventarisaties weten we dat er bijna 60 verschillende soorten in Nederland worden gevoerd. Mogelijk meer omdat er niet veel mensen zijn die de verschillende soorten binnen de families kunnen herkennen.

Browse is rijker aan suikers, lignine, eiwit en calcium dan gras

Ondanks het feit dat er veel gesproken wordt over browse zijn er nog niet zoveel gegevens over de samenstelling. Dat wil zeggen: van veel soorten is de samenstelling wel bekend maar de cijfers berusten vaak op zeer weinig bepalingen. Nog steeds zijn veel gegevens over de samenstelling van browsesoorten gebaseerd op onderzoek uit de Tweede Wereldoorlog toen men in Duitsland op zoek was naar vervanging voor schaarse voedergrassen. De samenstelling van browse zal sindsdien gemiddeld niet echt gewijzigd zijn, maar het is veelzeggend dat we ons nog steeds op zulke oude data moeten beroepen.

Omdat de gehalten in het product afhangen van variërende omstandigheden zoals bodemsoort, klimaat en groeistadium is het maar de vraag of de waarde uit een boekje overeenkomt met de partij van dezelfde soort die zojuist is binnengebracht. Onderstaande tabel 19 is gebaseerd op een literatuurstudie uit 2000 en geeft de gehalten in verschillende soorten blad weer.

Tabel 19: Literatuurwaarden samenstelling blad. De hoogste en laagste waarden per eigenschap zijn gegeven. In totaal zijn 30 soorten bekeken voor dit overzicht. (Kool en Smit, 2000).

Parameter		Aantal soorten	Hoogste waarde		Laagste waarde	
			Waarde	Soort	Waarde	Soort
GE ¹	MJ/kg ds	23	20.17	<i>Pinus sylvestris</i>	14.98	<i>Vitis vinifera</i>
ME-r ²	MJ/kg ds	23	10.26	<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.38	<i>Alnus glutinosa</i>
DS	%	9	61.10	<i>Pinus sylvestris</i>	25.00	<i>Robinia pseudoacacia</i>
AS	% ds	25	11.80	<i>Sambucus nigra</i>	3.50	<i>Pinus sylvestris</i>
OS	% ds	25	95.60	<i>Pinus sylvestris</i>	88.20	<i>Sambucus nigra</i>
RE	%% ds	24	30.26	<i>Sambucus nigra</i>	4.30	<i>Vitis vinifera</i>
RV	% ds	23	10.90	<i>Betula ssp.</i>	2.60	<i>Ulmus minor</i>
RC	% ds	24	40.90	<i>Pinus sylvestris</i>	14.98	<i>Robinia pseudoacacia</i>
OK	% ds	23	59.60	<i>Corylus betulus</i>	37.65	<i>Sambucus nigra</i>
NDF	% ds	0	-	-	-	-
ADF	% ds	0	-	-	-	-
Lig	% ds	12	41.40	<i>Betula pendula</i>	9.70	<i>Ulmus minor</i>
Tan	% ds	12	3.11	<i>Fagus sylvatica</i>	0.78	<i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Aesculus hippocastanum</i>
Ca	g/kg ds	16	30.50	<i>Populus X canadensis</i>	4.85	<i>Picea ssp.</i>
P	g/kg ds	16	3.30	<i>Sambucus nigra</i>	1.05	<i>Picea ssp.</i>
Ca / P		16	1:0.31	<i>Quercus robur</i>	1:0.08	<i>Fraxinus excelsior</i> / <i>Betula pendula</i>
K	g/kg ds	15	26.10	<i>Populus X canadensis</i>	5.60	<i>Betula pendula</i>
Mg	g/kg ds	5	5.60	<i>Alnus glutinosa</i>	2.00	<i>Fagus sylvatica</i>
Na	g/kg ds	5	0.30	<i>Fraxinus excelsior</i> / <i>Tilia platyphyllos</i>	0.10	<i>Betula ssp.</i>
β-car.	mg/kg ds	4	300.00	<i>Betula pendula</i>	92.00	<i>Pinus sylvestris</i>
Vit. C	mg/kg ds	1	2035.00	<i>Pinus sylvestris</i>	2035	<i>Pinus sylvestris</i>
B / T-ratio	ds	-	-	-	-	-

¹ GE = Bruto energie, de totale verbrandingswaarde

² ME-r = Metaboliseerbare energie rund, de hoeveelheid energie uit het product die voor het dier (rund!) is te gebruiken

De tabel laat zien dat er tussen soorten browse grote verschillen bestaan. Wanneer je browse in het algemeen vergelijkt met de samenstelling van gras dan bevat browse meer suikers, meer lignine en meer eiwit. De mineralengehaltes in browse zijn vaak hoger waarbij vooral het gemiddeld hoge gehalte calcium opvalt.

Browse kan ook stoffen bevatten die de spijsvertering verstoren, het product onsmakelijk maken of zelfs giftig zijn. Deze stoffen behoren tot verschillende groepen verbindingen zoals

alkaloïden, terpenen en fenolen. Bekende voorbeelden zijn tannine (o.a. eik) en salicylzuur (in wilg). De gehalten in veel gebruikte Nederlandse browsesoorten zijn niet zo hoog dat ze schade kunnen veroorzaken, zeker niet bij de hoeveelheden die meestal verstrekt worden. Door af te wisselen in gebruik van soorten wordt de kans op schade vermindert. Wanneer je overweegt om bepaalde browsesoorten te geven is het zeer aan te raden te informeren naar ervaringen van anderen.

Een aparte waarschuwing voor het gebruik van eikels is wel op zijn plaats. Zeker groene eikels bevatten zoveel tannine dat in ieder geval herkauwers er ernstig ziek van kunnen worden. Het risico van een te hoge opname is vooral aanwezig bij jonge dieren en wanneer dieren hongerig zijn.

Waarom produceren planten gifstoffen?

Planten die, in tegenstelling tot bijvoorbeeld gras, zich niet via ondergrondse uitlopers vermenigvuldigen zijn zeer gevoelig voor vraat door dieren. Bomen en struiken behoren tot deze categorie, daarom hebben zij allerlei beschermingsmechanismen ontwikkeld die overmatige vraat tegengaan. Doornen en netelcellen vormen voor een aantal plantensoorten een eerste verdedigingslinie. Veel plantensoorten produceren stoffen die vraat minder aantrekkelijk maken omdat ze onsmakelijk zijn, de vertering verstoren of ronduit giftig zijn. Dit worden secundaire plantcomponenten genoemd of Anti Nutritionele Componenten. Vaak is het gehalte in individuele planten afhankelijk van de hoeveelheid vraat. Als reactie op vraatschade (en misschien ook snoeien??) wordt de concentratie gifstoffen in de plant, en soms zelfs die van de soortgenoten in de omgeving, verhoogd. Dit dwingt plantpredatoren (herbivoren dus) op zoek te gaan naar alternatieven. Op die manier wordt onherstelbare schade door vraat voorkomen.

Uiteraard passen dieren zich weer op dit verschijnsel aan. Dit doen ze door veel verschillende soorten planten als voedselbron te gebruiken zodat één soort gif niet zo gauw in overmaat wordt opgenomen. Of er worden stoffen in het darmstelsel afgescheiden die gifstoffen neutraliseren. Zo bevat het speeksel van veel browsende herkauwers stoffen die bepaalde gifstoffen weer neutraliseren. Opname van kleimineralen wat bij onder meer primaten en papegaaien is waargenomen wordt wel verklaard als middel om gifstoffen uit opgenomen planten te binden.

Voor de praktijk van de voeding is het goed om bewust te zijn van het gegeven dat een bladeter die in zijn natuurlijke omgeving weerstand heeft ontwikkeld tegen gifstoffen deze weerstand nog niet hoeft te hebben tegen gifstoffen in lokaal beschikbare browse. Ook lijkt het verstandig gebruikte soorten, en zo mogelijk ook de oogstplekken, af te wisselen.

Tekstvak 14: Waarom produceren planten gifstoffen?

Vermoedelijk de belangrijkste eigenschap van browse is dat het qua vezelsamenstelling en vezelstructuur veel meer lijkt op dat wat browsende en bladetende dieren in hun natuurlijke habitat opnemen. Om die reden is inpassing in rantsoenen zeer aan te bevelen. Overigens lijkt browse qua vezelsamenstelling ook veel meer op fruit zoals dat in het wild wordt gegeten dan veel van de nu in gevangenschap aan 'fruiteters' aangeboden ingrediënten.

Browse is een potentieel belangrijk voedermiddel voor van nature bladetende soorten

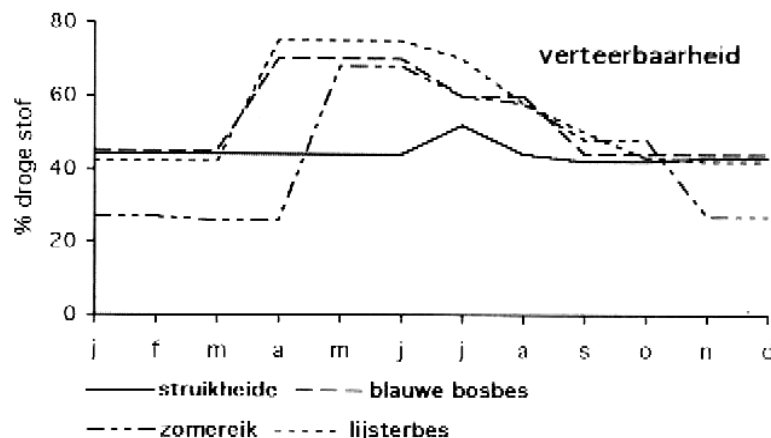
Waarschijnlijk de grootste groep dieren die in aanmerking komt voor toepassing van browse in het rantsoen zijn de browsende herkauwers. Voorbeelden zijn giraffes en de okapi maar ook veel antilopen, de ree en de eland. Van de primaten zijn in ieder geval de colobussen en langoeren aan te merken als bladeters en mogelijk ook de gorilla's, hoewel die ook veel kruiden eten. Ook de zwarte neushoorn en bijvoorbeeld de grote panda zijn bladeters. Voor de

grote panda geldt, net zoals voor de koala, dat het blad dan juist wel van heel specifieke soorten afkomstig kan (en moet!!) zijn.

Alle dieren die gras eten zou men ook blad kunnen geven, mogelijk zijn ze iets minder goed bestand tegen de secundaire plantcomponenten. De vraag is echter of je de meestal schaarse browse niet het best in kunt zetten voor de dieren die het van nature in hun dieet hebben.

Verkrijgbaarheid, opslagcapaciteit en goede bewaarmethoden zijn knelpunten bij het gebruik van browse

De meeste bomen en struiken in ons klimaat verliezen in het najaar hun blad. Daarbij komt dat met het verloop van het groeiseizoen ook de verteerbaarheid van het blad afneemt door onder meer een toename van het ligninegehalte. De volgende afbeelding illustreert dit voor de situatie in Nederland.



Figuur 30: Veteerbaarheid van enkele door het edelhert gegeten soorten gewassen gedurende het jaar. (van Wieren, 1997).

Daar komt nog bij dat het vrijwel nooit is toegestaan te snoeien gedurende het broedseizoen van de vogels. De periode om browse te winnen is dus beperkt en dit maakt conservering en bewaringscapaciteit noodzakelijk.

Drogen van takken met bladeren gebeurt hier en daar wel, maar een geschikte droog- en bewaarplaats van voldoende omvang is er vaak niet. Daarbij komt dat er veel bladverlies optreedt, de gehalten aan vitaminen lager worden en het droge product vaak minder goed wordt opgenomen.

Invriezen gebeurt vrij veel en lijkt op zich ook te leiden tot een acceptabel product. Wanneer grote hoeveelheden nodig zijn is de beschikbare capaciteit vaak te klein.

Op de langere termijn lijkt inkuilen het meeste perspectief te bieden. Hierbij wordt het materiaal samengeperst zodat zo veel mogelijk lucht verdwijnt. Vervolgens wordt het luchtdicht afgesloten (in een ton, in plastic gewikkeld). Wanneer er geen zuurstof (meer) aanwezig is worden suikers in het product afgebroken tot vluchtige vetzuren waardoor het product zuur wordt (pH = 4). Dit zorgt voor langdurige houdbaarheid (vergelijk het met zuurkool maken).

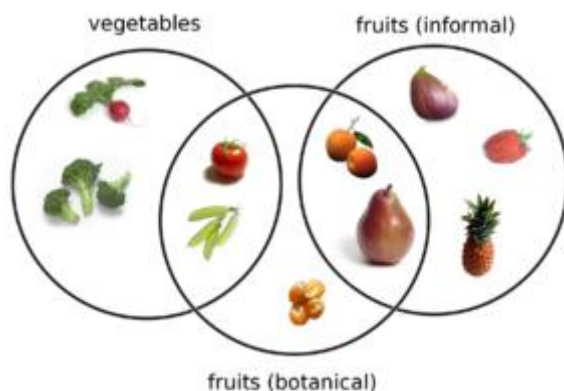
Hoewel er in verschillende dierentuinen (Rotterdam, Zurich) veelbelovende experimenten zijn gedaan en de opname van het ingekuilde product goed is wordt deze methode nog niet breed toegepast. Dit heeft onder meer te maken met de bewerkelijkheid van het inkuilproces en de gebrekkige ervaring met juist dit type product. Aanvullend onderzoek, inclusief praktijktesten, lijkt noodzakelijk om deze methode breder ingevoerd te krijgen.

4.3 Fruit en groente

Groente en fruit vormen een belangrijk onderdeel van rantsoenen voor dierentuindieren. De producten hebben ook een goede reputatie als het gaat om voederwaarde en bijdrage aan de gezondheid van het dier. Door de goede reputatie die deze producten hebben is men vaak moeilijk te bewegen juist deze producten uit het dieet weg te laten. Een volledig kloppend onderscheid tussen beide typen producten is moeilijk te maken, maar gemiddeld genomen verschillen groente en fruit wel dusdanig dat een aparte behandeling van beide groepen gewenst is.

4.3.1 Fruit

De term fruit heeft biologisch (botanisch) een andere betekenis dan meestal voedingskundig (of culinair) er aan wordt gegeven. Biologisch gezien is fruit het deel van de plant wat de zaden bevat. Volgens deze indeling zijn peultjes, sperziebonen, pompoenen, tomaten, ongepelde noten, etc. gewoon fruit. Bij voeding verstaan we onder fruit plantaardige producten die zoet en vlezig zijn en rauw eetbaar. Meestal is dit ook biologisch gezien fruit maar niet altijd. De figuur hieronder maakt het onderscheid duidelijk.



Figuur 31: Onderscheid tussen botanisch fruit en culinair fruit (<http://en.wikipedia.org/wiki/Fruit>).

In het wild is fruit voor veel diersoorten een belangrijk bestanddeel van het dieet

Wanneer je de voedselopname van dieren in de natuur bestudeert kom je veel dieren tegen waarvoor fruit een hoofdbestanddeel van het dieet is. Dit worden frugivore dieren of frugivoren genoemd. Bij de vogels zijn 17 families vrijwel volledig frugivoor en in 21 families is fruit een hoofdbestanddeel van het dieet. Daarnaast zijn er soorten vogels die alleen in delen van het jaar veel fruit eten. Bij zoogdieren zijn een aantal vleermuissoorten fruiteters. Van de primaten eet 91% van de soorten in meer of mindere mate fruit. Verder eten een aantal berensoorten (vooral de tropische soorten zoals bv. *Helarctos malaynus* (Maleise beer of honingbeer)) en nog vele andere zoogdiersoorten fruit. Ook reptielen eten wel fruit, meestal niet als hoofdvoedsel. Er zijn bijvoorbeeld ongeveer 200 hagedissensoorten bekend die fruit eten. Tenslotte komt het eten van fruit ook voor bij vissen; Pacu's (zoals *Colossoma macropomum*) staan hier bekend om.

De meest gegeten fruitsoort in het wild is afkomstig van de vijgfamily (*Ficus spp.*). Er zijn 260 soorten van deze familie bekend waarvan het fruit gegeten wordt door in totaal 1274 vogel en zoogdiersoorten. Het grote belang van vijgensoorten in de voeding van

fruiteters wordt vooral verklaard door de beschikbaarheid. Vijensoorten zijn wijd verspreid in de tropen en subtropen en fruit hiervan is een groot deel van het jaar beschikbaar.

Fruit in het wild is niet gelijk aan fruit beschikbaar voor voeding in gevangenschap

Het eten van fruit in de natuurlijke leefomgeving van het dier wordt vaak verkeerd vertaald naar voeding in gevangenschap. Wanneer dieren worden geclassificeerd als fruiteters dan wil dat zeggen dat ze het deel van de plant wat de zaden bevat opeten. En dit lijkt lang niet altijd op het zoete waterige gedomesticeerde fruit zoals we dit in de humane voeding met name kennen.

Verder vullen vrijwel alle fruiteters het fruit aan met insecten en/of bladeren. Dit omdat fruit meestal te eiwitarm is om in de behoeften van het dier te voorzien. Onderstaande tabel 20 laat zien dat er grote verschillen zijn tussen fruitsoorten zoals gevoerd in gevangenschap en wilde fruitsoorten.

Tabel 20: Samenstelling van enkele fruitsoorten en wilde vijgen (% in de DS).

	Sinas- Appel ¹	Banaan (rijp)	Appel	Vijg	Wilde vijg ²
Ruw eiwit	6,0	5,7	3	4,2	5,6
Vet	3,8	5,3	5,8	2,5	11,5
NDF	11	12,3	10,2	10	28,3
ADF	7,1	2,8	6,0	8	21,8
Suikers	49	45	43	57	22,8

¹ Voor gedomesticeerd fruit zijn de cijfers van Schmidt et al. (2005) gebruikt.

² Studie naar de samenstelling van 14 vijgensoorten die door vleermuizen gegeten worden in Panama (Wendeln and Runkle, 2000).

De tabel laat zien dat wilde vruchten aanzienlijk meer totaal vezel (NDF) en moeilijk verteerbare vezels (ADF) bevatten dan gekweekte fruitsoorten. Het gehalte aan suikers is in gekweekt fruit twee keer zo hoog. Dit is het effect van selectie op de smaakvoorkeur van de mens. Gekweekt fruit is ook voor dieren in gevangenschap vaak erg aantrekkelijk. Volop aanbod van dit soort producten kan zowel leiden tot overmatige voeropname als tot verdringing van andere bestanddelen in het dieet. Overgewicht en een tekort aan nutriënten kunnen hiervan logischerwijs het gevolg zijn. Ook wordt de aanwezigheid van suiker in de urine (een verschijnsel van suikerziekte) wel toegeschreven aan het voeren van grote hoeveelheden fruit ineens.

Fruit is niet zo'n belangrijke vitaminebron als vaak gedacht wordt

Als reden voor het opnemen in een dieet wordt ook vaak de bijdrage aan de vitaminevoorziening genoemd, die bijdrage valt in veel gevallen echter tegen. Citrusvruchten, kiwi's en aardbeien zijn producten met een hoog vitamine C gehalte maar in veel andere gevallen valt het gehalte vaak tegen. Appels bijvoorbeeld bevatten nauwelijks vitamine C. Tabel 21 laat een vergelijking zien tussen het vitamine C gehalten in wild fruit, gekweekte groenten en gekweekt fruit.

Tabel 21: Vergelijking vitamine C gehalte in wilde (Panamense) en gekweekte voedermiddelen (Milton, 1999)

COMPARISON OF THE ASCORBIC ACID (MG/G DRY WEIGHT) CONTENT OF WILD AND CULTIVATED FOODS				
	No. species	No. specimens	Ascorbic acid	
			Mean	SD
Panamanian wild foods				
Fruits	10	14	2.7	3.2
Fruits*	10	13	2.0	1.8
Leaves	16	40	2.8	3.5
Leaves†	16	39	2.2	1.1
Flowers	3	4	1.7	5.2
Cultivated Foods, US				
Fruits	20	—	1.6	1.7
Vegetables	18	—	5.4	4.4
Vegetables‡	17	—	4.7	3.2
Root cultivars	3	—	0.8	0.1

* With unripe fruits of *Ficus yoponensis* excluded.

† With very young leaves of *F. yoponensis* excluded.

‡ With sweet pepper excluded.

De tabel laat zien dat fruit het in vitamine C gehalte gemiddeld vaak nog aflegt tegen groenten. Verder is te zien dat gehalten enorm kunnen variëren.

