**De luchtwegen**

De luchtwegen vormen de verbindingsweg tussen de buitenlucht en het longweefsel. Via de luchtwegen kan zuurstof naar de longen getransporteerd worden, en koolstofdioxide naar de buitenlucht.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *De luchtwegen.  1=neusholte 2=mondholte 3=rechterlong (bovenste kwab) 4=keelholte 5=strottenhoofd 6=luchtpijp 7=linker hoofdbronche 8=bronchie* |

**4.1 Neusholte**

 Geen twee neuzen zijn hetzelfde. Door de vorm van het neuskraakbeen en de bedekkende huid is iemands neus een karakteristiek onderdeel van zijn gezicht. Het grootste deel van je neus is opgebouwd uit elastisch kraakbeen. Hierdoor is je neus goed beweegbaar, maar blijft de vorm gehandhaafd.   
De neus heeft van binnen neusharen en vormt de toegang tot de neusholte. Deze is veel groter dan de neus van buiten doet vermoeden. De **neusholte** is bekleed met **neusslijmvlies**; het buitenste laagje hiervan bestaat uit trilhaarepitheel. Dit is een laag dekcellen die aan een kant bedekt is met trilhaarcellen, waartussen zich veel slijmvormende klieren bevinden.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Lengtedoorsnede van het hoofd. 1=voorhoofdsholte 2=neuskraakbeen 3=neusschelp 4=harde gehemelte 5=tongbeen 6=schildkraakbeen 7=ringkraakbeen 8=neusbijholte 9=mondholte 10=keelholte 11=strotklepje 12=luchtpijp* |

De neusholte wordt in twee delen verdeeld door het neustussenschot. Aan beide kanten heeft de wand van de neusholte drie uitstekende plooien, de **neusschelpen**. De door de neus ingeademde lucht wervelt langs de neusschelpen, die het oppervlak van de neusholte aanzienlijk vergroten. Boven in de neusholte bevindt zich het reukzintuig, een stukje slijmvlies van 2 à 3 cm2 waarin zich de reukzintuigcellen bevinden Deze zijn zeer nauw verbonden met de hersenen. Het bijbehorende reukcentrum er zit dan ook vlak boven.   
De neusholte staat in verbinding met een aantal holtes in de schedelbeenderen, de **bijholten**. Deze zijn eveneens bekleed met slijmvlies. In de neusholte bevindt zich de **neusamandel**, die bestaat uit lymfoïde weefsel. De neusamandel speelt een rol bij de afweer van het lichaam.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Lengtedoorsnede van de neus. 1=voorhoofdsholte 2=uitmonding van de traanbuis 3=neuspunt 4=harde gehemelte 5=bovenlip 6=reukzenuw 7=neusbijholte 8=neusschelpen 9=huig* |

