

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 Hoofddeling en functies nutriënten

Om te kijken naar de hoofddeling 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
Sneeuwgans	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 overtollige 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

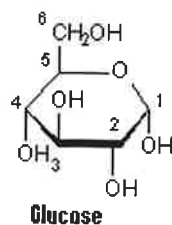
Naast dit meer algemeen oriënterend onderzoek kan het drinkwater eveneens onderzocht worden op specifieke verontreinigingen (b.v. fluor) of op specifieke pathogene bacteriën zoals *E. coli*, Streptokokken of Salmonella.

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

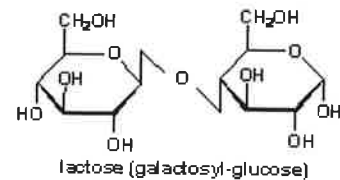


De monosacchariden (enkelvoudige suikers) vormen de bouwstenen van de meer complexe koolhydraten. Glucose (druivensuiker) is een belangrijke monosaccharide in de voeding. Andere monosacchariden zijn mannose, galactose en fructose. In de dunne darm kunnen koolhydraten uitsluitend in de vorm van monosacchariden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

figuur 15: glucose

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.

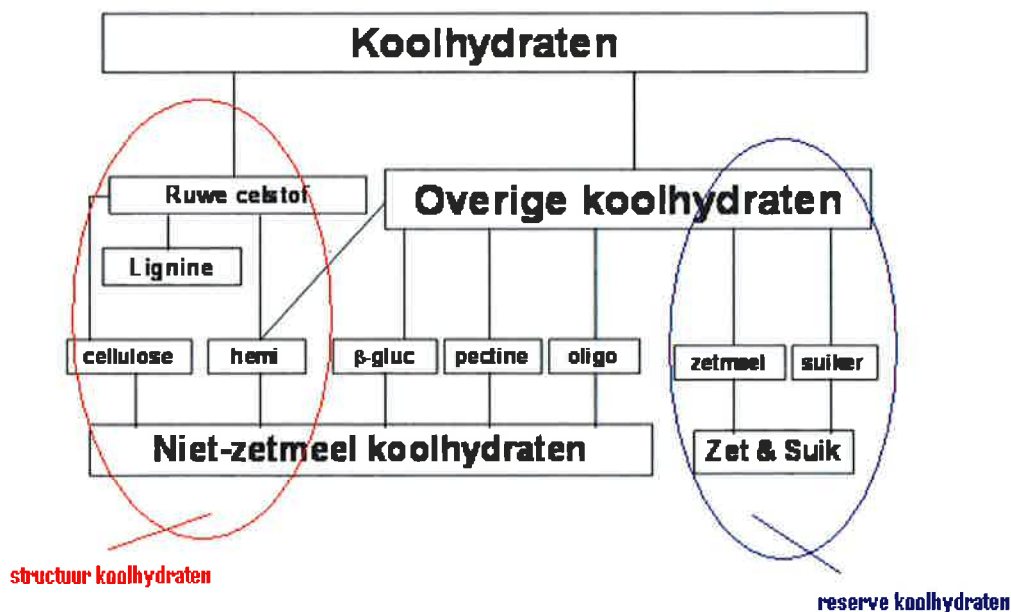
3.4.2 Structurele en niet-structurele koolhydraten

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 plantenetters 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.

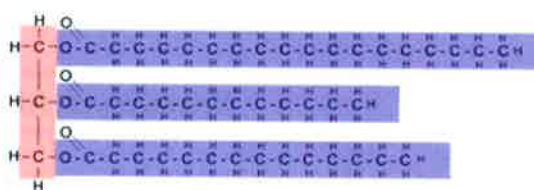
Overige functies

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.



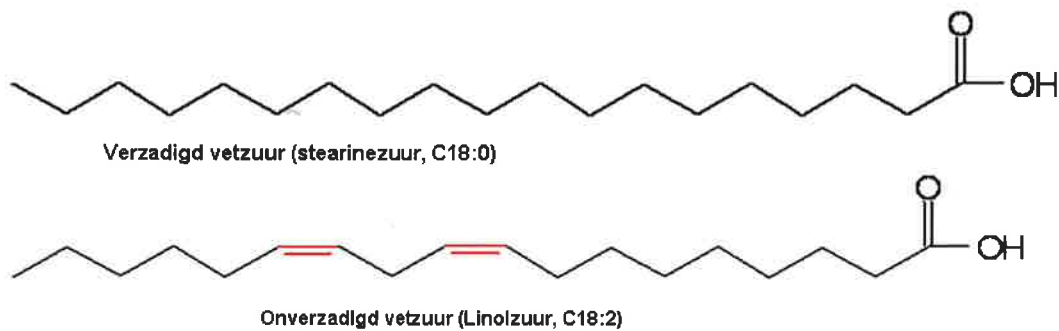
Vet molecuul bestaande uit 1 glycerol en 3 vetzuren

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 voorkeur hebben 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 Behoeft

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 doodgeboren 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

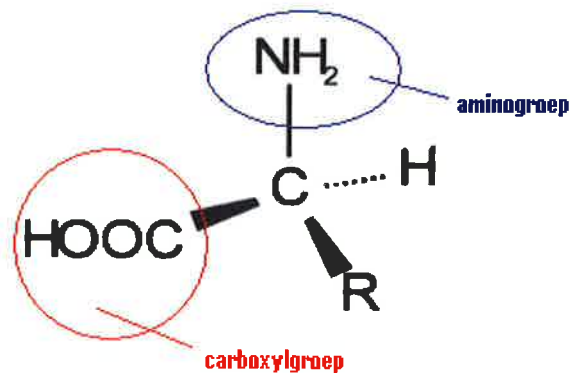
Eiwitten zijn opgebouwd uit de elementen koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O) en stikstof (N). In het lichaam is eiwit van groot belang, het wordt gebruikt als bouwstof (spieren, organen, veren) en als energiebron. Verder is eiwit belangrijk voor een groot aantal regulerende mechanismen zoals de 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 Amino-zuren

Amino-zuren vormen de bouwstenen van de eiwitten. Amino-zuren 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 amino-zuren voor.

Bij de eiwitvertering worden de eiwitten in maag en dunne darm afgebroken tot amino-zuren. Deze amino-zuren kunnen de darmwand passeren en komen in het bloed van het dier terecht. Het dier krijgt daardoor de beschikking over een mengsel van amino-zuren en kan uit deze amino-zuurpool (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 amino-zuren voor vorming van lichaamseigen eiwit.



Figuur 20: Amino-zuur.

Essentiële en niet-essentiële amino-zuren

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

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 animozuur 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.