Fruit is vooral geschikt als beloning of ‘lokkertje’ voor de dieren

Veel dieren vinden fruit een zeer smakelijk product vanwege het hoge suikergehalte en de daaruit voortkomende zoete smaak. De nadelen zijn al uiteengezet, het voordeel van deze eigenschap is dat fruit prima te gebruiken is als beloning of als product om onsmakelijke medicijnen in te verbergen.

Een eetbare fruitsoort komt niet altijd van een eetbare plant

Omdat fruit zo graag gegeten wordt zou men kunnen denken dat de rest van de plant waarvan het fruit afkomstig is ook goed eetbaar zal zijn. Op een website van de Amerikaanse dierenbescherming (<http://www.asPCA.org/pet-care/poison-control/plants>) staan tal van fruitbomen weergegeven waarvan bladeren en andere bestanddelen in ieder geval giftig zijn voor honden, katten en paarden. In de lijst treffen we onder meer appel, peer, kers, pruim, abrikoos en citrusplanten aan. Hoewel herkauwers soms wat beter bestand zijn tegen gifstoffen uit planten lijkt het beter deze planten buiten het rantsoen te houden.

Ook sommige voor ons eetbare vruchten blijken schadelijk te zijn voor andere dieren. Een van de bekendste voorbeelden is de avocado, voor vogels als parkieten is deze vrucht dodelijk. Hoewel er voldoende voorbeelden zijn van vogels in de vrije natuur die (rijpe) avocado's eten is het in ieder geval verstandig om papegaai-achtigen dit fruit niet te geven. In de literatuur is ook nog een geval beschreven waarbij een struisvogel vergiftigd raakte door het eten van onrijpe avocado's, het dier had echter ook van het blad gegeten. De vruchten zijn ook giftig voor paarden, honden en katten.

Opmerkelijk is ook dat druiven (ook rozijnen en krenten) giftig kunnen zijn voor honden. Bij andere dieren is dit niet bekend maar ook hier geldt weer dat verwante diersoorten mogelijk ook gevoelig zijn. Andere vergiftigingen zijn niet bekend maar grote hoeveelheden fruit hebben al genoeg andere nadelen in het rantsoen.

4.3.2 Groente

Zeer van elkaar verschillende producten zoals andijvie, tomaten en wortelen worden allemaal met de term ‘groente’ aangeduid. Hoewel de verschillen tussen groentesoorten groot zijn lijken ze toch beter aan te sluiten op de behoeften van herbivoren, vooral fruiteters, dan gekweekt fruit doet. In onderstaande tabel worden de gemiddelde gehalten in fruit en groente vergeleken met de gehalten in wild tropisch fruit.

Tabel 22: Gemiddelde gehalten (% , energie in MJ/kg) in de droge stof van wild fruit, gekweekt fruit en groenten (Schwitzer et al., 2009).

	Wild fruit	Fruit	Groenten
Energie (MJ)	8,8	15	14,1
Eiwit	7,7	5,7	16,5
Ruwe celstof	26,6	12,8	19,6
NDF	47,2	12,4	17,4
ADF	42,7	8,5	11,3
Suikers	17,4	48,6	29,7
Ca	1,26	0,15	0,28
P	0,41	0,14	0,71
Vitamine C	0,07	0,23	0,56

Groente komt qua samenstelling iets meer overeen met natuurlijk fruit, maar meer dan ‘iets’ is het niet. Gehalten van individuele groenten kunnen zoals gezegd onderling ook behoorlijk verschillen. Onderstaande tabel illustreert dit.

Tabel 23: Gehalten in de droge stof (%) van vier veel gebruikte groenten

	Andijvie	Wortel	Sperzieboon	Broccoli
Eiwit	30	5,9	26,3	31,2
NDF	17,7	9,7	21,8	16,6
ADF	14,3	8,9	18,3	14,6
Suikers	4	39,1	19	13,3
Ca	0,95	0,28	0,37	0,44
P	0,58	0,29	0,39	0,62
Vitamine C	0,2	0,05	0,17	0,83

In de tabel valt op dat wortel qua suikersamenstelling erg op fruit lijkt, dat de Ca/P verhouding behoorlijk kan variëren en dat ook het vitamine C gehalte sterk wisselt.

Sommige soorten groenten bevatten stoffen die bij veel gebruik schadelijk kunnen zijn

Hoewel groenten worden geroemd om hun bijdrage aan de algehele gezondheid van mens en dier zijn er toch (groepen) groenten die problemen kunnen opleveren.

Uienfamilie (*Allium* sp.)

Knoflook, bieslook, prei en natuurlijk ui zelf horen allen(toch?) bij de uienfamilie. Aan knoflook worden allerlei gezondheidsbevorderende effecten toegeschreven zoals

bloedzuivering (hoef je daar de lever niet meer voor te gebruiken). Ook wordt wel beweerd dat het vliegen en externe parasieten op een afstand houdt. Hierop inspeland zijn er veel geconcentreerde preparaten in de handel.

Voor de gunstige werking van knoflook is bij dieren geen enkel bewijs. De werkelijkheid is dat knoflook in het voer kan bijdragen aan beschadiging van de rode bloedcellen (hierbij ontstaan zgn. Heinz lichaampjes) waardoor bloedarmoede kan ontstaan. Langdurige blootstelling aan en/of hoge dosering van alle leden van de uienfamilie in rantsoenen kan leiden tot deze aandoening. Runderen en honden zijn gevoelig.

Koolfamilie (*Brassica* sp.)

Ook de koolfamilie is zeer uitgebreid. Spruiten, sluitkool, mosterd, broccoli en nog vele andere soorten behoren hiertoe. Rauwe koolsoorten bevatten zogenaamde goitrogene stoffen. Deze stoffen gaan, wanneer er veel koolsoorten worden opgenomen, de werking van het schildklierhormoon tegen door de opname van Jodium te blokkeren. Hierdoor zwelt de schildklier, een verschijnsel wat we kennen als struma (in het Engels: goitre). Een jodiumgebrek geeft precies dezelfde verschijnselen.



Figuur 32: Lam met struma (het moederdier had grote hoeveelheden kool opgenomen).

Grote hoeveelheden kool in het rantsoen kunnen bij sommige diersoorten een vorm van bloedarmoede veroorzaken die sterk lijkt op de vorm die volgt uit overmatige opname van soorten uit de uienfamilie. Veel grote problemen zijn er niet beschreven bij de opname van rauwe kool maar enige terughoudendheid bij de opname in het rantsoen lijkt wenselijk.

Doe er maar een beetje jodium op

Van sommige elementen heeft een dier maar weinig nodig, wat niet betekent dat deze stoffen minder van belang zijn. Eén van de stoffen uit deze categorie is jodium, een stof die erg belangrijk is voor de werking van de schildklier. Tekorten kunnen uiteindelijk leiden tot ernstige afwijkingen, zowel hormonaal als aan de schildklier zelf (dit laatste is bekend als struma).

Naast het voeren van diëten die arm zijn aan jodium kan ook het voeren van koolsoorten (*Brassica* sp.) een negatief effect hebben. Goitrogene stoffen uit de kool beletten de opname van jodium, met een secundaire deficiëntie tot gevolg.

Bij Bongo antilopen (*Tragelaphus eurycerus*) die als onderdeel van een gevarieerd dieet dagelijks ongeveer vijf kilogram kool gevoerd kregen werden struma-achtige verschijnselen aangetroffen. Een interessant detail van de bewuste groep is dat alle dieren die symptomen vertoonden genetisch verwant waren. Dit gegeven doet vermoeden dat ook genetische aanleg invloed heeft op deze problematiek.

Schiller, C.A et al., 1995. Clinical and Morphologic Findings of Familial Goiter in Bongo Antelope (*Tragelaphus eurycerus*) Veterinary Pathology 32: 242-249

Tekstvak 15: Effecten van te weinig jodium.

Peulvruchten

Peulvruchten kunnen een risico zijn in de voeding wanneer ze niet verhit (gekookt) zijn. In veel peulvruchten zitten stoffen die de vertering verstoren of zelfs schadelijke effecten kunnen hebben op de gezondheid van het dier. Die stoffen worden door de plant geproduceerd om het zaad (want dat zijn peulvruchten) te beschermen tegen vraat.

In brokken, of andere commerciële producten, treffen we vaak sojabonen of producten daarvan aan. Sojabonen zijn rijk aan voor het dier schadelijke stoffen. Voordat sojabonen worden gebruikt als bestanddeel van diervoeders worden de schadelijke bestanddelen echter door verhitting onwerkzaam gemaakt. Bij bepaalde productiemethoden gebruikt voor het maken van brokken (extrusie) wordt zoveel warmte toegepast dat schadelijke bestanddelen uit gebruikte peulvruchten onwerkzaam worden gemaakt.

Een ander probleem van peulvruchten is het zetmeel in de bonen. Dit zetmeel is minder goed verteerbaar, hierdoor komt het onverteerd in de dikke darm terecht waar het een voedingsbodem is voor aldaar levende bacteriën. Bij de afbraak door bacteriën worden veel darmgassen geproduceerd met winderigheid als gevolg.

Oxaalzuurrijke groenten

Groenten zoals spinazie, postelijn en rabarber bevatten oxaalzuur. Deze stof bindt calcium en sporenelementen waardoor vertering niet meer mogelijk is. Om hierdoor tekorten te krijgen moeten al zeer grote hoeveelheden van deze groenten gevoerd worden. Het probleem is daarom voor de praktische dierentuinvvoeding van weinig betekenis.

Solanine in aardappelen

De aardappel behoort tot de nachtschadefamilie (*Solanaceae*) net zoals de tomaat en de aubergine. De groene delen, bessen en wortels van planten uit deze familie bevatten de gifstof solanine. Deze stof leidt al in vrij lage hoeveelheden tot ernstige problemen zoals diarree en braken, darmkrampen, verlamingsverschijnselen en nog meer narigheid.

Wanneer aardappelknollen worden blootgesteld aan licht worden ze groen. De groene kleur is van het ongevaarlijke chlorofyl, tegelijkertijd echter gaan deze aardappelen de gifstof solanine produceren. De concentratie van solanine kan oplopen tot 1 mg /gram aardappel, genoeg om al van één aardappel goed last te krijgen. De aanwezigheid van solanine geeft ook een bittere smaak aan de aardappelen waardoor dieren het vaak zullen weigeren. Natuurlijk is het beter om het blootstellen aan licht te voorkomen en groene aardappelen af te voeren. Andere delen van de aardappelplant of planten uit dezelfde familie moeten al helemaal niet gevoerd worden.



Figuur 33: Beter niet voeren, kan giftig zijn.

4.4 Dierlijke producten

Tot de dierlijke producten worden gerekend; vlees, hele prooi, karkassen, insecten en andere ongewervelde, vis en schaaldieren. In paragraaf 4.4. wordt alleen aandacht besteed aan vlees, karkassen, melk en eieren. Andere dierlijke producten komen elders aan bod.

De eiwitkwaliteit van dierlijke producten is vaak hoog, dat wil zeggen een goede verteerbaarheid en biologische waarde

De belangrijkste functie van eiwit in het voer is het voorzien in de aminozurenbehoefte van het dier. In het maag-darmstelsel worden voereiwitten afgebroken tot aminozuren. Deze aminozuren worden in het lichaam vervolgens weer opgebouwd tot veel verschillende lichaamseiwitten. Om deze functie goed te kunnen vervullen is het in de eerste plaats belangrijk dat het eiwit goed verteerbaar is. Niet alle dierlijke eiwitten zijn even goed verteerbaar. Collageen, wat we onder meer in bot en pezen vinden, is bijvoorbeeld slecht verteerbaar. Dat geldt nog sterker voor het eiwit keratine, het hoofdbestanddeel van haar, veren en nagels.

Een tweede belangrijk aspect is de biologische waarde van het eiwit. De biologische waarde van een voereiwit wordt bepaald door de aminozurensamenstelling. Hoe meer de samenstelling van voereiwit lijkt op dat van het lichaamseiwit hoe hoger de biologische waarde. De eiwitten in eieren en melk hebben de hoogste biologische waarde. Niet onlogisch als je bedenkt dat uit een ei uiteindelijk een compleet dier komt en dat melk de groei van jonge dieren mogelijk maakt. De gemiddelde biologische waarde van eiwitten uit complete dierlijke producten is hoger dan die van onderdelen zoals vlees of specifieke organen.

Vlees en organen zijn arm aan veel nutriënten

De letterlijke vertaling van het begrip ‘carnivoor’ is vleeseter. Voor ons betekent vlees over het algemeen spier- of orgaanvlees. Dit zijn nu juist behoorlijk eenzijdige producten. Weliswaar is het eiwitgehalte hoog en heeft het eiwit een hoge biologische waarde maar bijvoorbeeld de mineralenvoorziening van vlees is zeer onder de maat. Het calciumgehalte is zelfs extreem laag en ook bijvoorbeeld het gehalte aan ijzer is lang niet zo hoog als wel eens geloofd wordt. In de tabel hieronder worden de gehalten van een aantal dierlijke producten vergeleken met de norm voor groeiende honden. Groei stelt hoge eisen aan de samenstelling van de voeding. Wanneer dus voldaan wordt aan deze norm mag je ook aannemen dat de producten voldoen aan de eisen van andere carnivoren.

Tabel 24: Samenstelling (eenheden per MJ energie) van rundvlees, lever, pens en kalfsbot vergeleken met de norm voor groeiende honden. (**Vet** geeft gehalten onder de norm, *cursief* gevaarlijke overmaat.)

Gehalten per MJ energie	Norm ²	Mager (4% vet) ³ rundvlees	Vet (24%) rundvlees	Lever rund	Pens (vuil)	Kalfsbot (vlezig)
Eiwit (g)	17	38,2	13,7	37,7	34,5	26,4
Calcium (g)	0,6	0,007	0,009	0,013	0,2	15,9
Fosfor (g)	0,5	0,35	0,12	0,68	0,2	7,1
Ca:P	1,5:1	1:50	1:13	1:52	1:1	2,2:1
Natrium (g)	0,12	0,10	0,08	0,15	0,09	0,17
Koper (mg)	0,6	0,13	0,03	5,7	0,17	0,8
Jodium (mg)	0,06	0,005	0,003	0,01	Onb.	Onb.
Mangaan (mg)	0,6	0,04	0,02	0,38	0,05	0,26
IJzer (mg)	6	3,45	1,7	42	16,6	11,5
Vit A (IE)	538 ¹	122	40,3	96.000	Onb.	Onb.
Vit E (IE)	1,8	0,9	0,5	0,8	Onb.	Onb.

¹ Maximaal 23.900 IE/MJ

² Fediaf norm voor groeiende honden

³ Gehalten in producten gebaseerd op Meyer en Zentek

De tabel hiervoor laat een aantal opmerkelijke eigenschappen van verschillende dierlijke producten zien. Bij vlees zijn behalve eiwit eigenlijk alle gehalten te laag. Dieren die op een rantsoen van uitsluitend vlees gehouden worden ontwikkelen dan ook allerlei mogelijke gebrekverschijnselen met als belangrijkste diverse botaandoeningen door het tekort aan calcium en de verkeerde Ca/P verhouding. Dat het ijzergehalte van vlees laag is lijkt niet zo voor de hand te liggen. Doordat bij het slachten de dieren leegbloeden daalt het ijzergehalte in de weefsels aanzienlijk. Het vlees van wild is veel ijzerrijker omdat deze geschoten dieren niet of veel minder verbloeden.

De gehalten van vet vlees zijn nog ongunstiger. Dit komt omdat vet weinig anders bevat dan vet alleen. Een hoog percentage vet ‘verdunt’ dus eigenlijk alle andere bestanddelen. Dit is goed te zien in de kolom ‘vet vlees’ waarin zelfs het eiwitgehalte lager is dan de norm. Daar komt nog bij dat vet vlees bijna twee keer zoveel energie bevat als de magere variant. Dieren hoeven dus maar de halve hoeveelheid (ten opzichte van de magere variant) te eten om te voorzien in hun energiebehoefte. Dat maakt dat de dieren nog minder nutriënten binnen krijgen.

De mineralengehalten in lever zijn gunstiger hoewel het calciumgehalte ook hier heel laag is. Een risico van lever is het extreem hoge gehalte vitamine A. Langdurig voeren van lever kan uiteindelijk leiden tot vitamine A vergiftiging. Dit kan vervolgens onder meer leiden tot botmisvormingen.

De tabel laat zien dat vers kalfsbot met aanhangend vlees aardig in de richting van een volwaardig voedermiddel voor carnivoren komt.

Hoe vollediger het voederdier hoe beter de voederwaarde voor carnivoren

Carnivore dieren eten meestal vrijwel alle onderdelen van hun prooi. Bij een populatie wolven in Yellowstone park in de VS is uitgebreid waargenomen hoe deze dieren hun prooi opnemen. In de meeste gevallen worden via de geopende buikholte eerst de organen opgegeten. Vervolgens komen de grote spieren in de achterhand aan de beurt gevolgd door de kleinere

spieren verbonden aan huid en skelet. De laatst gegeten delen zijn de huid en de hersenen. Uiteindelijk blijft alleen een deel van het skelet, de haren en de (voor)maaginhoud over. Een andere onderzoeker observeerde dat wolven ook het bloed van hun prooidier oplikken.

Uit het gegeven dat wolven vaak hun prooidier via de buik openen wordt wel eens geconcludeerd dat ze dat doen om de darminhoud te bemachtigen met daarin voorverteerde plantenresten. Dit is een erg onwaarschijnlijke verklaring. Als een groep wolven een prooi verwerft zal hun gedrag er op gericht zijn om zoveel mogelijk energie binnen te krijgen, er is namelijk altijd een kans is dat de prooi door concurrenten wordt overgenomen. In dat licht is het uiterst onlogisch dat de dieren voor de energiearme halfverteerde plantenresten zouden gaan. Bovendien betekent gedeeltelijk verteerd dat een deel van het materiaal uit de planten al is opgenomen. Het deel wat nog over is zal voor de wolf nog moeilijker verteerbaar zijn. De meest waarschijnlijke verklaring voor opening via de buikholte is dat dit een relatief gemakkelijk aangrijpingspunt voor het wolvengebit is. Een mogelijke andere verklaring is de aanwezigheid van vet in de buikholte van het prooidier. Hoe dan ook; vrijwel alles van de prooi wordt gegeten.

Zo volledig mogelijke prooidieren lijken daarom voedingskundig het beste aanbod voor carnivoren. De volgende tabel illustreert dit. Hierin zijn de gehalten van een groter prooidier weergegeven en verder gehalten van prooidieren die vooral aan vogels en reptielen worden gevoerd.

Tabel 25: Samenstelling (eenheden per MJ energie) van jong hert, kip, rat en 1-dagskuiken vergeleken met de norm voor groeiende honden. (**Vet** geeft gehalten onder de norm.)

Gehalten per MJ energie	Norm ¹	Jong Hert ²	Kip	Rat	1 dags kuiken
Eiwit (g)	17	28,5	20	27,3	34,1
Calcium (g)	0,6	2,41	1,1	1,16	0,66
Fosfor (g)	0,5	1,25	0,67	0,65	0,5
Ca:P	1,5:1	1,9:1	1,6:1	1,8:1	1,3:1
Natrium (g)	0,12	0,1	Onb.	Onb.	0,41
Koper (mg)	0,6	0,25	0,17	0,28	0,22
Jodium (mg)	0,06	Onb.	Onb.	Onb.	Onb.
Mangaan (mg)	0,6	Onb.	0,48	0,48	0,09
IJzer (mg)	6	4	5,8	6,55	10
Vit A (IE)	538 ¹	Onb.	1695	6700	Onb.
Vit E (IE)	1,8	Onb.	2,4	6,1	Onb.

¹ Fediaf norm voor groeiende honden

² Cijfers prooidieren: Dierenfeld et al., 2002

Er zijn heel weinig cijfers over de samenstelling van grote voederdieren. Van voederdieren die aan vogels en reptielen worden verstrekt zoals muizen en kuikens zijn wat meer cijfers bekend. Toch is het totaal aantal bepalingen die gedaan zijn aan deze dieren ook hier gering. Er is dus nog veel onzekerheid over de betrouwbaarheid van de beschikbare cijfers.

Het vetgehalte van prooidieren en delen daarvan kan ook nog een probleem zijn. Gedomesticeerde dieren zijn altijd vetter dan hun wilde verwanten en de delen van vooral grotere dieren die worden gevoerd zijn regelmatig nog eens extra vet. Naarmate vlees vetter is, is het ook goedkoper en daarom aantrekkelijk voor de inkoop.