**4.2 Functies van de neusholte**

Het is meestal gezonder om door je neus dan door je mond in te ademen. De neusholte heeft namelijk de volgende functies:  
1. **Zuivering**. De grotere stofdeeltjes blijven steken in de neusharen. Het neusslijmvlies vangt in het slijm veel kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers op. De trilharen zwiepen vervolgens het merendeel van het vervuilde slijm in de richting van de keelholte. Daar slik je het in; maagzuur vernietigt de eventuele ziekteverwekkers.  
2. **Verwarming**. Ingeademde lucht kan in de neusholte opgewarmd worden. Koude lucht bijvoorbeeld wordt hier tot ongeveer 33°C opgewarmd. Het op temperatuur brengen van de ingeademde lucht voorkomt te sterke afkoeling van het longweefsel. Een lage temperatuur verhindert een goede gaswisseling.  
3. **Bevochtiging**. Ingeademde lucht wordt door het neusslijmvlies vochtiger gemaakt. Dit gebeurt ook door verstuivend traanvocht, dat via de traanbuis [link 20.2.1] onder de onderste neusschelp uitmondt. Er wordt voortdurend traanvocht gemaakt om de oogbol nat te houden. Het wordt afgevoerd naar de neusholte. Wanneer je huilt raken de traanbuisjes al snel overvol en gaan de tranen over je wangen biggelen. Bovendien komt er dan zoveel traanvocht in de neusholte, dat je gaat snotteren.  
4. **Ruiken**. Ingeademde lucht wordt gekeurd door het reukzintuig. Dit heeft te maken met bescherming: giftige gassen en gevaarlijke dampen ruiken meestal vies, waardoor je gealarmeerd wordt. Wanneer je slecht ruikende lucht inademt, ga je automatisch oppervlakkiger ademhalen, ook wanneer je de luchtvervuiling niet bewust ruikt.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Het traanapparaat 1=traanklier 2=traankanaaltje van het bovenste ooglid 3=traanzakje 4=traankanaaltje van het onderste ooglid 5=traanbuis, uitkomend in de onderste neusgang* |
| 10voorBiologie | *Détail van het neusslijmvlies. 1=impulsafvoerende uitlopers van  de zintuigcellen 2=cellichaam van een zintuigcel 3=steuncel 4=prikkelontvangende uitloper  van de zintuigcel* |

**4.3 Mondholte, keelholte en strottenhoofd**

In sommige situaties komt **mondademhaling** goed van pas. Wanneer je neus verstopt zit of wanneer je moet hoesten, hijgen of diep moet inademen (zoals bij blazen, onder water zwemmen) is het prettig, dat je ook nog een mond hebt om door te ademen.  
Bovendien speelt de mond een belangrijke rol bij het **spreken**. De mondholte fungeert dan als een vervormbare klankkast waarmee de klinkers gevormd worden. Lippen en tong maken de medeklinkers.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Bovenaanzicht van de tong 1=strotklepje 2=linker keelamandel 3=smaakpapil* |

De keelholte ligt achter de neus- en mondholte en is zowel onderdeel van de luchtwegen als van het spijsverteringskanaal. In de keelholte bevinden zich de **huig** en het **strotklepje**. In het hoofdstuk Voeding en vertering wordt de functie van beide delen behandeld.  
Links en rechts in de keelwand bevinden zich de keelamandelen. Ze liggen aan de tongbasis. Net als de neusamandel zijn de keelamandelen ophopingen van lymfoïde weefsel en spelen ze een rol bij de afweer. Wanneer je verkouden bent zijn ze meestal gezwollen; je kunt ze dan goed zien.  
Het **strottenhoofd** ligt tussen de keelholte en de luchtpijp in. Het bestaat uit een aantal kraakbeenstukken, waarvan het schildkraakbeen aan de voorkant het grootste is. De bovenrand van het **schildkraakbeen** is van buiten te voelen, vooral wanneer je slikt; dit is de adamsappel. In het strottenhoofd zitten je stembanden. Dit zijn stevige bindweefselvliezen die in trilling komen wanneer er lucht langs stroomt. De opening tussen de **stembanden** heet de stemspleet. Spieren van het strottenhoofd kunnen de stembanden laten bewegen waardoor de stemspleet (en daarmee de luchtpijp) geheel of gedeeltelijk afgesloten wordt. Bij de wijdste stand van de **stemspleet** worden de stembanden niet in trilling gebracht. Dit gebeurt bij gewone ademhaling. Wordt de stemspleet nauwer, dan kan de passerende luchtstroom de stembanden in trilling brengen en ontstaat er stemgeluid.  
**Stemgeluid** is heel karakteristiek voor een persoon. De eigenschappen van je stem hangt van vele factoren af: zoals de vorm van de stembanden, de vorm van de klankkast (mond- en neusholte), en de spieractiviteit van het strottenhoofd. De mens is in staat zeer veel verschillende klanken te produceren, veelal door subtiele vormveranderingen van strottenhoofd, keel- en mondholte.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Het strottenhoofd van binnen (lengtedoorsnede) 1=strotklepje 2=tongbeen 3=schildkraakbeen 4=stembanden 5=kraakbeenstukjes waar de stembanden aan vastzitten 6=ringkraakbeen 7=luchtpijp* |