Zorgvuldige omgang met dierlijke producten en de overblijfselen daarvan is belangrijk

Zoals alle dierlijke producten kunnen vlees en voederdieren besmet zijn met ook voor de mens schadelijke bacteriën. Hygiëne bij de bereiding en vooral ook persoonlijke hygiëne, zoals handen wassen, zijn erg belangrijk.

Resten van dierlijke prooi vormen zogenaamd artikel 3 materiaal. Dit materiaal moet volgens wettelijk vastgelegde procedures afgevoerd worden. Volg daarom de in de tuin gehanteerde voorschriften zorgvuldig op.

Melk en eieren zijn hoogwaardige voedermiddelen maar daarmee nog niet geschikt voor alle diersoorten

Melk wordt door veel dieren graag opgenomen. Dit is voor een deel verklaarbaar door de wat zoetige smaak van het product veroorzaakt door melksuiker of lactose. Lactose is een disaccharide wat eerst gesplitst moet worden door het spijsverteringsenzym lactase voordat het opgenomen kan worden in het lichaam. Dit enzym is bij jonge dieren ruim voldoende aanwezig maar naarmate dieren ouder worden neemt de productie af. Op zich logisch omdat onder natuurlijke omstandigheden door oudere dieren na het spenen geen melk meer wordt opgenomen.

Wanneer oudere dieren melk krijgen aangeboden kunnen ze prima gebruik maken van het eiwit, de lactose is echter een probleem. Wanneer deze niet afgebroken wordt door het enzym lactase komt het ongewijzigd in de dikke darm. De daar aanwezige bacteriën breken het wel snel af waarbij door de grote productie van vluchtige vetzuren de darminhoud snel verzuurt. Daarbij zorgt de hoge concentratie van suikers in de dikke darm voor onttrekking van water aan de darmwand. De combinatie van beide processen leidt vaak tot voedingsdiarree. Bij zure melkproducten is het lactose gehalte vaak lager omdat daar de lactose is omgezet in melkzuur. Koemelk wijkt qua samenstelling belangrijk af van de melk van veel andere zoogdieren. In de meeste gevallen is het dan ook volstrekt ongeschikt als vervangende melkbron voor andere zoogdieren.

Kippeneieren zijn rijk aan zeer hoogwaardig eiwit en bevatten daarnaast nog essentiële vetzuren. Het calciumgehalte is laag tenzij ze met schaal en al gevoerd worden. Een schaal van een gemiddeld kippenei levert ongeveer 2 gram calcium, wat neerkomt op ruwweg 4% van het gehele product. Rauw ei bevat de stof avidine. Deze gaat de werking van biotine tegen. Een ander aspect waar men rekening mee moet houden is de buitenkant van eieren, deze kan besmet zijn met salmonella of andere schadelijke bacteriën. Hoewel het aantal besmettingen is afgenomen geldt ook hier dat zorgvuldige omgang met het product wenselijk is.

4.5 Vis en verwante producten

Ook voor vis geldt dat hoe completer het product is hoe hoger de voederwaarde

Vis, inktvis, kreeftachtigen en schaaldieren zijn producten die qua voedingswaarde erg lijken op andere dierlijke producten. Ook voor deze categorie geldt dat de biologische waarde van het eiwit erg hoog is. Hoe completer het product hoe hoger de voederwaarde, ook van vissen is het spier en orgaanweefsel arm aan alles behalve eiwit.

Een belangrijk verschil is de samenstelling van de vetzuren. Deze zijn in vis in tegenstelling tot landdieren voornamelijk onverzadigd en behoren voor een groot deel tot de groep van de omega-3 vetzuren. Hoewel vis en vlees voor wat betreft de chemische samenstelling op het eerste gezicht grote overeenkomsten vertonen lijkt het vanwege het verschil in vetzuursamenstelling niet verstandig een viseter vlees aan te bieden.

De variatie in de gehalten is ook bij vis zeer groot. Onderstaande tabel geeft een paar voorbeelden.

Tabel 26: Gehalten in hele vis en verwante producten.

Vissoort	D.S. %	GE	Re	Rv	Ca	P	Vit A	Vit D ₃
		MJ/kg d.s.	g/kg d.s.	g/kg d.s.	g/kg d.s.	g/kg d.s.	IE/kg d.s.	IE/kg d.s.
Garnalen ^{a,c}	21,1	19,8	760	35	25	15	286	952
Haring ^a	24,6	24,8	550	250	30	17	21.284	7.593
Inktvis ^{a, b}	17,1	22,8	700	100	1,5	12	2.941	0
Magere vis ^b	21	20,4					1.587	761,9
Makreel ^a	34,1	25,4	500	450	10	10	59.108	16.800
Matig vette vis ^b	24	24,7					5.556	2.833
Mosselen, gekookt ^b	15	30,3					27.333	0
Sprot ^a	20,4	20,7	600	150	15	10	14.706	2.510

^aBernard en Allen, 1997; ^bBeemster et al., 2001

De verschillen in gehalten vallen natuurlijk op. Hierbij moet aangetekend worden dat deze waarden gebaseerd zijn op bijzonder weinig bepalingen. Wereldwijd zijn er maar enkele tientallen bepalingen aan de samenstelling van hele vis gedaan. Dit staat statistisch gezien ongeveer gelijk aan nul. Binnen dit geringe aantal bepalingen valt ook nog eens de enorme variatie in gehalten op. De figuur hieronder illustreert dit.

	Haring	Ansjovis
Vetgehalte	13,3% - 43,0%	16,8% - 33,3%
Ca-gehalte	1,62% - 6,41%	1,84% - 2,80%
Vit A-gehalte	10.700 IU - 31.864 IU	7.087 IU - 38.242 IU

Figuur 34: Variatie in de gehalten van hele vis.

De figuur illustreert een van de grote problemen bij het voeren van vis. Je weet nooit wat je precies voert. Het energiegehalte, het eiwitgehalte en de gehalten aan vitaminen en mineralen kunnen enorm variëren.

Dat is overigens nog geen reden om er maar op los te supplementeren. De gehalten van hele zeevis lijken het hele jaar toereikend om de behoeften van viseters te dekken. Zoetwatervis heeft vaak hele lage vetgehalten en er zijn nauwelijks data van bekend. Hier lijkt enige terughoudendheid met betrekking tot de samenstelling op zijn plaats.

Vitamine B1 en vitamine E verdienen extra aandacht bij het voeren van vis

Na de dood van een vis kan het enzym thiaminase actief worden. Dit is een zogenaamde antagonist, in dit geval van vitamine B₁ of thiamine. Een antagonist in de voeding is een stof die de werking van een nutriënt tegengaat. Daardoor kunnen er gebrekverschijnselen optreden ondanks de ogenschijnlijke aanwezigheid van het nutriënt, we noemen dit een secundaire deficiëntie. Om de eventuele aanwezigheid en nadelige werking van thiaminase tegen te gaan wordt vrijwel altijd extra vitamine B1 aan gevoerde vis toegevoegd.

Vis is rijk aan onverzadigde vetzuren. Onverzadigde vetzuren reageren vrij gemakkelijk met zuurstof (oxidatie), hierdoor wordt het vet waarin de vetzuren zich bevinden ranzig. Ranzig vet of olie is onsmakelijk, minder goed verteerbaar en kan zelfs toxisch zijn. De van nature in vis aanwezige vitamine E beschermt tegen de ongewenste reacties met zuurstof. Vitamine E is daarom een anti-oxidant. De 'beschermingsactiviteiten' van vitamine E gaan echter ten koste van de gehalten. Het tegengaan van oxidatie zorgt voor verbruik van de aanwezige vitamine E. Hierdoor kan vis een te laag vitamine E gehalte krijgen. Daarbij komt nog dat opname van

ranzig vet bij een dier de behoefte aan vitamine E juist doet vergroten. Vanwege deze aspecten wordt aan vis vitamine E in de vorm van een supplement toegevoegd.

Van vitamine B₁ zijn geen toxische effecten bekend dus grote fouten kunnen bijna niet gemaakt worden met de supplementatie. Van vitamine E wordt vaak hetzelfde gedacht en het is inderdaad weinig giftig. Toch zijn er in de literatuur wel gevallen beschreven van schadelijke effecten van overmatige vitamine E toediening. Het nauwkeurig aanhouden van de aanbevolen dosis is dus aan te raden.

Bij het voeren van complete vis is er weinig aanleiding andere vitaminedeficiënties te verwachten. Vis is zeer rijk aan zowel vitamine A als D₃. Wanneer bijvoorbeeld de in haring en andere zeevis gemeten gehalten worden vergeleken met bijvoorbeeld de behoefte van pinguïns blijkt de minimale behoefte ruim zeven keer gedekt te worden. Weinig aanleiding voor extra supplementatie buiten vitamine B₁ en vitamine E dus.

4.6 Insecten en andere ongewervelden

Insecteneters bestaan niet

Er zijn veel diersoorten die voor hun dieet ten dele, of zelfs volledig afhankelijk zijn van ongewervelden. Belangrijk om te beseffen is het feit dat vele dieren geclassificeerd als insecteneters in feite veel meer eten dan uitsluitend insecten. Spinachtigen, kreeftachtigen (pissebedden), slakken en wormen zijn allemaal onderdeel van het dieet van veel klassieke 'insecteneters' zoals bijvoorbeeld egels, spitsmuizen en vele soorten vogels, reptielen en amfibieën. Ongewervelden vormen een enorme groep binnen het dierenrijk en hun nutritionele samenstelling varieert dan ook sterk. Binnen dierentuinen worden diëten voor insecteneters vaak relatief eenzijdig samengesteld. Het is moeilijk, zo niet onmogelijk, om zonder te supplementeren een volledig dieet samen te stellen uitsluitend uit insecten. Veel heeft te maken met de keuze voor de soorten die worden gevoerd.

We voeren plaagdieren

Zoals eerder genoemd is er een enorme variatie aan insecten. Als voedseldier binnen dierentuinen wordt echter gebruik gemaakt van slechts een klein aantal soorten. De soorten die gebruikt worden zijn in eerste plaats niet geselecteerd om hun nutritionele kwaliteiten, maar vooral vanwege het gemak waarmee ze commercieel gekweekt kunnen worden. Insecten met een trage voortplantingscyclus of een moeilijk verkrijgbaar, specialistisch dieet zijn commercieel gezien niet interessant en worden nauwelijks gekweekt en verkocht.

Commercieel wel interessant zijn de soorten die we kennen als plaagdieren. Meelwormen, moriowormen, treksprinkhanen, krekels en fruitvliegen zijn de meest gebruikte soorten. De genoemde soorten laten zich relatief eenvoudig kweken op een dieet van bijvoorbeeld meelproducten en gras. Van de diversiteit in het insectenrijk is in het dieet van onze insecteneters weinig terug te vinden. Hoe kunnen we de diversiteit van het natuurlijk dieet vertalen naar het relatief eenzijdige dieet in dierentuinen?

Calcium is het grootste struikelblok

Het belangrijkste kenmerk van ongewervelden is het ontbreken van een inwendig skelet. Bij geleedpotigen komt de stevigheid van hun exoskelet, een samenstelling van pantserplaten met als belangrijkste bestanddeel de stof chitine. Hoewel chitine heel veel gemeen heeft met bepaalde eiwitten is het een suiker (Een stikstofhoudende polysacharide) en is het slecht verteerbaar. Drie niet nader genoemde soorten zoogdieren bleken slechts 2-20% van de chitine daadwerkelijk te verteren (Bernard, et al. 1997). De aanwezigheid van vleugels, poten

en dekschilden (kevers) in de ontlasting van vele insecteneters verraadt vaak wat het dieet geweest is.

Een gevolg van het ontbreken van een inwendig skelet, en tegelijk het bekendste nutritionele nadeel van insecten, is hun (extreem) lage calciumgehalte en ongunstige calcium:fosfor verhouding. De waarden en verhoudingen variëren van soort tot soort, maar vallen over het algemeen ongunstig uit. Tabel 27 laat de calcium en fosfor waarden van enkele veel gebruikte voedseldieren zien, waarbij vooral de gunstige waarden van de regenworm opvallen.

Tabel 27: Calcium –en fosforgehaltes en de verhouding calcium:fosfor in veel als voedseldier gebruikte ongewervelden. (gehaltes als % op basis van DS) (Bernard et al., 1997)

	Calcium	Fosfor	Ca:P
Fruitvlieg	0,10	1,05	0,10:1
Huiskrekel	0,14	0,99	0,14:1
Meelworm	0,11	0,77	0,14:1
Morioworm	0,16	0,59	0,27:1
Wasmotlarve	0,11	0,62	0,18:1
<i>Regenworm</i>	<i>1,72</i>	<i>0,90</i>	<i>1,91:1</i>

De absolute hoeveelheden calcium en fosfor worden vaak wat minder belicht. De hoeveelheid calcium in het totale dieet mag zeker een factor 10 hoger dan in niet-gesupplementeerde insecten wordt gemeten). Met name de verhouding Ca:P is belangrijk, een ratio die ongeveer 1,5:1 tot 2:1 zou moeten zijn. Bovenstaande tabel illustreert dat in een dieet dat (grotendeels) bestaat uit insecten op een of andere manier met calcium gesupplementeerd zal moeten worden. Denk bij het supplementeren aan het risico van andere nutriënten teveel te geven en kies het preparaat zorgvuldig of kies om deze reden een preparaat uit dat enkel calcium bevat.

Veelal moeten de dieren worden verplicht het calcium tot zich te nemen door dit direct op –of in het voedseldier te verstrekken. Een veel gebruikte manier om calcium te supplementeren is de buitenkant van voedseldieren te bepoedern met een preparaat, bij het opeten van de insecten zal het dier dan ook de laag calcium meenemen. Deze methode zorgt wel voor een grote variatie, immers vele kleine prooidieren zullen het dier gezamenlijk veel meer calcium opleveren dan enkele grote dieren (verhouding inhoud:oppervlakte). Ook watergebonden dieren zoals bijvoorbeeld veel amfibieën zullen op deze wijze weinig calcium binnenkrijgen daar het makkelijk wegspoelt. De manier van supplementeren wordt mede bepaald door de te voeren diersoort. Waar ‘bepoedern’ redelijk werkt in de calciumvoorzienig van vele diersoorten zal dit bij watergebonden vaak anders moeten. Zo kan het dat bij verschillende diersoorten soms volledig andere supplementeertechnieken moeten worden toegepast.



Figuur 35: Links: *Pseudopus apodus* eet 'bevoederde kakkerlak. Rechts: *Shinisaurus crocodilurus* eet morioworm. Door het water heeft bepoederen hier weinig zin. (Beide afbeeldingen S. Kuperus)

Een veel gebruikte methode om calciumgehalten te verhogen is de voedseldieren zelf voeding te verstrekken met een hoog calciumgehalte. Op deze manier is meer zekerheid te behalen in zowel de hoeveelheid als de continuïteit van de calciumgift.

Zorgen dat voedseldieren een waardevolle maag-darminhoud meekrijgen staat bekend als 'gutloading'. Wel moet opgemerkt worden dat insecten over het algemeen slecht kunnen omgaan met grote hoeveelheden calcium in hun voeding. Het verstoort namelijk het vervellingproces waardoor de insecten en in hun vervelling kunnen blijven steken en sterven. Bij gutloaden is het daarom zaak de voedseldieren enkel van hoge doses calcium te voorzien kort voor ze worden opgevoerd. Het onderhoudsvoer van voedseldieren dient een normaal tot laag gehalte calcium te bevatten. Voor het gutloaden zijn bij verschillende insecten met succes gehalten van 9-10% calcium gebruikt. (Eidhof & Venema 2004)

Het innerlijk is het belangrijkste

Zoals geïllustreerd aan de hand van de calciumgehalten is nutritioneel gezien de inhoud van de gegeten insecten erg belangrijk. Het loont de moeite insecten goed, doch ook afwisselend te voeren om op die manier te voorkomen dat deficiënties van bepaalde vitaminen of mineralen ontstaan.

Met de kennis dat veel van de insecten die we voeren opportunisten zijn en een veelzijdig dieet accepteren is het mogelijk een zeer diverse maagvulling mee te geven. Bruikbare producten zijn commerciële voeders (honden/kattenvoer, legmeel, visvoer etc.), maar ook diverse soorten fruit en groenten kunnen worden gebruikt evenals bloemen, stuifmeel en wilde kruiden.

Je bent wat je eet

Ongewervelden worden veel gebruikt als voedseldier, maar worden als dierentuindier vaak over het hoofd gezien. De voedingsbehoefte van ongewervelden is een grotendeels onontgonnen terrein, dit vooral omdat er zelden tot nooit dieetgerelateerde aandoeningen worden genoemd voor deze categorie. Heel platvloers gezegd geldt voor veel soorten ook dat ze simpelweg niet lang genoeg leven om duidelijke gebreken te vertonen.

Logisch is het feit dat slakken een relatief hoge calciumbehoefte hebben. Een displaysoort als de gigantische agaatslak (*Achatina fulica*) heeft grote hoeveelheden calcium nodig. Calcium wordt door deze dieren naar behoefte opgenomen wanneer ze kunnen beschikken over bijvoorbeeld sepiaschelpen. Productiviteit van insecten neemt toe door het verstrekken van eiwitrijk voedsel. Meer dan anekdotisch bewijs is echter niet beschikbaar en het lijkt er op dat deze groep weinig eisen stelt. Problemen met eenzijdigheid van voedsel en het ontbreken of

overmatig aanwezig zijn van bepaalde nutriënten lijken ook op insectenetende ongewervelden (vogelspinnen, schorpioenen, bidsprinkhanen) nauwelijks van toepassing. Ook hier echter is sprake van voortschrijdend inzicht, en deze dieren zullen ongetwijfeld baat hebben bij een gevarieerd dieet. Doch zonder supplementatie met calcium!

Variatie is belangrijk

Insecten zijn divers van samenstelling en zelfs binnen één soort zijn hun nutritionele kwaliteiten verre van constant (sterk afhankelijk van dieet). Het voeren van insecten en andere ongewervelden blijft daarom vaak ‘fingerspitzengefühl’. Om problemen te voorkomen is het aan te raden waar mogelijk, en waar geaccepteerd!, veel te variëren, zowel in soorten voedseldieren als in de voeding die zij krijgen alvorens ze worden opgevoerd. Ook ongewervelden uit andere klassen dan insecten zijn een waardevolle aanvulling. Regenwormen, slakken (In verband met parasieten beter geen aquatische slakken) en kreeftachtigen zijn ook commercieel verkrijgbaar en zouden in veel diëten goed passen, juist omdat ze een gunstige calcium:fosfor verhouding hebben. Zeker slakken worden door veel dieren gegeten en kunnen een forse bijdrage leveren aan de calciumvoorziening. Ook het gebruik van surplus uit de dierentuincollectie zelf (display-soorten zoals wandelende takken en tropische kakkerlakken) kan bijdragen aan een gevarieerd dieet.

Wanneer mogelijk is het vangen van wilde insecten de beste manier om variatie aan te bieden. Voor kleine dieren is het goed mogelijk het dieet bepaalde delen van het jaar aan te vullen met zogenaamd ‘weideplankton’. De term weideplankton is een verzamelnaam voor de insecten en andere ongewervelden die met behulp van een vlindernet uit middelhoog grasland kunnen worden weggevangen. Uiteraard moeten deze vangsten niet naast drukke wegen gedaan worden, mogelijk bieden bepaalde delen van de dierentuin plaats voor dergelijke oogsten.



Figuur 36: In de praktijk worden slakken vaak uitsluitend gevoerd aan specialisten zoals deze kaaimanteju (*Dracaena guianensis*) (Afbeelding S. Kuperus).

4.7 Krachtvoer

De term ‘krachtvoer’ is afkomstig uit de veehouderij. Krachtvoerders zijn voeders met een hogere concentratie energie per kilo dan bijvoorbeeld ruwvoerders als hooi en stro. Granen of bijproducten hiervan zijn meestal een belangrijk bestanddeel, daarnaast worden er vaak ook

veel soja producten gebruikt. Het voordeel van deze geconcentreerde vorm van energie (vandaar het Engelse woord 'concentrate' voor krachtvoer) is dat dieren veel energie in een relatief klein volume krijgen aangeboden. De inhoud van maag en darmen is dus een minder beperkende factor voor de energieopname. In de veehouderij, waar de dieren vaak zwaar belast worden, is dat een voordeel.

Krachtvoer treffen we aan in veel verschillende uitvoeringen en onder veel verschillende benamingen

Wanneer men het over pellets of brokken heeft wordt er meestal een vorm van krachtvoer gebruikt. Ook zadenmengsels, hele en gemalen granen zijn krachtvoer. Bij de indeling van krachtvoerders wordt onderscheid gemaakt tussen enkelvoudige krachtvoerders en samengestelde krachtvoerders.

Enkelvoudige krachtvoerders

Enkelvoudige krachtvoerders zijn producten die slechts uit 1 ingrediënt bestaan dit zijn meestal granen (haver, gerst, gierst, millet etc.) of oliehoudende zaden zoals zonnebloempitten en nigerzaad. Om de verteerbaarheid van granen te verbeteren worden ze vaak in gemalen, gebroken of geplette vorm aangeboden. Deze bewerkingen vergroten het oppervlakte waardoor verteringsenzymen er beter op in kunnen werken.

Enkelvoudige voeders kunnen nooit de complete behoefte van een dier dekken zelfs als dit een gespecialiseerde zaadeter is.

Samengestelde krachtvoerders

Samengestelde krachtvoerders zijn mengsels van meerdere (soms wel meer dan 20) ingrediënten. Dit maakt het mogelijk om een evenwichtige nutriëntensamenstelling te bereiken. Om de samenstelling compleet te maken en de gehalten van mineralen en sporenelementen te kunnen garanderen wordt er bij de bereiding van het voer vaak een zogenaamde premix toegevoegd. Dit is een mengsel van juist deze stoffen.

In samengestelde voeders kunnen de ingrediënten apart in het mengsel zitten zoals bijvoorbeeld in zadenmengsels. Het kan ook in meelvorm aangeboden worden. Verreweg de meeste krachtvoerders worden in de vorm van geperste of geëxtrudeerde brokken aangeboden. Dit heeft als voordeel dat de dieren er minder gemakkelijk uit kunnen selecteren en ook minder vermorsen. Een nadeel van voer in brokvorm is dat de dieren het sneller opnemen en zich daardoor ook eerder overeten.

Bij het persen of extruderen van voer wordt warmte gebruikt. Hierdoor worden bestanddelen van het voer vaak beter verteerbaar, worden van nature in planten aanwezige gifstoffen onwerkzaam en bacteriën gedood.

Van een etiket van een commercieel krachtvoederproduct is veel informatie af te halen

Of het nou koeienvoer, apenbrokken, legvoer of kattenbrokjes betreft, dit soort voeders moeten op de verpakking of het label voorzien worden van informatie. Deze informatie is voor een deel wettelijk vastgelegd. Hieronder volgt een overzicht.

Tabel 28: Overzicht informatie op verpakking of label van het voer.

RE = ruw eiwit	Het minimum gehalte ruw eiwit moet op een voeder vermeld worden. RE is een ruwe benadering van het eiwitgehalte maar niet helemaal hetzelfde.
RV = ruw vet	Ook van ruw vet moet het minimumgehalte vermeld worden. Het omvat onder meer vet en olie.
RC= ruwe celstof	Van ruwe celstof moet het maximumgehalte vermeld worden. Het geeft de hoeveelheid plantcelwanddelen weer. Het is overigens een minder nauwkeurige weergave dan ADF en NDF maar deze weergave wordt in Nederland niet gebruikt.
Ras = ruw anorganische stof	Van ruw as moet ook het maximumgehalte weergegeven worden. Het is het deel van het voer wat overblijft na verbranding. Het bevat de mineralen en bijvoorbeeld ook zand wat met de grondstoffen is meegekomen.
DS =droge stof	Het droge stof of watergehalte van een voedermiddel hoeft pas vermeld te worden vanaf 14% vocht. In de praktijk hoeft dit dus nooit op de verpakking van droogvoerders te staan omdat boven 10% water de houdbaarheid van het voer sterk afneemt.
Vitamine A	De toegevoegde hoeveelheid vitamine moet vermeld worden. Wat van nature in het voer aanwezig is hoeft niet vermeld te worden en is overigens ook vaak niet bekend. Dit verklaart ook de mooie afgeronde getallen bij vitaminen.
Vitamine D ₃	Zelfde als bij vitamine A.
Koper (Cu)	Moet op een aantal voeders vermeld worden bijvoorbeeld schapen en hondenvoeders.
Toevoegmiddelen	Middelen om de houdbaarheid van het voer te verbeteren, smaakstoffen en vergelijkbare toevoegingen moeten vermeld worden op de verpakking. Omdat een vrij algemene omschrijving volstaat (“met in de EU toegestane toevoegmiddelen”) haal je er meestal niet veel informatie uit.
Vermelding diersoort	De fabrikant moet vermelden voor welke diersoort of groep het voer gemaakt is.
Ingrediënten	De grondstoffen waaruit het voer is gemaakt moeten vermeld worden in de ingrediëntenlijst. De ingrediënten moeten in deze lijst worden vermeld op volgorde van gebruikte hoeveelheid. Het in de grootste hoeveelheid gebruikte ingrediënt staat dus altijd vooraan.
Houdbaarheid	De fabrikant moet altijd de houdbaarheid vermelden inclusief de werkzaamheid van de vitaminen. De gebruiker van het voer kan door het voer verkeerd te bewaren (te warm, nat, licht etc.) veel bijdragen aan een kortere houdbaarheid. Hiervoor is de leverancier uiteraard niet aansprakelijk.

Veel fabrikanten geven veel extra informatie op of bij het product. Andere zijn er karig mee. Meestal is men echter wel bereid informatie over het gebruik van bepaalde grondstoffen of nutriënten te geven als men er als gebruiker om vraagt. Zo niet, dan is het misschien een idee een andere leverancier te overwegen. Er is genoeg concurrentie in de sector.

Het zetmeel en suiker gehalte in krachtvoerders is gemakkelijk uit te rekenen

Met 'Overige Koolhydraten' (OK) wordt het gehalte aan zetmeel en suikers weergegeven. Dit is geen verplichte vermelding op de verpakking en daarom vaak niet te vinden. Wanneer het nuttig is dit toch te weten is het vrij gemakkelijk uit te rekenen.

Je stelt het totale gehalte op 100%, hiervan trek je vervolgens de optelsom van ruw eiwit, vet, as, ruwe celstof en water af. Water staat vaak niet vermeld maar daarvoor kun je in droogvoer 10% rekenen.

In formule $OK = 100 - (re + rv + rc + as + water)$

Pas dit bijvoorbeeld toe op honden en kattenvoer en je zult zien dat het gehalte overige koolhydraten vaak hoog is (40% en meer). Meestal betreft het zetmeel omdat dit nodig is voor de productie van een goede brok.

Wees terughoudend met het gebruik van krachtvoer

Het gebruik van krachtvoer in de veehouderij is vaak heel logisch. In dierentuinen moet het gebruik kritisch overwogen worden. Een belangrijk argument voor krachtvoer is dat de gehalten, waaronder die van mineralen en vitaminen, behoorlijk zeker zijn. Dat mag waar zijn maar dit is natuurlijk ook het gevolg van het feit dat de gebruikte bulkproducten als hooi en ruwvoerders eigenlijk nooit geanalyseerd worden. Investerings in analyses zouden terugverdiend kunnen worden door de hierdoor mogelijke reductie in krachtvoergebruik.

Bij dieren waar een hoog gehalte aan plantcelwandbestanddelen noodzakelijk is in de voeding (zeg maar alle planteneters) kan krachtvoer meestal niet bieden wat nodig is. Dit komt omdat een hoog % ruwe celstof het produceren van een samenhangende brok vrijwel onmogelijk maakt. Hierdoor verkrumelt zo'n brok gemakkelijk en dat gaat weer ten koste van de opname. Verder hebben brokken vaak ook een hoog zetmeelgehalte wat ook niet altijd even gunstig is voor herbivoren.

Tenslotte is het belangrijkste kenmerk van krachtvoer de energiedichtheid: veel energie in een relatief klein volume. Dit draagt bij aan een overmatige opname en dus ook aan de overgewichtproblematiek van dierentuindieren. Voeg daarbij dat het op een brok vrijwel onmogelijk is natuurlijk voeropnamegedrag uit te oefenen en je hebt genoeg redenen het gebruik van krachtvoer eens kritisch te bezien.

4.8 Voederwaardering

Het is belangrijk om te weten in hoeverre het verstrekte diervoedsel de dieren kan voorzien in hun energie- en nutriëntenbehoefte. Met andere woorden wat de waarde van het voer voor het dier is.

Hiertoe moeten een aantal eigenschappen van het voer bepaald worden. De hiervoor beschikbare bepalingen zijn onder te verdelen in twee groepen:

1. bepalingen van eigenschappen van het voer;
2. bepaling van hoe de voederbestanddelen uitwerken in het dier.

Tot de eerste groep bepalingen horen de methoden om de chemische samenstelling van het voer vast te stellen zoals de Weende- en van Soest –analyse en de bepaling van de Bruto Energiewaarde. Tot de tweede groep bepalingen behoren onder andere de verteerbaarheidsbepalingen en het meten van de verteerbare, metaboliseerbare en netto energie.

In dit deel van het dictaat zullen een aantal veel gebruikte voederwaarderingsmethoden kort besproken worden. Dit zijn achtereenvolgens:

- Weende analyse
- van Soest analyse
- verteerbaarheidsbepalingen
- energiewaardering.

4.8.1 Weende-analyse

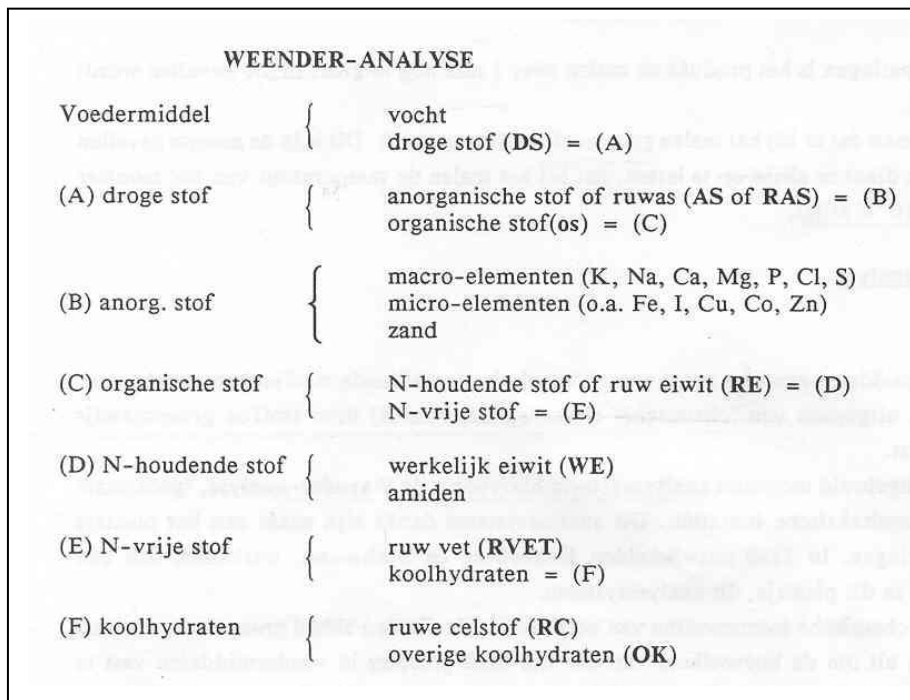
Hoewel in voedermiddelen een zeer groot aantal chemisch verschillende stoffen kan voorkomen, wordt gewoonlijk uitgegaan van "chemische" classificaties, waarbij deze stoffen groepsgewijs worden samengevat. Het oudste, nog uitgebreid toegepast analysesysteem hiervoor is de Weende-analyse, ook wel "proximate analysis" in de Angelsaksische literatuur. Dit analysesysteem dankt zijn naam, aan het plaatsje Weende, bij Gottingen. In 1866 ontwikkelden Henneberg en Stohmann, werkzaam aan een onderzoekstation in dit plaatsje, dit analysesysteem. Zij verdeelden de chemische componenten van voedermiddelen in een aantal groepen en werkten tevens bepalingen uit om de hoeveelheid van elk van deze groepen in voedermiddelen vast te stellen. De indeling, (figuur 37 en 38) van de verschillende chemische verbindingen in dit systeem is betrekkelijk grof. Dit komt tot uitdrukking in de naamgeving van de diverse fracties. Niettemin heeft het Weende-analysesysteem zich al meer dan 100 jaar weten te handhaven. Hiervoor is een aantal belangrijke redenen aan te geven.

De bepalingen zijn eenvoudig uit te voeren, zijn relatief goedkoop en zijn goed routinematig uit te voeren. Daarnaast is veel diervoedkundig onderzoek, met name de voederwaardering, gebaseerd op resultaten verkregen via deze analysemethode.

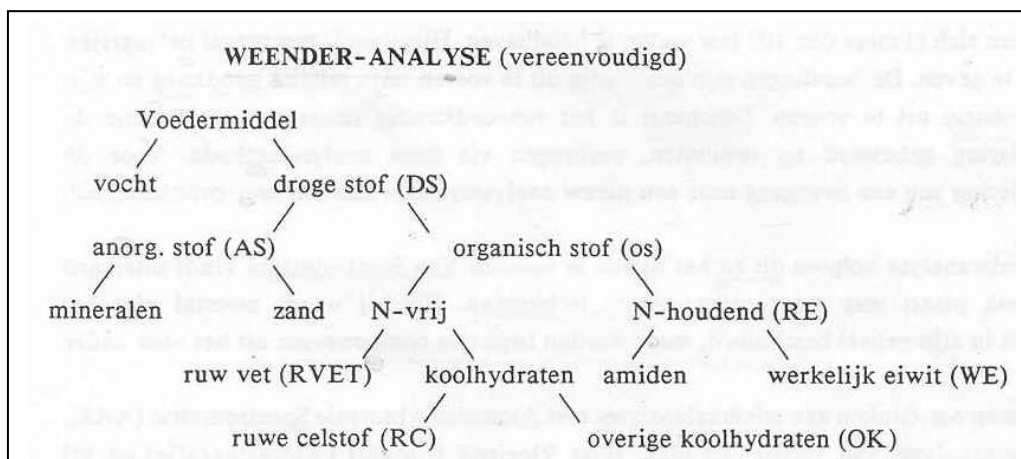
Tenslotte is iedere leverancier van diervoeders verplicht het minimum ruw eiwit-, het minimumvet-, het maximum ruwe celstof- en het maximum asgehalte te vermelden op het etiket van zijn producten (EU-richtlijn). Deze fracties worden allemaal met de Weende analyse bepaald.

Naast diervoedervoederanalyse volgens het Weende systeem en het hierna te noemen Van Soest systeem vindt uiteraard ook onderzoek plaats met meer geavanceerde technieken. Hierbij wordt meestal niet het voedermiddel in zijn geheel beschouwd, maar worden bepaalde componenten uit het voer nader onderzocht. Voorbeelden hiervan zijn Atomaire Absorptie Spectrometrie (AAS) voor mineralen en Gaschromatografie voor andere nutriënten.

Voor de hierna te beschrijven analyses wordt uitgegaan van het luchtdroge, gemalen en voedermiddel. Dit is gebruikelijk, tenzij anders vermeld, gehalten op te geven in grammen per kilogram (g/kg).



Figuur 37: Indeling van de Weende analyse.



Figuur 38: Weende analyse in een schema.

Vocht

Het vochtgehalte van een voedermiddel wordt bepaald door een monster van dit voedermiddel bij 103 °C tot een constant gewicht te drogen. Bij dit proces gaan, indien aanwezig, behalve water ook andere vluchtige stoffen geheel of gedeeltelijk verloren, zoals ammoniak, alcohol en vluchtige vrije vetzuren (azijnzuur, propionzuur, boterzuur). Wanneer een product veel vluchtige bestanddelen bevat, kan het nutriëntenaanbod voor het dier onderschat worden.

Droge stof (DS)

Het droge stofgehalte van een voedermiddel = 1000 - vochtgehalte (g/kg). Voor de voeding van landbouwhuisdieren is de droge stof een belangrijke maatstaf omdat zich hierin, met uitzondering van water, de essentiële voedingsstoffen bevinden. Een onderlinge vergelijking van voedermiddelen gebeurt daarom bij voorkeur op basis van de gehalten in de droge stof.

Anorganische stof (AS)

Het gehalte aan asbestanddelen wordt bepaald door het monster te verassen (verbranden in een moffeloven bij 550 °C). Bij het verassen, verbranden alle organische bestanddelen. Na het verassen blijft er een mengsel van onbrandbare delen: de AS, bestaande uit oxiden en zouten van de minerale bestanddelen in het voer. De anorganische stof wordt ook wel aangeduid als de mineralenfractie. Naast de hoeveelheid waarin deze mineralen gewoonlijk in de voedermiddelen voorkomen, en meer in het bijzonder naar de behoefte van de landbouwhuisdieren aan deze mineralen, worden ze ingedeeld in massa- of macro-elementen (K, Na, Ca, Mg, P, Cl en S) en spoor- of micro-elementen (o.a. I, Cu, Co, Zn, Mn). De AS kan ook zand bevatten.

N-houdende stof (RE)

Eiwit onderscheidt zich van de overige organische voerbestanddelen door de aanwezigheid van een vrij constant gehalte aan stikstof (N). Het gehalte aan ruw eiwit wordt dan ook verkregen door het N-gehalte van het voermiddel te bepalen. De meest gebruikte methode voor deze bepaling is de Kjeldahl-stikstofbepaling.

Daar eiwitten gemiddeld 16% N bevatten kan uit het N-gehalte het ruw eiwitgehalte worden berekend door dit gehalte te vermenigvuldigen met $100/16 = 6,25$. Dit getal wordt de internationale eiwitfactor genoemd. Deze benadering kent echter wel een aantal bedenkingen. Niet alle aminozuren bevatten evenveel stikstof. De factor is afgeleid van eiwitbronnen zoals diervoeder, veeiwit en eieren. Tarwe en rogge eiwit bevatten echter 17,5% stikstof en melkeiwit bevat 15,7% stikstof. Voor plantaardige eiwitten wordt dus met de factor van 6,25 een te hoog RE gehalte berekend.

Samenvattend:

RE bevat het werkelijk eiwit (= aminozuren, peptiden en eiwitten) en de stikstofbevattende stoffen die geen eiwit zijn (= NPN ofwel Non-Protein Nitrogen). Deze NPN-fractie kan bestaan uit; betaine, ureum, ammoniak en ammoniumzouten). Wanneer een voermiddel veel NPN bevat, wordt het eiwitgehalte dus overschat. Het aandeel NPN kan in de totale N-fractie van granen ongeveer 5 a 10% zijn, in groenvoeder tot 50% en in bieten meer dan 50% bedragen. In het algemeen geldt hierbij; des te jonger en malser de plant en hoe sneller de groei, hoe hoger het NPN gehalte.

Ruw vet (RVET)

Het gehalte aan vet in een voermiddel wordt bepaald door dit voeder in een Soxhlet-apparaat te extraheren met een extractiemiddel, waarin het vet goed oplost. Bij de extractie komen alle stoffen die in het extractiemiddel goed oplosbaar zijn in de RVET fractie terecht. Deze fractie bestaat dus behalve uit zuivere vetten ook uit wassen, harsen, sterolen, fosfolipiden vetoplosbare vitaminen en kleurstoffen zoals carotenoïden en chlorofyl. Voor diervoederdoeleinden wordt doorgaans geen verdere scheiding aangebracht, omdat in de eerste plaats het ruw vetgehalte in voedermiddelen, doorgaans laag is (als er in het oorspronkelijk product veel vet voorkomt, wordt het veelal industrieel gewonnen, waarna het residu als voermiddel wordt gebruikt) en in de tweede plaats is het gehalte aan niet echte vetbestanddelen daarbij meestal bijzonder laag.

Ruwe celstof (RC)

De in het voer aanwezige koolhydraten worden in de Weende-analyse verdeeld in twee groepen, die aangeduid worden als ruwe celstof en de overige koolhydraten (OK). De RC-fractie bestaat globaal uit cellulose, een deel van de hemicellulosen en lignine (zie ter verduidelijking ook figuur 16). Het ruwe celstofgehalte van een voermiddel wordt bepaald

door een monster van dit voeder achtereenvolgens te koken met verdunde oplossingen van een sterk zuur en een sterke base. De organische stof die bij deze behandeling niet oplost, wordt aangeduid met de naam ruwe celstof (oude naam: ruw vezel).