**4.4. Waardoor kunnen mensen praten en dieren niet?**

Terwijl apen en vooral mensapen lichamelijk erg veel op ons lijken, en volgens recente onderzoeken voor het grootste deel hetzelfde DNA-patroon bezitten, kunnen ze niet praten. Hun keelholte en strottenhoofd zijn anders gebouwd en ze missen de fijne musculatuur (spiervoorziening) om de subtiele bewegingen te maken die bij het spreken horen. Ze missen bovendien de gespecialiseerde centra in de hersenen die de mens wel heeft. Er zijn chimpansees die wel hebben geleerd te communiceren met de gebarentaal die dove mensen gebruiken, maar ze komen dan niet verder dan zo’n 130 woorden. Bij deze dieren is een eenvoudige versie van taal dus mogelijk. Bij de meeste andere diersoorten is die waarschijnlijk geheel afwezig.   
Dieren kunnen wel onderling communiceren - denk aan de ‘bijentaal’- maar het gaat daarbij om een beperkt repertoire van tekens. Wat de mensentaal uniek maakt is de mogelijkheid om een vrijwel oneindig aantal combinaties van woorden = symbolen te gebruiken. Niemand weet precies wanneer onze voorouders voor het eerst echt konden spreken. Waarschijnlijk gebeurde dat al erg lang geleden, want alle nu bestaande talen zijn hoog ontwikkeld, ‘primitieve talen’ bestaan niet.  
[Terence Deacon](http://www.nrc.nl/W2/Nieuws/2001/01/06/Vp/wo.html), een neuroloog die zich met taalontwikkeling bezig houdt denkt dat de menselijke taal al twee miljoen jaar geleden ontstond, en dat juist die taal daarna een grote rol heeft gespeeld in de evolutie van de mens. In schedels uit die tijd (dus voor dat Homo sapiens bestond) zijn in de afdrukken van de hersenen vormen te vinden die wijzen op de aanwezigheid van taalcentra.  
Andere wetenschappers denken dat taal later ontstond, maar zeker eerder dan 40 000 jaar geleden. De scheppers van de beroemde fraaie rotstekeningen moeten al een cultuur en dus een taal hebben gehad, en de eerste bewoners van Australië arriveerden daar rond 40 000 jaar geleden over zee. Om bruikbare boten te kunnen bouwen en zeereizen te ondernemen, moeten zij ook met elkaar hebben kunnen praten. Het vermogen van jonge kinderen om een taal te leren lijkt erg op een proces van inprenting. Een baby maakt allerlei geluidjes, maar selecteert al heel vroeg de klanken die hij om zich heen hoort, en laat andere klanken vallen. Vervolgens leert een kind de moedertaal in zeer korte tijd, veel eerder en veel sneller dat het later bijvoorbeeld sommen leert maken - terwijl een taal toch heel wat ingewikkelder is. Het lijkt er op dat mensen worden geboren met een aangeboren basisgrammatica (volgens Chomsky), ook al zijn de 4000 talen die op onze planeet gesproken worden allemaal anders.