De ruwe celstof speelt een belangrijke rol bij de klassieke berekening van de voederwaarde van voedermiddelen. Het is daarom van het grootste belang, dat deze bepaling op correcte wijze wordt uitgevoerd.

De ruwe celstof bestaat voornamelijk uit moeilijk afbreekbare celwandbestanddelen zoals cellulose, een deel van de (voor dieren onverteerbare) Lignine (houtstof) en cutine (kurkstof). In dierlijk materiaal komt normaal geen ruwe celstof voor tenzij via besmetting met maagdarminhoud. In plantaardig materiaal stijgt met het groeistadium niet alleen het ruwe celstofgehalte maar vindt er ook een verschuiving plaats van cellulose naar lignine, cutine e.d. Daarmee daalt de kwaliteit van het voedermiddel. Met het ouder worden van planten en dus de toename van lignine, cutine e.d. wordt de verteerbaarheid minder.

Overige koolhydraten (OK)

De laatste groep die bepaald wordt bij de Weende-analyse is de Overige Koolhydratenfractie (OK). Het OK-gehalte wordt nooit bepaald, maar altijd berekend als restant; het voeder na aftrek van de andere hoofdcomponenten van de Weende-analyse.

Dus:

OK = voedermiddel - vocht - AS - RE - RVET - RC
of OK = os - RE - RVET - RC
òf OK = koolhydraten - RC

Dit betekent, dat alle analysefouten gemaakt bij de voorgaande bepalingen in het gehalte aan overige koolhydraten terecht komen. Er wordt dus voor de OK-fractie slechts een globaal cijfer verkregen. Wat samenstelling betreft, is de OK-fractie een vergaarbak van verbindingen, die geen plaats gevonden hebben in de overige fracties. Een belangrijke component in de OK-fractie is het zetmeel. Daarnaast treft men de wateroplosbare suikers, fructosanen, vitamine C en organische zuren uit de celinhoud aan en celwandbestanddelen zoals het grootste deel van de hemicellulose, pectine en dat deel van de lignine, dat bij de RC-bepaling is opgelost. In dierlijke producten kunnen we lactose (melk), glucose (bloed en lichaamscellen) en glycogeen (lever) aantreffen.

In sommige producten wordt een negatief OK-gehalte gevonden. Dit is niet het gevolg van analysefouten. Het betreft hier altijd zeer eiwitrijke producten van dierlijke oorsprong, zoals bij voorbeeld haringmeel. De negatieve OK-waarde is een gevolg van het feit, dat het eiwit in deze producten iets meer dan 16 % N bevat. Bij de berekening van het RE wordt echter gewoon 6,25 gebruikt, zodat de totale eiwit hoeveelheid wordt overschat, wat bij afwezigheid van of zeer lage reële gehalten aan OK tot schijnbaar negatieve OK-gehalten aanleiding kan geven.

4.8.2 Methode van Soest

In de tweede helft van de, zestiger jaren van deze eeuw is in de Verenigde Staten door van Soest en medewerkers een analysesysteem ontwikkeld, vooral geschikt voor ruwvoerders. Met dit systeem wordt veel informatie verkregen over de opbouw van het structuurgevende plantenmateriaal en daaruit voortvloeiend inzicht in het waarom van het al dan niet goed verteerbaar zijn van het ruwvoer.

De essentie van het Van Soest-analysesysteem is dat het plantaardige materiaal wordt gescheiden in celinhoud en celwandbestanddelen (zie ook hoofdstuk koolhydraten) door

behandeling met een neutrale zeepoplossing (detergens). Door de celwandbestanddelen met zuur van verschillende concentraties te behandelen worden deze verder opgesplitst in cellulose, hemicellulose en lignine. Meestal wordt de behandeling met verdund zuur gecombineerd met een detergensbehandeling.

In dit systeem worden droge stof, anorganische stof, eiwit en vet op dezelfde manier bepaald als bij de Weende-analyse. Een nog verdere detaillering kan bereikt worden door zetmeel en de wateroplosbare suikers (uit de celinhoud) apart te bepalen.

4.8.3 Verteerbaarheidsbepaling

In de fysiologie wordt met vertering het afbreken van voedselbestanddelen tot opneembare deeltjes bedoeld. Na de vertering volgt de absorptie door de wand van het maagdarmkanaal. In de voeding wordt om praktische redenen het gehele proces van afbraak en absorptie gerekend tot de vertering. In de voeding wordt iets daadwerkelijk als verteerd beschouwd wanneer het is opgenomen door de wand van het maagdarmstelsel. Dit verschil in begripsbepaling geeft wel eens reden tot misverstanden.

Metten van de verteerbaarheid van voerbesteddelen

Met behulp van laboratoriumbepalingen kan soms een schatting gemaakt worden van de verteerbaarheid van voerbesteddelen. Bij TNO is zelfs een apparaat ontwikkeld wat de werking van het maagdarmstelsel simuleert waardoor zonder gebruik te maken van dieren toch de verteerbaarheid van een voedermiddel bepaald kan worden.

In verreweg de meeste gevallen wordt de verteerbaarheid van een voerbesteddeel bepaald met behulp van dierexperimenten. Hiertoe wordt een groep dieren individueel gehuisvest in zogenaamde verteringskooien. Deze kooien zijn zo ontworpen dat het dier zich niet kan omdraaien en urine gescheiden van de mest kan worden opgevangen (Om deze reden worden ook bij voorkeur mannelijke dieren gebruikt).

Na een gewenningsperiode van ongeveer een week wordt begonnen met het verzamelen van de benodigde gegevens. Om de verteerbaarheid te bepalen zijn de volgende gegevens nodig:

- Hoeveelheid opgenomen voer
- Gehalte bestanddeel in het voer
- Hoeveelheid feces
- Gehalte bestanddeel in feces

Stoffen die in de urine teruggevonden worden zijn al wel verteerd geweest en daarom zijn de gehalten in de urine niet van belang voor de verteerbaarheidsbepaling.

De verteringscoëfficiënt (VC) wordt als volgt berekend:

$$\frac{\text{gehalte in voer} - \text{gehalte in feces}}{\text{gehalte in voer}} \times 100 = \text{VC (\%)}$$

(met gehalte wordt telken grammen totaal opgenomen of uitgescheiden bedoeld)

In bovenstaande formule wordt de verteringscoëfficiënt als een percentage weergegeven. Een VC van 80% wil dus zeggen dat 80% van het voer is opgenomen (eigenlijk niet is teruggevonden in de feces). De VC kan ook weergegeven worden als een dimensieloos getal tussen 0 en 1. Een VC van 80% wordt dan 0,8.

Bij het hanteren van bovenstaande uitgangspunten wordt er van uitgegaan dat alle bestanddelen van de feces onverteerde voerbesteddelen zijn. Dit is natuurlijk niet altijd zo.

Het lichaam voegt aan de voedselbrij die het maagdstelsel passeert allerlei lichaamseigen stoffen toe die niet altijd geresorbeerd worden. Omdat hiervoor niet wordt gecorrigeerd in de voorgaande formule wordt de uitkomst van deze berekening ook wel de **schijnbare verteerbaarheid** genoemd. Deze wordt vrijwel altijd gehanteerd. De werkelijke verteerbaarheid wordt zelden bepaald.

Omdat dus in het algemeen niet gecorrigeerd wordt voor lichaamseigen producten in de feces kunnen door processen in de darmen soms verrassende uitkomsten ontstaan. Zo is bij paarden het B-vitamine gehalte in de feces vaak vele malen hoger dan in het voer (Zie ook het stuk over B-vitaminen in dit dictaat).

Factoren die van invloed zijn op de verteerbaarheid

De verteerbaarheid van voer- en voerbestanddelen wordt door zowel eigenschappen van het dier als eigenschappen van het voer bepaald.

Diersoort. Het vermogen om voedselbestanddelen te verteren wordt voor een groot deel bepaald door de aanpassingen van het maagdstelsel op het natuurlijke dieet. Carnivoren zijn slecht in staat om plantaardige bestanddelen te verteren. Paardachtigen en herkauwers verteren slecht grote hoeveelheden vet in hun voer. Een VC van een voer is dus altijd diersoortspecifiek.

Leeftijd. De fysiologie van het maagdstelsel verandert met de leeftijd. Veel zeer jonge dieren produceren nog nauwelijks het enzym sucrase waardoor sucrose onverteerbaar blijft. Oudere dieren produceren weinig tot geen lactase waardoor lactose voor deze categorie onverteerbaar wordt.

Stress. Voor zover er al voeropname plaatsvindt in een stresssituatie zal de passage van voedermiddelen versnellen en de absorptie daardoor verminderen. Dit is een belangrijke reden voor de gewenningsperiode voorafgaand aan een verteringsexperiment.

Kwaliteit van het gebit. Bij oudere dieren kan door de afname van de kwaliteit van het gebit het vermogen om voedselbestanddelen voldoende te verkleinen en daardoor de verteerbaarheid te verbeteren afnemen. Dit probleem kan bijvoorbeeld bij oudere katten en ook paarden spelen.

Gehalte ruwe celstof in voer. Hoe hoger het gehalte aan celwandbestanddelen (uitgedrukt als RC of ADF) hoe lager de VC. Celwandbestanddelen zijn zelf matig tot slecht verteerbaar en beïnvloeden ook de verteerbaarheid van de overige bestanddelen negatief.

Gehalten voedingsstoffen in het voer. Voor veel nutriënten geldt dat hoe lager het aanbod is hoe efficiënter het lichaam omspringt met de absorptie.

Bewerking van het voer. Het malen of op een andere manier klein maken vergroot de oppervlakte van de voerbestanddelen waardoor verteringsenzymen er efficiënter op in kunnen werken. Processen waarbij het voer verhit wordt kunnen ook een gunstig effect hebben op de verteerbaarheid. Te hoog of te lang verhitten kan echter weer een negatief effect hebben op de verteerbaarheid.

Antagonisten in het voer. Sommige stoffen in de voeding kunnen de opname van nutriënten belemmeren.

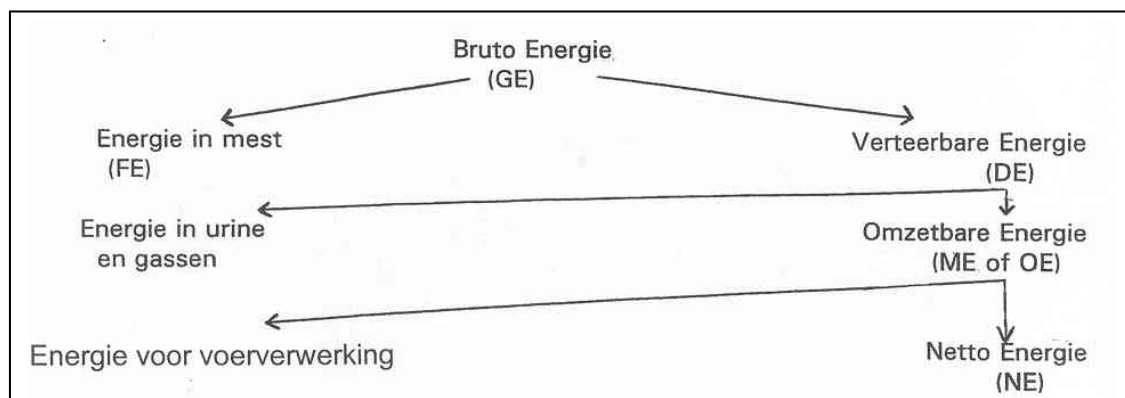
Hoeveelheid voer. Zeer grote hoeveelheden voer in een keer verstrekt zijn slechter verteerbaar dan kleine hoeveelheden.

Energie in het voer

In de bepaling van de gewenste voergift van een dier wordt veel aandacht besteed aan zowel de energiebehoefte van het dier als aan de energie-inhoud van het voer. Dit heeft een simpele reden. Voeropname wordt gestuurd of moet gestuurd worden (bij gehouden dieren) door de energiebehoefte. Honger wordt veroorzaakt door een energietekort in het lichaam, voeropname dient primair om dit tekort weer aan te vullen. Wordt er te weinig gegeten dan zullen lichaamsreserves (glycogeen, vet en uiteindelijk bestanddelen die niet als reserve bedoeld zijn) worden aangesproken. Wordt er teveel energie opgenomen dan wordt dit opgeslagen in de vorm van lichaamsvet. Bovenstaande heeft als consequentie dat de nutriëntensamenstelling moet afgestemd zijn op de energie-inhoud. Is voorzien in de energiebehoefte dan stopt het dier met eten of krijgt het niet meer. Is er dan toevallig nog een tekort aan een paar nutriënten dan eet het dier niet door totdat daar ook in voorzien is. Om de energiebehoefte van het dier en de energie-inhoud van het voer weer te geven is een energiewaarderingssysteem ontwikkeld.

4.8.4 Energiewaardering

Door verlies categorieën weer te geven kan de hoeveelheid energie die een voedermiddel bevat op verschillende manieren aangeduid worden. In figuur 39 is een overzicht gegeven hoe dit in zijn werk gaat.



Figuur 39: Verlies categorieën energie.

Elk voedermiddel bevat een hoeveelheid energie, die vrijkomt wanneer de organische stof wordt verbrand. De hoeveelheid energie die vrijkomt is warmte. Men noemt deze energie **bruto energie**.

Bruto energie = de hoeveelheid energie die vrijkomt bij verbranding van de organische stof

Bruto energie = Gross energy = GE

De bruto energie of verbrandingswaarde van het voer wordt bepaald met een bomcalorimeter. Hierbij wordt een monster verbrandbaar materiaal geplaatst in een verbrandingskamer met een overmaat zuurstof. Deze verbrandingskamer bevindt zich in een geïsoleerd watervat. Wanneer met behulp van een vonk het monster volledig verbrand, wordt de warmte afgestaan

aan het omringende water. De temperatuurstijging van het water is evenredig aan de chemische energie die het monster bevat. Om 1 gram water 1 graad in temperatuur te doen stijgen is 1 calorie nodig. Wordt door 1 gram monster 1000 gram water 4 graden in temperatuur verhoogd dan is de energie-inhoud van het monster 4000 calorieën of 4 kcal.

De bruto energie is een niet zo bruikbare maatstaf voor de energie die beschikbaar is voor het dier. In de mest gaat b.v. al een deel van de energie weer verloren. Dit kan oplopen tot 30-40% van de bruto energie. De energie die overblijft in het verteerbare deel van het voedsel noemt men de **verteerbare energie**.

De verteerbare energie wordt niet geheel door het dier benut: met de uitgescheiden urine en met gassen (methaangas) gaat ook energie verloren. Wanneer deze energie van de verteerbare energie wordt afgetrokken, blijft over wat door het dier omzetbaar is in de stofwisseling. Dit is de **omzetbare energie of metaboliseerbare energie**.

$$\text{Verteerbare energie} = \text{bruto energie} - \text{energie in de mest}$$

$$\text{Verteerbare energie} = \text{Digestible energy} = DE$$

$$\text{Omzetbare energie} = \text{verteerbare energie} - \text{energie in de urine en gassen}$$

$$\text{Omzetbare energie} = \text{Metabolisable energy} = ME \text{ (voor vogels en konijnen OE)}$$

Opname van voedsel door een dier wordt gevolgd door energieverliezen, niet alleen als chemisch vastgelegde energie in uitscheidingsproducten als mest, urine, gassen, maar ook als warmte. Voortdurend produceren dieren warmte en staan die af aan de omgeving. De voornaamste oorzaken van dit warmteverlies zijn

- Het opnemen van voedsel zelf
- Het verteren van het voedsel
- De omzettingen van de geresorbeerde stoffen is niet geheel efficiënt. De energie in glucose wordt b.v. met een efficiëntie van 44% vastgelegd als A.T.P. 56% gaat als warmte verloren.

Wanneer de omzetbare energie wordt verminderd met de bovengenoemde thermische energie van de specifiek dynamische werking dan blijft de **netto energie** over.

$$\text{Netto energie} = \text{energie in de urine en gassen} - \text{thermische energie}$$

$$\text{Netto energie} = \text{Net energy} = NE$$

Deze netto energie is voor het dier van nut voor:

- Onderhoud van het lichaam
- Instandhouding van de lichaamstemperatuur
- Groei
- Arbeid
- Reproductie
- Melkproductie

De eenheden van energie

Hoewel het gebruik van de calorie of kilocalorie als eenheid van energie om op zich begrijpelijke redenen nog op grote schaal voorkomt worden we toch geacht de officiële SI-eenheid te hanteren. Dit betekent dat energie weergegeven moet worden in Joules. 1 Kcal = 4184 Joules of 4,184 kJ

Vragen hoofdstuk 4

1. Welke factoren bepalen samen de geschiktheid van een voedermiddel (ingrediënt) voor een rantsoen?
2. Waarom geeft het voeren van melk vaak problemen bij volwassen dieren?
3. Wat is vertering?
4. Waaraan kun je (achteraf) zien dat een voer goed verteerbaar is? Licht dit toe.
5. Geef een indeling van de soorten voedermiddelen die in dierentuinen gevoerd worden.
6. Verklaar waarom het geven van ruwvoer kan bijdragen aan het verminderen van gedragsafwijkingen bij grazende herbivoren.
7. Wat zijn de risico's van een te laag aandeel ruwvoer in de rantsoenen van herbivoren?
8. Wat voor soort voedermiddelen zijn geschikt voor 'browsers'? Leg uit waarom.
9. Waarom is het belangrijk om de voederwaarde van partijen ruwvoer (hooi, browse, luzerne) te laten vaststellen door een laboratorium?
10. Welke kenmerken heeft goede kwaliteit grashooi?
11. Naarmate gras en luzerne ouder worden verandert de voederwaarde. Welke veranderingen in de voederwaarde treden op?
12. Wat is het verschil tussen grashooi en kuilgras? Welk product is het best bruikbaar in de dierentuinpraktijk? Waarom?
13. Luzernehooi verliest gemakkelijk blad. Wat zijn de consequenties hiervan?
14. Waarom produceren veel meerjarige planten gifstoffen in het blad?
15. Op welke punten verschilt de samenstelling van wild fruit (bv wilde vijgensoorten) van de samenstelling van fruit zoals je dat bij de groente en fruithandel koopt?
16. Wat kan het bezwaar zijn van een hoog percentage koolsoorten in het dieet?
17. Wat zijn de belangrijkste kenmerken van dierlijke producten? (Voedingskundig gezien?)
18. Waarom is extra aandacht voor vitamine B1 en E belangrijk bij het voeren van vis?
19. Waarom vraagt de calciumvoorziening extra aandacht bij het voeren van insecten aan insectivoren?
20. Wat is 'krachtvoer'?

5. Voeding en omgevingsverrijking

Om te kijken naar de verschillende mogelijkheden, maar ook de pluspunten en valkuilen van verrijking is het handig om vast te stellen wat verrijking precies is. De grote hoeveelheid literatuur die over het onderwerp geschreven is geeft helaas geen duidelijk en concreet antwoord. In het verrijkingsboek van de Harpij wordt de volgende definitie gegeven van verrijking: *“Verrijking is iedere toevoeging aan de leefomgeving van een dier die het de kans biedt om zich op een natuurlijke wijze te gedragen”*. Een zeer ruime omschrijving waar de vraag blijft; wanneer is het niet meer dan onderdeel van een standaard verblijf en waar is het verrijking? De Harpij geeft al aan dat iedere dierentuin dit anders interpreteert, waar bepaalde zaken voor de een standaard zijn, geldt het voor de ander als verrijking.

Het verbeteren van het welzijn van dieren is in vroegere dagen beschreven als het verminderen van stereotiep gedrag, ongewenst gedrag, agressief gedrag en het bevorderen van beweging en soortspecifiek gedrag.

In dit hoofdstuk gaan we over omgevingsverrijking, vooral over de rol van voedsel(aanbod) daarbij.