**4.5. Luchtpijp en longen**

De **luchtpijp** sluit aan op het kraakbeen van het strottenhoofd. Boven het hart splitst de luchtpijp in twee **hoofdbronchiën** (enkelvoud: hoofdbronchus), een naar de linker- en een naar de rechterlong. Luchtpijp en hoofdbronchiën zijn stevige buizen van bindweefsel waarin op regelmatige afstanden kraakbeenstukken zitten. Ze hebben een hoefijzervorm met de opening aan de achterkant, daar waar de slokdarm tegen de luchtpijp ligt. De kraakbeenstukken verhinderen het dichtklappen van de luchtpijp en hoofdbronchiën bij inademing.   
De binnenkant van luchtpijp en hoofdbronchiën is bekleed met slijmvlies met trilhaarepitheel, dat ertoe bijdraagt dat stofdeeltjes en ziektekiemen tegengehouden worden. Ze worden door de trilharen in de richting van de keel getransporteerd, geholpen door hoesten of kuchen, en vervolgens ingeslikt. Dat het trilhaarepitheel hier bijzonder gevoelig is, heb je vast wel eens ervaren: beschuitkruimels, scherpe kruiden en dergelijke kunnen hevige hoestbuien opwekken.  
Een hoofdbronchus vertakt in **bronchiën**. Elke bronchus wordt omgeven door een longkwab, die bestaat uit longweefsel. De linkerlong heeft twee longkwabben, de rechterlong heeft er drie (dit hangt samen met de positie van het hart). Binnen een **longkwab** vertakken de bronchiën zich verder tot zeer nauwe buisjes, de **bronchiolen**. Bronchiën en bronchiolen zijn bekleed met trilhaarepitheel. Naarmate de vertakkingen fijner worden verandert de vorm van de kraakbeenstukken in de wand: in de grotere bronchiën zijn ze nog ringvormig, verderop worden het onregelmatige stukjes en vlak voor de bronchiolen zijn het nog schilfers. In de bronchiolen ontbreken ze. Hiervoor in de plaats zit er glad spierweefsel. Door de spieren samen te trekken of te ontspannen is de hoeveelheid lucht die per ademhaling in- of uitgeademd wordt te beïnvloeden.  
Elke bronchiole vertakt in meerdere ballonachtige structuurtjes, de longtrechtertjes. De wand van elk longtrechtertje heeft ook weer vele blaasvormige uitstulpingen. Dit zijn de longblaasjes ofwel alveoli. Hier vindt de uitwisseling van gassen met het bloed plaats. De longblaasjes hebben een uiterst dunne wand, die bestaat uit slechts één laag cellen. De longblaasjes geven aan de longtrechter het uiterlijk van een druiventrosje.  
De longen bevatten ongeveer 900 miljoen longblaasjes. Het gezamenlijk oppervlak wordt geschat op 90 m2. Rondom de longblaasjes ligt een dicht netwerk van haarvaten. Het eigenlijke longweefsel wordt gevormd door de longtrechtertjes met de longblaasjes en de haarvaten.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *De linkerlong, schematisch; de kaders b t/m e verwijzen naar de détailtekeningen hieronder*. |
| 10voorBiologie | *b: Stukje luchtpijp, van achter gezien (hoefijzervorm!) 1=kraakbeenring 2=bindweefsellaag met spiervezels en slijmklieren 3=trilhaar slijmvlies* |
| 10voorBiologie | *c: Splitsing van de luchtpijp in twee hoofdbronchiën* |
| 10voorBiologie | *d: Eindvertakking van een bronche 4=kraakbeenschilfers 5=glad spierweefsel in de wand van de bronchiolus 6=longtrechtertje* |
| 10voorBiologie | *e: Longtrechtertje met longblaasjes 7=bronchiolus 8=longblaasje 9=haarvatennet rond de longblaasjes* |

**4.6. Gaswisseling in de longen**

De gaswisseling is gebaseerd op het diffusiemechanisme: vanuit de ingeademde lucht diffunderen zuurstofmoleculen naar het bloed, en de koolstofdioxidemoleculen gaan in tegengestelde richting. Elk ademhalingsstelsel, bij wel soort organisme ook, is er op gebouwd om de **diffusiesnelheid** zo groot mogelijk te maken. Hoe groter het diffusieoppervlak en hoe kleiner de diffusieafstand des te sneller kan de diffusie plaatsvinden. Ook moet het concentratieverschil zo groot mogelijk gehouden worden, door bijvoorbeeld de lucht voortdurend te verversen en het bloed zo snel mogelijk door te laten stromen. De longen van warmbloedige diersoorten zijn gebouwd op een optimale diffusie.

|  |
| --- |
| 10voorBiologie |

De vele longblaasjes hebben samen, mede door hun grote elasticiteit, een groot oppervlak: bij rustige ademhaling ongeveer 70 m2, bij diepe inademing ongeveer 100 m2 (om je een idee te geven: het huidoppervlak van een volwassene bedraagt ongeveer 1,5 m2). Vanuit alveolaire lucht (de lucht in de longblaasjes) diffundeert zuurstof naar het relatief zuurstofarme bloed. De zuurstof hoeft hiervoor maar twee wanden te passeren: de wand van het longblaasje (= één cellaag) en de wand van het haarvat (één cellaag). De diffusieafstand is dus heel klein. Zuurstof lost slecht op in bloedplasma. Het meeste wordt gebonden aan hemoglobine in de rode bloedcellen. Per 100 ml bloed kan er maximaal 20 ml O2 worden gebonden. Het bloed is dan met zuurstof verzadigd. Verzadigd bloed stroomt verder via de longaders naar het hart en vandaar naar de weefsels. In de alveolaire lucht is de koolstofdioxideconcentratie laag, zodat dit gas vanuit het bloed in de longblaasjes diffundeert. De hemoglobine in de rode bloedcellen neemt de zuurstof op en versnelt de afgifte van CO2.  
Bekijk ook de ademhaling en gaswisseling op [bioplek.nl](http://www.bioplek.org/animaties/longen/inhoudgaswisseling.html).

**4.7 Ademhalingsbewegingen**

Het is noodzakelijk om de concentratieverschillen van zowel zuurstof als koolstofdioxide in de longblaasjes op peil te houden. Dat doe je door voortdurende te ademen = 'ventileren' = luchtverversen. Longventilatie is dan ook: het voortdurend verversen van de alveolaire lucht; aanvoer van ‘verse’ lucht wordt afgewisseld met afvoer van ‘afgewerkte’ lucht. Je ververst je alveolaire lucht door in en uit te ademen. De ademhaling komt tot stand door bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif. Ook de longvliezen spelen hierbij een belangrijke rol.  
  
**Inademing**Inademing komt tot stand door verschillende delen van de borstwand actief te laten samenwerken. Inademing kost energie doordat er spierarbeid verricht wordt. Door spiersamentrekkingen wordt de borstholte groter. Hierdoor rekken de longen uit en wordt de luchtdruk in de longen lager dan de luchtdruk buiten het lichaam. Door het luchtdrukverschil stroomt de lucht naar de longen; de lucht wordt naar binnen gezogen.  
Bij de **buikademhaling** ofwel **middenrifademhaling** wordt het middenrif door de **middenrifspieren** naar beneden getrokken. Door het neerwaarts gaan van het middenrif komt de buikwand iets naar voren.  
Bij **borstademhaling** ofwel **ribademhaling** worden de ribben en het borstbeen door bepaalde **tussenribspieren** omhoog getrokken.  
Een normale, rustige ademhaling is een combinatie van de buik- en de borstademhaling. Bij een hele diepe inademing worden ook bepaalde halsspieren aangespannen. Hierdoor gaan de ribben en borstbeen nog verder omhoog respectievelijk naar voren.  
Bekijk [hier](http://www.bioplek.org/animaties/longen/ademhalingsspieren.html) de adembewegingen.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *Ademhalingsbewegingen bij rustige  ademhaling. I=uitademing, II=inademing  1=longen 2=ribben (doorgesneden) 3=middenrif* |