5.1 Vormen van verrijking

Het doel van verrijking is het leven van dieren te verbeteren. Deze verbetering moet gerealiseerd worden door meer lichamelijke activiteit, bevordering van het natuurlijke gedrag en het voorkomen en verminderen van hersenaandoeningen (zoals stereotiep gedrag). De verschillende vormen van verrijking kunnen (er zijn andere indelingen) in zes categorieën ingedeeld worden:

- Sensorisch; een stimulans van de zintuigen (visueel, reuk, gehoor, tast en smaak)
- Voedsel
- Speelgoed
- Omgeving; aanpassingen aan huisvesting
- Sociaal; interactie met andere dieren
- Training

In deze cursus ligt het accent op de groep voedsel en naar de voordelen nadelen van het inzetten van voedsel bij het bevorderen van het welzijn van dieren. Kortom verrijking met voeding! Voedingsmiddelen kunnen natuurlijk ook bijdragen aan sensorische verrijking of dienen als speelgoed/ afleidingsmateriaal.

5.2 Omgevingsverrijking zorgt voor stimulans van de hersenen en gaat stereotiep gedrag tegen

Omgevingsverrijking zorgt voor een stimulans van de hersenen. Prikkel uit de omgeving activeren de hersenen, de binnenkomende informatie moet immers verwerkt worden. Reeds in 1947 werd in een onderzoek door Donald Hebb aangetoond dat ratten die opgevoed worden als huisdier (veel prikkels) beter in staat waren puzzels op te lossen dan ratten die opgroeiden in laboratoriumkooien (weinig prikkels). In 1960 testte Mark Rosenzweig deze bevindingen opnieuw in een gecontroleerde omgeving. Twee groepen ratten werden gehouden in twee

verschillende typen huisvesting. In één groep werden de dieren individueel gehouden in een standaard kooi terwijl in de andere groep de ratten samen werden gehouden in een verrijkte omgeving (aanwezigheid van speeltjes, ladders, tunnels etc.). De ratten die opgroeiden in de verrijkte omgeving hadden een hoger niveau van het enzym cholinesterase. Dit enzym zorgt voor de overdracht van prikkels naar de zenuwen en zorgt dus indirect voor reacties van het lichaam.

Onderzoek naar de gevolgen van omgevingsverrijking wordt al jaren uitgevoerd en door de jaren heen is vaak aangetoond dat het gedrag van dieren kan veranderen door het geven van extra prikkels.

Verrijking door middel van voeding is ontwikkeld om het natuurlijke gedrag bij het zoeken en verkrijgen van voedsel te stimuleren. In traditionele dierentuinen worden veel diersoorten een of twee keer per dag gevoerd met vaste hoeveelheden in hapklare stukken. Nutritieel gezien zijn deze diëten wellicht goed afgestemd op de soort waarvoor ze bedoeld zijn, dit garandeert echter nog niet een optimaal welzijn. In een serie onderzoeken is aangetoond dat het invoeren van verrijking door middel van voeding er bij primaten voor zorgt dat de zoektijd naar voedsel toeneemt (Chamove, 1981 en 1982; Tripp, 1985; Maple & Finlay, 1986), en bijdraagt aan een afname van agressie in de groep (Chamove, 1982; Boccia et al, 1984) en abnormaal gedrag (Chamove et al., 1982; Gould & Bres, 1986; Bayne et al, 1992). Vergelijkend onderzoek bij beren heeft aangetoond dat beren die voor hun eten moeten werken actiever worden, en minder stereotiep gedrag vertonen (Bashaw et al., 2003).

5.3 Voedselverwerving als tool voor verrijking

Voedselverwerving is een zeer belangrijk onderdeel van het gedrag van dieren. Voedselverwerving omvat alle gedragingen die zorgen voor het verkrijgen en verwerken van voedsel. Zonder energieopname zijn andere gedragingen niet mogelijk. Feit is dat voedselverwerving in de natuur voor veel diersoorten vaak het grootste deel van de dag of nacht inneemt. Veel diersoorten zijn continu bezig met hun volgende eetmoment. Wanneer wordt overwogen meer te gaan doen met verrijking is het aan te raden eerst goed te kijken hoe het diersoort van nature zijn voedsel verwerft.

Carnivoren kunnen in twee hoofdgroepen ingedeeld worden; jagers en wachters (ambushers). Jagers volgen een vast patroon; het waarnemen van de prooi (reuk, zicht, gehoor), het benaderen van de prooi (stalken) en, eenmaal dicht genoeg genaderd, de jacht en het doden van de prooi. Dit proces kost tijd en het dier zal er ook de tijd voor nemen, wel geldt altijd dat het zoeken en verkrijgen van voedsel minder energie moet kosten dan de prooi aan energie oplevert.

Wanneer dieren hun voedsel hapklaar aangereikt krijgen kost het verkrijgen van het ervan ze geen energie, daarnaast houden ze op die manier veel tijd over. Het feit dat er veel tijd onbenut blijft kan zorgen voor verveling, iets dat vervolgens eenvoudig kan leiden tot stereotiep gedrag. Het behoeft geen verdere uitleg dat voeding zich bij uitstek leent om te koppelen aan gedragsverrijking.

5.3.1 Verrijking door voeding bij grote katachtigen zorgt voor actievere dieren

In een onderzoek naar gedragsverrijking bij grote katachtigen (Bashaw 2003) werd aangetoond dat verrijking met behulp van voeding er voor zorgde dat de dieren actiever werden. Naast de toename in activiteit vertoonden de dieren minder stereotiep gedrag op de dag van voeren en de twee dagen er na. De katten, Afrikaanse leeuwen (*Panthera leo leo*) en Sumatraanse tijgers (*Panthera tigris sumatrae*). kregen botten met vlees, de tijgers kregen daarnaast levende vissen. De conclusie van het onderzoek was dat beide soorten meer verschillende gedragingen lieten zien (met name gedragingen gerelateerd aan consumptie).

In een ander onderzoek (McPhee, 2002) werd aangetoond dat het voeren van karkassen een positief effect heeft op het gedrag van katachtigen, er werd meer natuurlijk gedrag vertoond en minder stereotiep gedrag.

Zijn er dan alleen maar voordelen te noemen over het creatief voeren van katachtigen? Hartley (2006) plaatst een kritische noot bij het voeren van hele prooi aan dieren. Een mogelijk gevaar is dat dieren zich focussen op specifieke onderdeel van de prooi. Het routinematige eten van lever of veren kan problemen opleveren door de hoge concentraties van respectievelijk Vitamine A en cystine.

5.3.2 Voeren van levende prooi als de ultieme verrijking bij katachtigen

Het verstrekken van ijsblokken aan Afrikaanse leeuwen zorgde voor meer beweging. Een studie bij aan viskatten (*Felis viverrina*) die gevoerd werden met levende vis toonde aan dat er minder geslapen werd, er meer verschillende gedragingen vertoond werden en dat een groter deel van het verblijf benut werd. Deze verandering in het gedrag was zeven dagen na het voeren van de levende prooi nog steeds aanwezig. Het voeren van levende prooi wordt in meerdere onderzoeken aanbevolen als strategie om stereotiep gedrag tegen te gaan door het promoten van “goede” gedragingen.

Onderzoek onder diertuinbezoekers toont echter aan dat veel bezoekers grote bezwaren hebben tegen het levend voeren van vooral aabare dieren zoals konijnen en cavia's. Ook het voeren van levende vis of zelfs insecten wordt niet door iedereen zomaar geaccepteerd.

Overigens is volgens de ethische code van de NVD diertuinen het voeren van levende prooi niet toegestaan.

5.3.3 Een onvoorspelbaar voederschema kan zorgen voor meer soortspecifiek gedrag

Uit onderzoeken is gebleken dat vaste voederschema's stereotiep gedrag net voor, of na, het voeren kunnen doen toenemen (Carlstead, 1995; Terlouw et al., 1993). De discussie over het voeren met behulp van vaste, of juist flexibele schema's is niet nieuw. Een onderzoek naar het gedrag van chimpansees toonde een hoge mate van agressie net voor en tijdens het verstrekken van het voer (Wilson & Wilson, 1968). Het invoeren van een onvoorspelbaar voerschema kan dieren die veel tijd besteden aan jagen of het zoeken naar voedsel stimuleren om meer soortspecifiek gedrag te gaan vertonen (Basset & Buchanan-Smith, 2007).

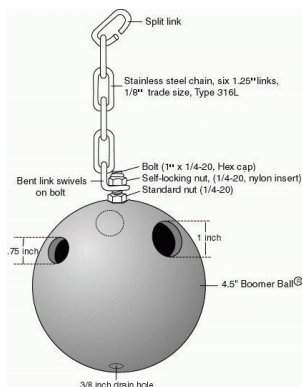
Bloomsmith en Lambeth (1995) hebben een onderzoek gedaan naar voerschema's bij chimpansees. Het doel van het onderzoek was om te kijken hoe vaste en flexibele voerschema's het welzijn van deze dieren beïnvloeden. Tijdens het onderzoek kregen de dieren vier keer per dag voedsel verstrekt. Het onderzoek toonde aan dat voeren op wisselende tijden het gedrag kan veranderen en zo het welzijn kan verhogen (door een waarneembare afname van abnormaal gedrag).

In een onderzoek bij coyotes (*Canis latrans*) is gekeken naar de effecten van het veranderen van tijdstip en de plaats van voeren. Het doel van het onderzoek was het bevorderen van soort specifiek gedrag.

5.3.4 Het gebruik van een voerautomaat om giraffes actiever te krijgen en meer van het verblijf te laten gebruiken

Bashaw (2001) laat in een onderzoek naar stereotiep gedrag bij giraffes zien dat 79,7% van deze dieren in de onderzochte dierentuinen minimaal één vorm van stereotiep gedrag vertonen. In Oakland Zoo (VS) is een onderzoek uitgevoerd waarbij giraffes werden gevoerd middels een automatisch voedersysteem. De voedertijden gedurende het experiment werden door middel van het automatische voedersysteem willekeurig bepaald. Het onderzoek liet zien de giraffes beter gebruik maakten van het gehele verblijf.

5.3.5 Klauwaapjes geven de voorkeur aan werken voor hun eten (contrafreeloading)



In een onderzoek uitgevoerd door de Rosa et al. (2003) is gekeken naar de voorkeur van Klauwapen (*Callithrix jacchus*) als het gaat om het aanbieden van voer. De apen hadden toegang tot twee verblijven; in het ene verblijf werd het voer kant en klaar verstrekt op plateaus en in het andere verblijf werd het voer verstrekt door middel van een zgn. *puzzle feeder*. Het voer dat verstrekt werd was een aanvulling op hun normale dieet. De test wees uit dat de apen de voorkeur gaven aan de kooi met de puzzle feeder (figuur 40).

Figuur 40: Voorbeeld van een puzzle feeder.

Vragen hoofdstuk 5

1. Het geven van meer ruwvoer in een rantsoen van grazers of browsers is een vorm van omgevingsverrijking. Geef hier argumenten voor.
2. Wat zijn de bezwaren van het aanbieden van voedsel op vaste tijdstippen?
3. Wat zijn de bezwaren van het aanbieden van levende prooi aan roofdieren in de dierentuin?
4. Geef een indeling van de vormen van verrijking. Geef per categorie een voorbeeld waarbij gebruik wordt gemaakt van voedsel.
5. Wat betekent 'contrafreeloading'? Welke betekenis heeft dit bij de voeding?

Overzicht voedingsbronnen voor dierverzorgers en anderen

Inleiding

Dit overzicht is bedoeld om dierverzorgers behulpzaam te zijn bij hun zoektocht naar informatie over diervoeding. In vergelijking met informatie over landbouwhuisdieren is het informatieaanbod over voeding van gezelschapsdieren, paarden en dierentuindieren relatief beperkt. In het overzicht staan vijf onderwerpen centraal: algemeen, dierentuindieren, reptielen, vogels en samenstelling voerbestanddelen/ normen voor behoeften. Per onderwerp worden drie soorten informatiebronnen gebruikt: boeken, tijdschriften en websites.

Enkele aanbevolen zoektermen op Internet

Let er op dat op Internet veel onbetrouwbare en onjuiste informatie staat. Het gebruik van onderstaande zoektermen leidt tot de wat ‘betere’ sites.

Diersoortnaam (Nederlands, Engels en Duits) en/of daarna wetenschappelijke naam

+

nutrition

captive diet

energy requirements

nutritional ecology

feeding ecology

ration

nutritional disorders

husbandry

nutrient requirements

Nog een zoektip

Probeer het volgende eens met het zoekprogramma “Google”: zet in de zoekregel “**define:**” en daarachter de term die je uitgelegd wil zien. De bronnen zijn als altijd op Internet wel wisselend van kwaliteit. Veel studieboeken hebben overigens achterin een glossary. (Zoek maar op wat dat betekent met de ‘define’ functie.)

Algemeen

Dit onderdeel bevat een overzicht van bronnen die niet specifiek aan een diercategorie zijn toe te schrijven. Omdat voor de bepaling van de voedingsbehoefte van een dier de natuurlijke situatie (auto-ecologie, in-situ) het uitgangspunt is zijn ook enkele algemeen biologische bronnen opgenomen.

Boeken

Burger: Waltham book of Companion Animal Nutrition Goed startpunt om je te oriënteren op voeding. Hoofdstuk 2 geeft een goed overzicht van functie energie en nutriënten met voorbeelden vooral toegespitst op honden en katten. Hoofdstuk 3 over werking spijsvertering. Verder goede hoofdstukken over toegepaste honden en kattenvoeding.

Cheeke: Applied Animal Nutrition: Goed overzichtswerk

Dryden: Animal Nutrition Science: wat mij betreft het beste algemene diervoedingsboek van dit moment (maart 2010).

Langer: The mammalian herbivore stomach Alles wat je altijd al hebt willen weten over het spijsverteringsstelsel van herbivoren. Voor vergelijkende anatomie en fysiologie van spijsverteringstelsels kijk ook eens op de CD-ROM: The digestive system of vertebrates.

McDowell: Minerals in animal and human nutrition Een compleet overzicht over macro en spore-elementen met informatie over functies in het lichaam, gebrekverschijnselen (deficiënties), toxiciteit, aanbevolen dagelijkse opname en gehalten in de voeding.

Mc Dowell: Vitamins in animal nutrition Zie de beschrijving van het andere boek van mc Dowell, is inmiddels op sommige punten wat verouderd.

Schmidt-Nielsen: Animal Physiology Het deel 'food and energy' is nuttig om te lezen.

Starck and Wang: Physiological and Ecological Adaptations to Feeding in Vertebrates Serie diepgaande artikelen over aspecten van spijsverteringsfysiologie.

Swenson and Reece: Dukes' Physiology of domestic animals Een standaardwerk met informatie over verteringsfysiologie, energiemetabolisme, metabolisme individuele nutriënten etc. Voor als je echt de diepte in wil voor onderbouwing van processen. Veel referenties, een completer werk hebben we niet in onze mediatheek.

Tijdschriften

Animal welfare: Hier staan af en toe artikelen in die betrekking hebben op voedselkeuze, gedrag rondom voeding en omgevingsverrijking.

Applied animal behaviour science: De moeite waard om bij te houden vanwege artikelen over voedselkeuze, voeropnamegedrag en andere onderwerpen die nauw samenhangen met voeding.

Diergeneeskundig Memorandum: Uitgave vanuit de farmaceutische industrie. Het gaat heel vaak niet over voeding, maar af en toe staat een bepaalde diercategorie centraal waarbij ook aandacht voor voeding.

Levende Have: Tijdschrift voor hobbydierhouders. Veel actueel nieuws voor deze sector en vrijwel iedere keer een toegankelijk artikel over voeding.

Tijdschrift voor Diergeneeskunde: Dit tijdschrift moet je in de gaten houden omdat er onregelmatig artikelen over voeding in staan. Qua niveau tussen wetenschap en praktijk in. In afgelopen jaargangen is er onder meer aandacht geweest voor paardenvoeding, vogelvoeding en reptielenvoeding. Vergeet dus niet diverse jaargangen door te kijken.

Internetsites

<http://www.aalas.org> De site van AALAS bevat o.m. een aantal brochures met basisinformatie over de verzorging van een aantal laboratorium dieren.

<http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/index.html> Animal diversity web, een initiatief van de universiteit van Michigan. De on-line equivalent van 'Grzimek'. Daarnaast valt er nog een hoop op te steken van zoölogie.

<http://cal.vet.upenn.edu/poison/index.html> Informatie over giftige planten van belang voor vee en paarden. (US).

<http://www.cbif.gc.ca/pls/pp/poison> Een zeer uitgebreide Canadese site met informatie over giftige planten.

<http://www.gcw.nl/dissertations> Deze aan de WUR gelieerde site geeft onder meer alle recente proefschriften van de WUR compleet digitaal.

<http://highwire.stanford.edu> Op dit moment de beste site om wetenschappelijke artikelen te vinden.

<http://www.nutrition.org> Dit is de website van de American Society of Nutritional Sciences. Met behulp van de zoekmachine kun je artikelen uit het Journal of Nutrition zoeken. Artikelen zijn pittig maar er zijn een aantal supplementen over huisdierenvoeding die zeker de moeite waard zijn.

http://nutrition.jbpub.com/discovering/interactive_glossary.cfm Deze op humane voeding gerichte site bevat een uitgebreide woordenlijst (glossary) waarin voedingskundige termen worden uitgelegd. Daarnaast een basiscursus voeding.

<http://www.nutritiondata.com/glossary.html> Vergelijkbaar met voorgaande.

<http://www.onlineconversion.com> Als je serieus met voeding aan de gang gaat moet er gerekend worden aan rantsoenen. Bij vergelijking van rantsoenen (zeker internationaal) moeten wel eenheden vergelijkbaar gemaakt worden. Dit is een handige omrekenite.

<http://scholar.google.com> De zoekmachine voor wetenschappelijke publicaties. Put ook uit 'Pubmed' (<http://www.pubmedcentral.nih.gov>).

Dierentuindieren (kijk ook bij reptielen en vogels)

Boeken

Barboza et al.: Integrative Wildlife Nutrition Voor de echte specialisten: pittig. Meer voor achtergrond dan direct praktisch toepasbaar.

Cheeke en Dierenfeld: Comparative animal nutrition and metabolism Prima recent (2010) boek, veel aandacht voor vergelijking tussen de soorten. Hoort in de kast van iedereen die zich met de voeding van dierentuindieren bezighoudt.

Nijboer en Huisman: Harpig Browse Identificatie boek

Nijboer et al.: Zoo animal nutrition Bundel artikelen rondom alle mogelijke aspecten van dierentuinvloeding. Veel ook over praktische toepassingen. Aanrader.

Fidgett et al.: Zoo animal Nutrition II Zie voorgaande.

Fidgett et al.: Zoo animal Nutrition III Zie voorgaande.

Clauss et al.: Zoo animal Nutrition IV Zie voorgaande.

Dierauf and Gelland: CRC Handbook of Marine Mammal Medicine In dit boek ook aandacht voor voeding(sproblemen).

Fowler: Zoo and Wild Animal Medicine Alle edities zijn zelfstandig bruikbaar. De bundels bestaan uit artikelen over een bepaalde diersoort met daarin aandacht voor verzorgingsaspecten. Ook artikelen rondom specifieke thema's waarvan sommige erg relevant voor voeding.

Hosey et al. Zoo Animals: behaviour, management en welfare Algemeen boek met informatie over alle aspecten van dierentuinmanagement. Een overzichtelijk hoofdstuk over dierentuinvoeding. Aanrader!

Hume: Marsupial Nutrition Standaard werk over de voeding van buideldieren.

Jansen en Nijboer: Zoo animal nutrition; tables and guidelines Eerste en tot nu toe enige overzicht in deze vorm voor dierentuindieren. Aan revisie toe, maar nog steeds bruikbaar naast andere bronnen.

Kleiman et.al. Wild mammals in captivity Goede hoofdstukken over dierentuinvoeding van Mary Allen.

NRC: Nutrient requirements of nonhuman primates Voor het samenstellen van rantsoenen voor apen een onmisbaar boek maar bepaald geen kant-en-klaar kookboek. Veel informatie ook over de samenstelling van het natuurlijk dieet. Deels on-line in te zien via www.nap.edu.

Olney (ed): International Zoo Year Book Ook artikelen over diertuinvoeding, wel erg beschrijvend. Edities 2005 - 2009 bevatten een aantal goede inhoudelijke artikelen.

Pagee en Viergever: De hooikwaliteit in Nederlandse diertuinen Deze afstudeeropdracht toont aan dat je voor de samenstelling van gebruikte producten bepaald niet blind kunt varen op voedertabellen. En hooi uit natuurterreinen blijkt meestal een qua samenstelling armzalig product.

Puschmann: Zootierhaltung Bespreking per diersoort over aspecten van houderij uiteraard met aandacht voor voeding.