**Uitademing**De uitademing komt tot stand door verkleining van de borstholte. Dit gebeurt wanneer de ademhalingsspieren die bij de inademing samengetrokken werden, zich ontspannen. Het middenrif gaat omhoog, de ribben en het borstbeen vallen terug, geholpen door de zwaartekracht. Ook de buikwand veert door de eigen elasticiteit terug. Gewone uitademing is dus een passief proces, dat geen spierarbeid kost.  
Door de verkleining van de borstholte wordt het volume van de longen kleiner en wordt de lucht uit de longen geperst. Hierbij speelt de elasticiteit van de longblaasjes een grote rol; bij inademing zijn ze uitgerekt, en als elastiekjes rekken ze terug en dragen ze bij aan het luchtuitstroom. Je kunt het vergelijken met een ballonnetje dat je leeg laat lopen. De hevigheid waarmee dat gebeurt is het gevolg van de elasticiteit van de ballonwand.  
Je kunt ook actief uitademen, bij krachtig blazen bijvoorbeeld; dat kost wel energie omdat daarbij bepaalde tussenribspieren en buikspieren aangespannen worden om de borstinhoud nog verder te verkleinen.   
Bekijk de ademhaling op [bioplek.nl.](http://www.bioplek.org/animaties/longen/inhoudgaswisseling.html)

**4.8 Longfunctie**

Door middel van een **spirometer** is het mogelijk metingen te verrichten van de hoeveelheid lucht (= volume) die iemand in- en uitademt. Je kunt door bepaalde **longvolumes** te meten en te berekenen, een beeld krijgen van iemands **longfunctie**.  
Bij een volwassene die rustig ademhaalt is het **ademteugvolume** (Vt) ongeveer 0,5 liter. Dat betekent dat er per ademhaling 0,5 liter lucht verplaatst wordt. Wanneer een volwassene zo diep mogelijk inademt is het volume ongeveer 3 liter. Wanneer je na een normale uitademing nog verder geforceerd uitademt pers je nog ongeveer 1,5 liter lucht uit de luchtwegen. Er zit dan nog steeds lucht in de longen, want de longen kunnen nooit helemaal leeg geperst worden. Het **restvolume** (RV) bedraagt ongeveer 1,5 liter. Met bovenstaande getallen kan je de **totale capaciteit** (TC) berekenen: 0,5 + 2,5 + 1,5 + 1,5 = 6 liter. Dit wordt het **maximale longvolume** genoemd.  
Bij de bepaling van iemands longfunctie is de **vitale capaciteit** (VC) een belangrijke waarde. Het is de hoeveelheid lucht die in één ademhaling maximaal verplaatst kan worden, dus 0,5 + 2,5 + 1,5 = 4,5 liter. De individuele waarde is afhankelijk van iemands lichaamsbouw, maar ook van de conditie.  
Is de vitale capaciteit kleiner dan 4,5 liter, dan kan dat betekenen dat deze persoon een verminderde beweeglijkheid heeft van de borstkas of dat de elasticiteit van de longen afgenomen is. Als dat laatste het geval is, dan blijft er te veel lucht achter in de longen.  
Het aantal keren dat er per minuut geademd wordt, heet de **ademfrequentie**. In rust is de ademfrequentie gemiddeld 15. Tijdens inspanning kan dit oplopen tot 30.  
De ademfrequentie in combinatie met het ademteugvolume levert het **ademminuutvolume**. Dit is het volume lucht dat per minuut in- of uitgeademd wordt. Dit volume is afhankelijk van de ademfrequentie en van het ademteugvolume. In rust is het ongeveer 7,5 liter/minuut, bij grote activiteit kan het oplopen tot 30 x 3,5 (of meer) = 105 liter/minuut (of meer). Hoe sneller je ademt, hoe oppervakkiger er ingeademd wordt. Het lukt dan niet om alle lucht in die zeer korte ademtijd te verplaatsen.

|  |  |
| --- | --- |
| 10voorBiologie | *De longvolumes,  weergegeven  door een spirograaf* |