Robbins: Wildlife feeding and nutrition Standaardwerk over de voeding van wilde dieren. Ook een goed basisboek om je basisprincipes van de voeding eigen te maken.

Verrijdt en Witteveen: Aap noot mis.....?: De nutriëntenbehoefte van wolapen Dit is de eerste van een hele serie afstudeeropdrachten waarbij dieetevaluatie en voedingsbehoefte van een bepaald diertuindier centraal staan. De aanpak van dit onderzoek heeft gediend als voorbeeld voor veel andere afstudeerprojecten op dit terrein. Vergelijkbare afstudeeronderzoeken hebben plaatsgevonden naar: tropische beren, waterschildpadden, Aldabra schildpadden, Europese bruine beren, mutslangoeren, giraffes, brilbladneusvleermuizen, rendieren etc. Altijd nuttig om kennis van te nemen als je met zoiets bezig bent al was het maar voor de literatuurlijst.

Tijdschriften

EAZA news: In de normale uitgaven zal je vrijwel niets over voeding vinden. Eens in de twee jaar komt er echter een voedingsspecial met artikelen over praktische diertuinvoeding. Daarvan zijn er nu 4 verschijselen. Ook on-line in te zien via de EAZA website.

Zoo Biology: Wetenschappelijk tijdschrift met veel aandacht voor voeding. Moet je lezen!

Internetsites

<http://nagonline.net/Articles/ZooBiology/nutrition%20issue/Commentary1.pdf> Wie begint met een project over diertuinvoeding zou in ieder geval eerst dit artikel moeten lezen.

<http://www.conzoolting.com> Site van Helena Marques. Overzichtelijke technische informatie.

<http://www.stlzoo.org/animals/caremanagement/animalfoodnutritioncenter> De website van het voedingscentrum van St Louis Zoo met aan het hoofd dr. Ellen Dierenfeld, een van de meest publicerende diertuinvoedingsdeskundigen.

<http://nagonline.net> De onvolprezen site van de 'Nutrition Advisory Group' met voedingsrichtlijnen voor veel diertuindieren. Speciale aandacht verdienen de stukken onder 'Feeding Guidelines' en de publicaties onder 'Technical papers'.

<http://www.eaza.net> De website van de EAZA. Het 'nutrition' gedeelte bevat o.m. de complete inhoud van de EAZA-news nutrition specials, verder veel samenvattingen naar aanleiding van de ENG-conferenties.

<http://www.eznc.org> Hoewel de naam en mogelijk sommige uitingen op de website mogelijk een andere indruk wekken is er **geen** connectie met EAZA en NVD activiteiten. De site wordt als bron **niet** aanbevolen.

<http://www.elephantcare.org/Elebase/nutritin.htm> Database met beschrijving artikelen voeding olifant.

www.tapirspecialistgroup.org Heel veel over tapirs, waaronder husbandry guidelines en een newsletter.

<http://www.ursusjournal.com/volumes.htm> Ursus is een wetenschappelijk tijdschrift gewijd aan beren. Artikelen zijn in samenvatting te lezen en regelmatig ook full text.

<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome/35728> Altijd de moeite waard om deze site bij te houden. Bevat de inhoudsopgave en samenvattingen van het tijdschrift 'Zoo Biology' waarin veel aandacht voor voeding. Kijk ook eens onder 'special features' op de site waar een aantal interessante full text artikelen te vinden zijn over het houden van olifanten, grote panda en duikers. Daarnaast nog een special over de Westelijke Laagland Gorilla.

Reptielen

Boeken

Dennert: Ernährung von Landschildkröten Over voeding van landschildpadden.

Eidhof en Venema: Beïnvloeding van de calciumconcentratie in steppenkreken Beschrijft hoe je door middel van 'gut loading' de calciumgehalten in krekels op peil brengt waardoor ze geschikt worden voor voeding aan insecteneters.

Erinkveld en Mos: De samenstelling van reptieleneieren Eieren zijn eigenlijk pakketjes energie en nutriënten. Om eierleggende dieren goed te voeren moet je weten om welke hoeveelheden het gaat. Dit onderzoek geeft een belangrijke aanzet tot de kennis hierover.

Frye: A practical guide for feeding captive reptiles Frye is een autoriteit op het gebied van reptielenvoeding dus publicaties waar zijn naam aan is verbonden zijn altijd de moeite waard.

Highfield: The tortoise and turtle feeding manual Schildpaddenvoeding.

Warwick et.al.: Health and welfare of captive reptiles In dit boek heeft Frye de stukken over voeding voor zijn rekening genomen.

Zwart: De voeding van gezonde en zieke dieren: land-, moeras- en zeeschildpadden Van de Nederlandse autoriteit op dit gebied.

Tijdschriften

Lacerta Af en toe artikelen over voeding en verzorging

Internetsites

<http://www.anapsid.org/mainfood.html> Site van Melissa Kaplan met concrete informatie over voeding.

<http://www.drgecko.com/feed.htm> Voeding van gecko's

<http://www.herplit.com> Geen artikelen maar een database met beschrijving van alle mogelijke literatuurbronnen over reptielen (en amfibieën).

<http://www.tortoisetrust.org> Alles over schildpadden, ook goede artikelen over voeding.

Vogels

Boeken

Burger: Waltham book of Companion Animal Nutrition Goed startpunt om je te oriënteren op voeding. Hoofdstuk 2 geeft een goed overzicht van functie energie en nutriënten met voorbeelden vooral toegespitst op honden en katten. Hoofdstuk 3 over werking spijsvertering. Hoofdstuk 6 gaat over vogelvoeding gedurende alle levensfasen. Vooral gericht op kanarie en parkiet.

Deeming: The Ostrich: biology, production and animal health Met hoofdstuk over voeding wel gericht op struisvogels voor fok en productie vlees.

Holsheimer Voeding van kooi en volièrevogels Het boek is wat verouderd, maar om je in te lezen en als voorbereiding op moeilijker Engelse teksten toch nog wel aan te raden.

Nijboer et al. Voeding van roofvogels Praktisch opgezet boekje met ook overzichtelijke beschrijving van algemene voedingsaspecten. Zeer bruikbaar voor praktijk roofvogelvoeding.

Klasing: Comparative Avian Nutrition Het standaardwerk over vogelvoeding, het wordt zeer aanbevolen.

Scott and Dean: Nutrition and management of ducks Leesbaar werk over de voeding van eenden.

Sturkie: Avian physiology Beetje oud inmiddels maar goed voor diepgaande informatie over verteringsfysiologie.

Internetsites

http://www.agris.be/nl/struis/str_menu.html Informatie over struisvogelvoeding.

<http://www.avianweb.com/companionbird.htm> Een liefhebberssite maar wel de moeite waard om te bezoeken.

http://edis.ifas.ufl.edu/TOPIC_Pet_Birds Site van de universiteit van Florida met informatie over de voeding van in huis gehouden vogels

<http://exoticpets.about.com/cs/birds> Nogal rommelige site met advertenties en voor voeding irrelevante links. Wel nuttig om je op te oriënteren.

<http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1696.pdf> Artikel over voeding struisvogels en Emu's afkomstig van Iowa state university.

<http://www.oie.int/eng/publicat/rt/2303/pdf/31-cooper1033-1038.pdf> Uitgebreid wetenschappelijk artikel over struisvogelvoeding.

<http://elibrary.unm.edu/sora/Auk/index.php> Alle nummers van "AUK" vanaf ongeveer 1880 tot 1999.

Samenstelling voerbestanddelen/ Normen voor behoeften

Er kleven een aantal risico's aan het gebruik van tabellenboeken of daarmee vergelijkbare Internetsites. Dit wordt deels veroorzaakt omdat er vaak geen tabellen zijn voor de diersoorten waar jij je specifiek mee bezig houdt. Hierdoor moet er uitgeweken worden naar andere tabellenboeken zoals boeken voor humane voeding of veevoeding. Denk in ieder geval om de volgende aspecten:

- Meten is weten: het rechtstreeks bepalen van voederwaarden en behoeften is altijd nauwkeuriger dan het hanteren van een gemiddelde tabelwaarde. Bij zo'n gemiddelde hoort vaak een behoorlijke spreiding.
- De chemische samenstelling van een voedermiddel is onafhankelijk van de diersoort waaraan het gevoerd wordt. De voedingswaarde van hooi gevoerd aan een olifant kun je daarom best opzoeken in een tabellenboek voor vee.
- De verteerbaarheid van een voedermiddel is wel gebonden aan de diersoort. Je kunt hooguit een aanname maken dat er tussen vergelijkbare diersoorten weinig verschillen in verteringscapaciteit bestaan.
- Voedermiddelen verschillen per land en per regio evenals de daar bij behorende waarden. Gebruik dus bij voorkeur tabellen uit de betreffende regio.
- Bij humane voedingsmiddelentabellen worden altijd de gehalten van het eetbare gedeelte gegeven. Hele vis is voor zeehonden een behoorlijk compleet product, visfilet (het voor mensen eetbare deel) is dat bepaald niet en wordt overigens als het goed is ook niet aan viseters gevoerd. (zie ook De Boer en Oorsprong: Viseters in Nederlandse Dierentuinen) Als een aap zijn banaan pelt voor het eten kun je een humane tabel gebruiken, anders moet je op zoek in heel andere tabellen.

- Kijk bij tabellen waarin de behoefte wordt weergegeven (nutritional requirements) goed uit of het de dagelijkse behoefte betreft of een aanbevolen samenstelling van het voer.
- Behoeftenormen in tabellen zijn altijd gemiddelde waarden, de individuele verschillen kunnen groot zijn.

Boeken

CVB: Tabellenboek(je) veevoeding Jaarlijkse uitgave met gegevens over behoeften rundvee, schapen, geiten, paarden, konijnen en kippen. Daarnaast samenstelling voedermiddelen inclusief ruwvoerders zoals hooi en kuilgras.

CVB: Veevoedertabel Uitgebreide samenstelling van grondstoffen gebruikt voor de bereiding van veevoerders.

CVB: Voederwaarden (EWpa en VREp) van voedermiddelen voor het paard Meest actuele voederwaarden van voeders gebruikt voor paarden.

Jansen en Nijboer: Zoo animal nutrition; tables and guidelines Eerste en tot nu toe enige overzicht in deze vorm voor dierentuindieren.

NEVO: NEVO-tabel; Nederlands voedingsstoffenbestand Tabel voor humane voeding. Let dus op: alle waarden per 100 gram eetbaar product.

NRC: Nutrient Requirements of horses Veel normen voor de samenstelling van paardenvoeders zijn afgeleid van deze US standaard. Ook in te zien via www.nap.edu, waarna je gebruik moet maken van de zoekfunctie.

NRC: Nutrient Requirements of Laboratory Animals In deze bundel hoofdstukken over de rat, muis, cavia en andere kleine laboratoriumdieren.

NRC: Nutrient Requirements of dogs Veel normen voor de samenstelling van hondenvoeders zijn afgeleid van deze US standaard. Ook in te zien via www.nap.edu, waarna je gebruik moet maken van de zoekfunctie.

NRC: Nutrient Requirements of cats Veel normen voor de samenstelling van kattenvoeders zijn afgeleid van deze US standaard. Ook in te zien via www.nap.edu, waarna je gebruik moet maken van de zoekfunctie.

NRC: Nutrient Requirements of dogs and cats Na drie jaar aangekondigd te zijn eindelijk uit in 2006. Nieuwe informatie over de voedingsbehoeften van de hond en de kat.

NRC: Nutrient requirements of nonhuman primates Voor het samenstellen van rantsoenen voor apen een onmisbaar boek maar bepaald geen kant-en-klaar kookboek. Veel informatie ook over de samenstelling van het natuurlijk dieet. Deels on-line in te zien via www.nap.edu.

NRC: Mineral tolerance of animals Alle mineralen in de diervoeding systematisch behandeld. Veel aandacht voor de rol van mineralen in het lichaam. En uiteraard informatie over maximale acceptabele opname voor veel diergroepen. Deels on-line in te zien via www.nap.edu. Maak hiervoor gebruik van de zoekfunctie op de site

Sauvan et al.: Tables of composition and nutritional value of feed materials Deze uitgave is samengesteld door Franse veevoedingsonderzoekers.

Souci et al.: Food composition and nutrition tables Humane voedingsmiddelen tabel. Let dus op: waardes per 100 gram eetbaar product!

Internetsites

<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> Op de site van de USDA kun je van heel veel humane voedingsmiddelen de samenstelling vinden.

<https://www.lib.uaa.alaska.edu/hsis/about/akfood.pdf> De samenstelling van voedsel gegeten door o.m. de Inuit. Handig als je nog eens wat moet uitzoeken over gewenste voedingssamenstelling van dieren uit het noordpool gebied.

http://www.fao.org/infoods/directory_en.stm Een verzameling van alle mogelijke humane voedingssamenstellingen uit alle delen van de wereld. Een aantal on-line toegankelijk.

http://www.foodcomp.dk/fcdb_default.asp Deense voedingsmiddelentabel on-line. Zeer overzichtelijk. Het gaat hier om humane voedingsmiddelen. Weergave van gehalten per 100 gram eetbaar product.

Index

A

aardappel, 103
achterdarm, 23
achterdarmverteeders, 22
acidose, 22
alfalfa, 92
alvleesklier, 32
aminozuren, 21, 48
amylase, 21
amylolitische enzymen, 21
anaerobe bacteriën, 27
azijnzuur, 22, 27

B

bacterieel eiwit, 27
bacteriën, 22
bètacaroteen, 54
biotine, 68
bloedarmoede, 69
boekmaag, 29
browse, 31, 94
browsers, 30
bulk and roughage feeders, 30
B-vitaminen, 27, 34

C

caecotrofie, 34
caecum, 34
calcium, 72
canines, 24
carnivoren, 21
caroteen, 53
cellulase, 21
cellulose, 21
chitinase, 31
chloride, 75
cholesterol, 45
choline, 69
chronische verzuring, 28
chroom, 78
concentrate, 113
concentrate selectors, 30
coprofagie, 33
cyanacobalamine, 67

D

diarree, 22
disachariden, 42
druivensuiker, 42
duifachtigen, 27
dunne darm, 22, 32
duodenum, 32

E

echte kiezen, 25
eieren, 107
eiwittekort, 50
eiwitten, 21, 47
emulgeren, 32
energie, 38
energievoorziening, 22
enkelvoudige krachtvoerders, 113
enkelvoudige suikers, 42
enquêtes, 11
enzymen, 21
essentieel nutriënt, 38
essentiële aminozuren, 48
essentiële vetzuren, 44

F

fermentatieve afbraak, 22, 32
fermentatieve vertering, 22
fluor, 78
folacine, 68
foliumzuur, 68
fosfor, 72
fructose, 21, 42
fruit, 98

G

gal, 32
galactose, 42
glucose, 21, 42
glycerol, 21, 44
granivore, 27
gras, 88
grazers, 30
groente, 101

H

haasachtigen, 34
hematocrietwaarde, 41
hemicellulase, 21
hemicellulose, 21
herkauwers, 86
herkauwreflex, 29
hoefbevangenheid, 22
hoefproblemen, 28
hoeftanden, 24
hypervitaminose, 51
hypovitaminose, 51

I

ijzer, 75
incisors, 24
insectivore, 27
intermediate feeders, 30

K

kalium, 75
kauwbewegingen, 25
kiezen, 25
kliermaag, 31
kobalt, 67, 78
kool, 102
koolhydraten, 21, 42
kopdarm, 23
koper, 77
krachtvoer, 83, 112
kreeftachtigen, 107
krop, 27
kropmelk, 27
kuilgras, 91

L

lactase, 21
langvezelig materiaal, 29
lignine, 21
lipase, 21
lipolitische enzymen, 21
luzerne, 92

M

maag-darmstelsel, 20
macro-elementen, 71
magnesium, 74
mangaan, 77
mannose, 42
mechanische verkleining, 20
melk, 107
melkzuur, 28
micro-elementen, 71
micro-organismen, 29
middendarm, 23
mineralen, 71
molaren, 25
molybdeen, 78
monosacchariden, 21, 42

N

natrium, 75
netmaag, 29
niacine, 64
nicotinezuur, 64
niet-essentiële aminozuren, 48
nutriënten, 20, 37

O

omasum, 29
omnivoren, 21
onverzadigde vetzuren, 44
oxaalzuur, 103

P

pancreas, 32

panthotheenzuur, 65
pens, 29
pensverzuring, 22, 31
pepsine, 21, 31
pepsinogeen, 31
peulvruchten, 103
piscivore, 27
premolaren, 25
prik, 29
prolactine, 27
prooi, 105
prooidieren, 106
propionzuur, 22, 27
proteolitische enzymen, 21
pseudoherkauwers, 29
pyridoxine, 66

R

rachitis, 55
reservekoolhydraten, 43
reticulum, 29
retinol, 52
rumen, 29
ruwvoer, 83

S

samengestelde krachtvoerders, 113
schaaldieren, 107
selenium, 78
slokdarm, 23
snavel, 24
snijtanden, 24
sojabonen, 103
speeksel, 26
spiermaag, 20, 31
spijsverteringskanaal, 10
spijsverteringsstelsel, 10
stikstof, 47
structuurkoolhydraten, 43
sucrase, 21

T

thiaminase, 63, 108
thiamine, 62
trypsin, 21
twaalfvingerige darm, 32
tweevoudige suikers, 42

U

ultraviolet licht, 55

V

valse kiezen, 24
vertering, 20
verteringsenzymen, 21, 26
verzadigde vetzuren, 44
verzuring, 22, 28
vetoplosbare vitaminen, 44, 52

vetten, 44
vetzuren, 21
vezelgehalte, 14
vis, 107
vitamine A, 52
vitamine B, 61
vitamine B1, 62
vitamine B12, 67
vitamine B2, 64
vitamine B6, 66
vitamine B₈, 68
vitamine C, 70
vitamine D, 55
vitamine E, 57
vitamine K, 27, 60
vitaminen, 51
vlees, 104
vluchtige vetzuren, 22, 27
voederdieren, 106

voedermiddelen, 84
voedingsbehoefte, 9
voordarm, 23
voormaag, 27
voormaagverteeders, 22
voormagen, 29
voorwaardelijk essentiële aminozuren, 48

W

water, 38
waterbehoefte, 39
wateroplosbare vitamines, 52

Z

zink, 77

Verklarende woordenlijst

In de onderstaande tabel staan termen uitgelegd die voorkomen in het dictaat of tijdens de inleidingen zijn gebruikt. De termen staan op alfabetische volgorde. Wanneer in de uitleg een term cursief is gedrukt wordt deze elders in de lijst ook toegelicht.

Achterdarm	Het laatste deel van het verteringsstelsel, na de dunne darm (blinde en dikke darm).
Achterdarmverteerder	Dier waar <i>fermentatieve vertering</i> plaatsvindt ná de dunne darm (bv in de blinde darm). De producten van deze vertering vormen een belangrijke energiebron.
ADF	Acid Detergent Fiber: Het deel van de plantcelwand wat het moeilijkst verteerbaar is. Het is het totaal van <i>lignine</i> en <i>cellulose</i> . Hoe hoger het ADF gehalte, hoe lager de verteerbaarheid van het voedermiddel. Het wordt bepaald met de van Soest methode.
Aminozuren	De bouwstenen waaruit <i>eiwitten</i> zijn opgebouwd.
Anaerobe bacteriën	Bacteriën die leven in een omgeving waar zuurstof niet vrij beschikbaar is. Dit kan omdat ze gebruik maken van zuurstof gebonden in organische verbindingen. Belangrijke groepen zijn de bacteriën uit voormagen en <i>achterdarm</i> . Ook bij de processen die leiden tot het product ‘ <i>kuil</i> ’ zijn anaerobe bacteriën noodzakelijk.
Anorganische stoffen	Stoffen die na verbranding van een voedermiddel overblijven. De anorganische stof (AS) bevat onder meer de mineralen maar ook bv zand.
Antagonist	Stof in de voeding die de opname van een andere stof verhindert. Dit veroorzaakt een <i>secundaire deficiëntie</i> . P is bijvoorbeeld een antagonist van Ca. De stof avidine in rauwe eieren is een antagonist van de vitamine biotine.
Anti nutritionele factor	Stoffen die planten produceren om zich te beschermen tegen vraat. Ze zijn onsmakelijk en/of verstoren de vertering en/of zijn giftig. Blad en bast van bomen en struiken en veel zaden kunnen deze stoffen bevatten.
Anti-oxidant	Stof die de schadelijke effecten van vrije radicalen tegengaat. Hierdoor wordt zowel het bederf van vooral onverzadigde vetten voorkomen als de beschadiging van lichaamscellen. Voorbeelden zijn vitamine E en C.
Aziijnzuur	Een vluchtig (d.w.z. gasvormig bij lichaamstemperatuur) vetzuur, restproduct van de afbraak van (structuur-) koolhydraten door bacteriën in voormaag en/of achterdarm. Het wordt opgenomen door de wand van het maagdarmsstelsel en is vooral voor planteneters een belangrijke energiebron.

Blad/twijg ratio	De verhouding tussen bladeren en twijgen (bij browse). Hoe hoger de ratio, dat wil zeggen hoe hoger het aandeel blad, hoe hoger de voederwaarde.
Body Condition Score (BCS)	De BCS wordt meestal weergegeven op een schaal van 1-5 (soms 1-9). De middelste waarde is de ideale score. De waarde '1' staat voor extreem mager, de waarde '5' voor ernstig overgewicht.
Browse	Term voor het natuurlijke dieet van <i>browsers</i> ; takken, twijgen en bladeren van struiken en/of bomen.
Browser	Bladeter, meestal wordt hiermee een herkauwer bedoeld die takken en bladeren selecteert bij de voedselopname. Ook wel ' <i>concentrate selector</i> ' genoemd.
Bruto energie	De energie die een voer levert wanneer je het volledig verbrand. Om de hoeveelheid voor het dier beschikbare energie te berekenen moet je hier de verliezen in uitwerpselen, urine en darmgas van aftrekken.
Bulk and roughage feeders	Herbivoren die zonder veel selectie gras opnemen. Ook wel grazers genoemd.
Calorie	Verouderde, maar nog veel gebruikte eenheid van energie. 1 calorie is 4,184 joule.
Canines	Hoektanden
Ca/P verhouding	De verhouding tussen de mineralen calcium (Ca) en fosfor (P). Deze is belangrijk omdat ze bij een verkeerde verhouding elkaar tegenwerken. 1,5 : 1 is een gemiddeld goede verhouding, bij eivorming bij vogels en reptielen kan de hoeveelheid Ca veel hoger zijn (>3 : 1).
Carnivoor	Een dier dat zich voedt met (delen van) andere dieren. Het gehele prooidier is voedsel.. Naast hetgeen wij als 'vlees' bestempelen worden andere delen zoals orgaanweefsel, huidweefsel en delen van het bot geconsumeerd. Letterlijk betekent carnivoor 'vleeseter', maar het voeren van alleen vlees leidt tot <i>deficiënties</i> van onder meer calcium (Ca).
Cecum	Blinde darm (niet verwarren met appendix).
Cellulose	Moeilijk verteerbaar bestanddeel van plantencelwand. Het gehalte <i>cellulose</i> wordt hoger in oudere planten/plantdelen.
Chitine	Dierlijk materiaal wat vergelijkbaar is met structurele koolhydraten. Het exoskelet van o.m. insecten bestaat uit chitine, vischubben bevatten vaak ook chitine. Is voor veel dieren slecht verteerbaar.
Concentrate selectors	Herbivoren die selectief zijn in hun voedselopname d.w.z. ze selecteren de beter verteerbare delen uit de vegetatie (meestal blad) (<i>browsers</i>). Niet te verwarren met het opnemen van concentrate, een Engelse term voor geconcentreerde voeding zoals brokken e.d.

Coprofagie	Het eten van (meestal de eigen) uitwerpselen (toegepast door o.a. haasachtigen).
Dieet	Wat het dier dagelijks aan voedingsmiddelen krijgt. Deze term wordt ook het meest in dit dictaat gebruikt. (In andere publicaties wordt de term dieet vaak gebruikt voor b.v. speciale voeding voor bijvoorbeeld zieke dieren.)
Deficiëntie	Een tekort aan (een nutriënt).
Eiwitten	Eiwitten in het voer zijn een bron van <i>aminozuren</i> . Ze worden gebruikt als bouwstof in het lichaam, als energiebron en als basis voor enzymen, (veel) hormonen en antistoffen.
Energie	De drijvende kracht van alle lichaamsprocessen. De nutriëntengroepen <i>koolhydraten</i> , <i>vetten</i> en <i>eiwitten</i> kunnen alle energie leveren aan het dier.
Energiedichtheid	De hoeveelheid energie per eenheid volume. Vet levert veel energie per eenheid volume en is daardoor zeer energiedicht.
Enzymatische vertering	Afbraak van voedingsmiddelen met behulp van lichaamseigen verteringsenzymen. Gebeurt grotendeels in de dunne darm.
Enzymen	Een eiwit dat een bepaald proces versterkt/in gang zet. De bekendste enzymen zijn de verteringsenzymen maar bijvoorbeeld omzettingsprocessen in de lever zijn ook afhankelijk van enzymen. Verteringsenzymen verkleinen grote voedselbestanddelen tot opneembare (door de wand van het maag-darmstelsel) nutriënten.
Essentieel aminozuur	Een aminozuur wat niet opgebouwd kan worden uit andere aminozuren en daarom in de voeding moet worden aangeboden.
Essentieel	In de voedingsleer betekent essentieel dat een nutriënt niet door het lichaam zelf kan worden aangemaakt uit andere stoffen en dus in het dieet moet voorkomen. Let op: 'essentieel' betekent dus niet hetzelfde als 'belangrijk'.
Essentieel vetzuur	Een vetzuur wat niet kan worden gemaakt uit andere vetzuren en daarom dus moet worden opgenomen via de voeding. Linolzuur is voor de meeste landdieren essentieel.
Ex situ	In gevangenschap.
Feces	Ontlasting, bevat de onverteerde voedselbestanddelen en daarnaast darmbacteriën.
Fermentatieve vertering	Vertering van plantaardig materiaal door bacteriën en andere micro-organismen in vooral voormagen en/of achterdarm. Bij dit proces komen <i>vluchtige vetzuren</i> vrij die kunnen worden gebruikt als energiebron voor het dier waarin de micro-organismen leven.

Frugivoor	Een dier dat zich van nature voornamelijk voedt met <i>fruit</i> . Hier moet wel opgemerkt worden dat wild fruit duidelijk anders (een veel hoger vezelgehalte en lager suikergehalte) is van samenstelling dan de veredelde afstammelingen die te koop zijn bij de groenteboer!
Fruit	Eigenlijk is fruit het deel van de plant wat de zaden bevat. Meestal bedoelen we er echter zoete eetbare producten mee. In grotere hoeveelheden is fruit niet geschikt voor fruiteters en andere dieren. In vergelijking tot wilde fruitsoorten is het te arm aan vezels en eiwit en te rijk aan suikers.
Granivoor	Een dier dat zich van nature voornamelijk voedt met zaden (van bomen, struiken en/of grassen).
Hemicellulose	Bestanddeel van plantencelwand, iets beter verteerbaar dan <i>cellulose</i> .
Herbivoor	Een dier dat zich van nature (vrijwel) uitsluitend voedt met plantaardig materiaal.
Herkauwer	Dier waarbij eerder ingeslikt vezelig voedsel vanuit de <i>voormaag</i> (pens) middels een herkauwreflex opnieuw omhoog in de mondholte wordt gebracht om het opnieuw te kauwen.
Hypervitaminose	Een teveel van een bepaalde vitamine (overmaat). Vooral vitamine A en D vormen een risico.
Hypovitaminose	Een tekort aan een bepaalde vitamine (deficiëntie).
Incisors / incisieven	Snijtanden.
Ingrediënten	De voedermiddelen waar een dieet mee is samengesteld. Niet te verwarren met <i>nutriënten</i> !
Insectivoor	Een gespecialiseerde groep carnivoren welke zich van nature voornamelijk voedt met insecten.
In situ	In het wild.
Intermediate feeders	Dieren die zowel grazen (gras eten) als <i>browsen</i> (blad eten).
IU	(International Units) Internationale eenheden (IE), een eenheid gebruikt om de hoeveelheid werkzame vitaminen in een product uit te drukken.
Kilojoule (kJ)	Eenheid van <i>energie</i> . 1000 kJ = 1 Megajoule (MJ)
Kliermaag	Eén van de magen van vogels. Vergelijkbaar met de ‘reguliere’ maag bij veel zoogdieren. In het totale verteringsstelsel, gezien vanaf de bek, betreft het hier de tweede maag (na de eerste; de spiermaag).

Koolhydraten	Groep nutriënten in de meeste gevallen, afkomstig uit plantaardig materiaal. De groep is te verdelen in twee groepen. De eerste groep, die van de structuurkoolhydraten, zorgt voor de stevigheid van de plantencelwand en levert geen, of moeilijk beschikbare energie. Deze energie is alleen vrij te maken door <i>fermentatieve vertering</i> . De tweede groep; de reservekoolhydraten, bestaat uit de suikers en het zetmeel uit de celinhoud. Deze groep levert voor de meeste dieren makkelijk beschikbare energie.
Kopdarm	Term voor het begin van het verteringsstelsel (de mondholte).
Krachtvoer	Verzamelnaam voor voer dat het leveren van gemakkelijk beschikbare energie als belangrijkste eigenschap heeft. Bevat relatief veel energie per kg. M.a.w. het is relatief <i>energiedicht</i> . (commerciële voeders, brokken en zetmeelrijke producten)
Kropmelk	Een mengsel van vetrijke, snel afschilferende epitheelcellen uit de kropwand. Sommige vogelsoorten (o.a. duifachtigen) gebruiken deze substantie bij het voeren van jongbroed. Naarmate de jongen ouder worden wordt door de ouderdieren meer en meer vast voer met het mengsel meegegeven.
Kuil	Licht zuur eindproduct van bewerking van ruwvoer door middel van <i>anaerobe</i> bacteriën. In een kunstmatig gecreëerde zuurstofvrije omgeving zetten deze bacteriën een deel van het product om in <i>vluchtige vetzuren</i> .
Lignine	Houtstof. Onverteerbaar bestanddeel van plantencelwand. Gehalte neemt toe bij het ouder worden van een plant.
Macro-elementen	Elementen (<i>anorganische stoffen</i>) die in grote hoeveelheden in het lichaam voorkomen. (>50 mg/kg). Ca, P, Mg, S, K, Na behoren tot deze groep.
Macrosomie	Van `macrosomie` wordt gesproken indien het geboortegewicht van een pasgeborene te hoog is in vergelijking met het gemiddelde gewicht van een pasgeborene.
MBD	Metabolic Bone Disease. Verzamelnaam voor botaandoeningen als gevolg van voedingsproblemen (veroorzaakt door een overmaat/gebrek/verkeerde verhouding van Calcium, Fosfor en vitamine D, onvoldoende UV-B straling).
Metaboliseerbare energie	De energie die beschikbaar is voor lichaamsprocessen. Zie ook uitleg bij <i>Bruto energie</i> . Metaboliseerbare energie wordt afgekort met ME. Omzetbare energie (OE) is hetzelfde.

Metabolisch water	Water dat voor een dier beschikbaar komt uit metabolische processen (Verbrandingsprocessen). Bij verbranding levert vet meer metabolisch water dan koolhydraten.
Micro-elementen	Elementen (<i>anorganische stoffen</i>) die slechts in kleine hoeveelheden in het lichaam voor (hoeven te) komen. (< 50 mg/kg) Een andere term is; spore-elementen. Cu, Fe, Zn, I behoren tot deze groep.
Middendarm	Term voor het deel van het verteringsstelsel dat volgt op de voordarm en zich vóór de eindarm bevindt (dunne darm).
Molaren	Kiezen
NDF	Neutral Detergent Fiber bestaat uit de stoffen lignine, cellulose (is samen ADF) en hemicellulose. Wordt bepaald met behulp van de van Soest analyse. Is een betere benadering van het vezelgehalte dan ruwe celstof.
Nectarivoor	Dier dat zich van nature voornamelijk voedt met nectar.
Niet-essentiële nutriënten	<i>Nutriënten</i> die het lichaam zelf kan samenstellen uit andere nutriënten en daarom niet in het dieet aanwezig hoeven te zijn. Veel dieren kunnen bijvoorbeeld zelf vitamine C aanmaken.
Nutriënten	Voedingskundige term voor ‘voedingsstoffen’ ofwel de stoffen die het lichaam kan opnemen en gebruiken. Niet te verwarren met <i>ingrediënten</i> ! Een ingrediënt, bv een appel, bestaat uit voedingsstoffen zoals koolhydraten en vitaminen.
Nutritionele behoefte	De totale behoefte aan energie, nutriënten en andere voedingsbestanddelen zoals vezels.
Obesitas	Schadelijk of ziekelijk overgewicht. BCS 5.
Omnivoor	Een verzamelnaam voor dieren die zich voeden met zowel dierlijk als plantaardig materiaal.
Onderhoudsenergie	De hoeveelheid energie (‘M’) die een normaal functionerend dier in gevangenschap nodig heeft om op gewicht te blijven.
Organische stoffen	Stoffen die kunnen worden verbrand in het lichaam en daarom kunnen dienen als energiebron; eiwitten, koolhydraten en vetten.
Overgewicht	Zwaarder dan gewenst, BCS > 3.
Overmaat	Een teveel van (een nutriënt).
Pensverzuring	Hierbij is de inhoud van de pens (voormaag) te zuur om optimaal te functioneren. Kan leiden tot ernstige ziekte en zelfs sterfte. Diëten die rijk zijn aan suikers en zetmelen (krachtvoer, granen, fruit) en arm aan <i>vezels</i> zijn een risico.
Piscivoor	Een gespecialiseerde groep <i>carnivoren</i> welke zich van nature voornamelijk voedt met (hele!)vis.
Premolaren	Valse kiezen.

Prik	Een term gebruikt om de ‘stengeligheid’ van een voeder mee uit te drukken. Veel prik betekent vezelrijk voedsel (lange vezels) Prik stimuleert de herkauwreflex en de voortgang van de voedselmassa in de darmen.
Propionzuur	Een <i>vluchtig vetzuur</i> , restproduct van <i>fermentatieve vertering</i> door bacteriën en bron van energie voor dieren die gebruik maken van deze wijze van vertering.
Pro-vitamine	Een stof die kan dienen als voorloper van een vitamine (kan door een dier worden omgezet in een vitamine) bijvoorbeeld β -caroteen – retinol (vitamine A).
Rachitis	Botaandoening gekenmerkt door slappe, kromgroeiende botten. Gevolg van een verstoord evenwicht Calcium/Fosfor/Vitamine D.
Rantsoen	De dagelijkse hoeveelheid voedingsmiddelen voor een dier. Deze term wordt vooral veel bij landbouwhuisdieren gebruikt.
Reservekoolhydraten	De <i>koolhydraten</i> die zich in een plantencel bevinden (suikers en zetmeel). Worden meestal in de dunne darm door lichaamseigen enzymen afgebroken.
Ruwe celstof (RC)	Bij de Weende analyse worden de moeilijk verteerbare celwandbestanddelen bepaald door het voedermiddel te koken in loog en zuur. Wat overblijft na deze bewerking wordt ruwe celstof genoemd. De methode wordt nog veel gebruikt maar is veel minder nauwkeurig dan de van Soest methode waarmee <i>ADF</i> en <i>NDF</i> worden bepaald.
Ruw eiwit (RE)	Het ruw eiwitgehalte wordt vastgesteld met behulp van de Weende analyse door het stikstofgehalte te bepalen en dit te vermenigvuldigen met een vast getal (6,25 meestal). Het RE gehalte is vaak een goede indicatie voor het eiwitgehalte maar er zijn voedingsmiddelen met stikstofbevattende bestanddelen die geen eiwit zijn.
Ruwvoer	Verzamelnaam voor voer met een relatief hoog gehalte ruwe celstof (gras, hooi, <i>browse</i>). Naast het nutritionele aspect heeft dit type voer een belangrijke functie bij het op gang houden van het verteringsstelsel (‘ <i>prik</i> ’ stimuleert de herkauwreflex en de werking van de darmen).
Secundaire deficiëntie	<i>Deficiëntie</i> die niet door een tekort in de voeding wordt veroorzaakt maar door de aanwezigheid van een stof die de opname belemmert. Veel calcium in het voer kan bijvoorbeeld de opname van fosfor en sommige micromineralen belemmeren.
Secundaire plantcomponenten	Stoffen die planten produceren om zich te beschermen tegen vraat. Ze zijn onsmakelijk en/of verstoren de vertering en/of zijn giftig. Blad en bast van bomen en struiken en veel zaden kunnen deze stoffen bevatten.

Spiermaag	Eén van de magen van vogels, gezien vanaf de bek is dit de laatste maag in het verteringsstelsel. Door middel van spierbewegingen verkleint deze maag het voedsel. Vooral sterk ontwikkeld bij zaadeters.
Spijverteringsstelsel	De volledige weg die voedsel in een dier aflegt, beginnend bij bek/snavel en eindigend bij anus/cloaca.
Structuurkoolhydraten	<i>Koolhydraten</i> die in de celwand van een plant zorgen voor stevigheid. Ook wel structurele koolhydraten genoemd.
Suikerziekte (diabetes mellitus)	Dit is een ontregeling van de bloedsuikerspiegel (glucose), door een verminderde aanmaak van insuline (type 1 diabetes) of door een insulineresistentie (type 2 diabetes).
Supplement	Toevoeging aan het rantsoen. Dit zijn vaak mineralen en/of vitaminen supplementen. Supplementen zijn alleen maar zinvol als je de behoefte van het dier kent en de samenstelling van de rest van het rantsoen.
Verteerbaarheid	Maat voor de hoeveelheid nutriënt die de wand van het maagdarmstelsel passeert.
Verteren	Het verkleinen van voedseldeeltjes tot deze klein genoeg zijn om de darmwand te kunnen passeren.
Vetoplosbare vitaminen	Vitaminen die in het dieet en in het lichaam hechten aan vetten. Deze vitaminen kunnen in het lichaam worden opgeslagen en zijn om die reden relatief eenvoudig over te doseren. Het betreft hier vitamine A, D, E en K.
Vetten	Vetten in het voer leveren veel energie, een voer met veel vet heeft dus een hoge energiedichtheid. Voor veel dieren verhoogt vet de smakelijkheid van het voer. Vet in het voer bevat vetoplosbare vitaminen en kan essentiële vetzuren leveren. In het lichaam is vet onder meer belangrijk als reserve-energie en als isolatie. Onverzadigde vetten zijn vloeibaar bij kamertemperatuur (olie) en verzadigde vetten zijn vast bij kamertemperatuur.
Vezel	Het begrip ‘vezel’ kan twee betekenissen hebben. Het wordt gebruikt om een structuur aan te duiden (‘prik’). Het wordt echter ook vaak gebruikt als aanduiding voor plantcelwandbestanddelen (<i>RC</i> of <i>NDF</i>).
Vluchtige vetzuren	Verzamelnaam van enkele korte, verzadigde vetzuren. (gasfase!) Product van <i>fermentatieve vertering</i> door anaerobe bacteriën.
Voedermiddelen	Zie <i>Ingrediënten</i> .
Voedingsbehoefte	Het totaal van eisen die een dier stelt aan zijn voeding. (Zowel energie als nutriënten.)
Voedingsstoffen	Zie <i>Nutriënten</i> .

Voordarm	Term voor het tweede deel van het verteringsstelsel, volgend op de 'kopdarm'. Hier gaat het om de slokdarm, voormagen, maag, krop, kliermaag en spiermaag.
Voormaag	Deel tussen slokdarm en 'echte maag'. Hier worden plantcelbestanddelen fermentatief verteerd. Bij herkauwers heet dit de pens (+ netmaag en boekmaag).
Voormaagverteerder	Dier waar de <i>fermentatieve vertering</i> plaatsvindt vóór de eigenlijke maag (bv. herkauwers).
Voormaagverzuring	(Acute) daling van de pH in de voormaag ten gevolge van een hoog aanbod van zetmeel en suikers en/of te weinig aanbod van vezels (<i>prik</i>).
Wateroplosbare vitaminen	Vitaminen die in het dieet en in het lichaam uitsluitend hechten aan water. Enkele uitzonderingen daargelaten kunnen deze vitaminen in het lichaam niet worden vastgehouden. Indien niet gebruikt worden deze eenvoudig weer uitgescheiden (urine), overdosering is om deze reden vrijwel onmogelijk. Het betreft hier vitamine B en C.