Inspiratoir reservevolume (IRV) is het verschil tussen de 3 liter bij diepe inademing en de Vt; gemiddeld bedraagt de IRV 2,5 liter.   
Het expiratoir reservevolume (ERV) is de hoeveelheid lucht die nog extra geforceerd uitgeademd kan worden (= 1,5 liter). Het reservevolume (gemiddeld 1,5 liter) wordt met RV aangeduid.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **inademingslucht (verse lucht)** | **uitademingslucht (150 ml verse lucht, 350 ml oude lucht)** | **alveolaire lucht (oude lucht)** |
| **stikstof** | 79% | 77% | 75% |
| **zuurstof** | 21% | 16% | 13% |
| **koolstofdioxide** | 0,04% | 4% | 5% |
| **water** | 0% | 3% | 7% |

In de tabel kun je zien dat stikstof de grootste component van de ingeademde lucht vormt. Dit gas komt door diffusie in het bloed, maar wordt ongebruikt weer uitgeademd. Buitenlucht bevat relatief weinig waterdamp. Tijdens de inademing wordt de lucht bevochtigd. Wanneer je uitademt vindt er wateruitscheiding plaats. Er vindt ook enige warmteafgifte vindt plaats, de lucht wordt immers in de luchtwegen opgewarmd. Daarom zijn de longen dus ook een uitscheidingsorgaan.

**4.9 Regulatie van de ademhaling**

Het zijn skeletspieren (= dwarsgestreepte spieren) die de adembewegingen mogelijk. Dwarsgestreepte spieren worden bestuurd door het animale zenuwstelsel. Toch gebeurt de ademhaling automatisch, doordat deze autonoom geregeld wordt. Je kunt het automatisch ademhalen bewust onderbreken, maar het is zo sterk dat het je niet lukt zò lang je adem in te houden tot je stikt. Onwillekeurig (zonder het te willen) ga je weer ademen.  
Het autonome centrum van de ademhaling zit in de hersenstam. Dit zogeheten **ademcentrum** is een groep zenuwcellen die de diepte en de frequentie van de ademhaling regelt door de ademhalingsspieren te activeren of te remmen. Om dit te kunnen doen moet het ademcentrum geïnformeerd worden over de ventilatiebehoefte. Dat gebeurt via sensoren in de wand van de halsslagaders en van de aorta. Dit zijn **chemoreceptoren**: zintuigcellen die gevoelig zijn voor de chemische veranderingen in het bloed. Deze zintuigcellen zijn erg gevoelig voor het koolstofdioxidegehalte van het bloed. Wanneer dat stijgt, wordt het ademcentrum gestimuleerd om de ademhaling te versnellen. Wanneer je weinig koolstofdioxide in je bloed hebt, remt het ademcentrum de ademhaling. Je merkt dit als een paar keer heel diep adem haalt. Daarna laat de eerstvolgende inademing even op zich wachten.  
Hoewel het koolstofdioxidegehalte de voornaamste prikkel voor het ademcentrum is, zijn ook de zuurgraad en het zuurstofgehalte van het bloed van invloed. Een te hoge zuurgraad (meestal het gevolg van teveel koolstofdioxide in het bloed) doet de ademfrequentie toenemen. De daling van het zuurstofgehalte van het bloed is een zwakke prikkel voor het ademcentrum.  
Je kunt het **ademautomatisme** onderbreken, door de ademfrequentie bewust te vertragen of te versnellen. Zodra deze bewuste beïnvloeding vanuit de grote hersenen stopt, neemt het ademcentrum de regulatie over. In een aantal situaties stopt het ademautomatisme bewust of onbewust, bijvoorbeeld als je spreekt, zingt of fluit.  
Verder wordt het ademautomatisme onderbroken bij: zuchten, geeuwen, niezen, hoesten, hikken, slikken, braken en persen. Hoesten en niezen zijn heftige uitademingen, veroorzaakt reflexen die worden opgewekt door irritaties in neus- of keelholte. De functie is het schoonblazen van de luchtwegen.

**4.10 Ademhaling bij dieren**

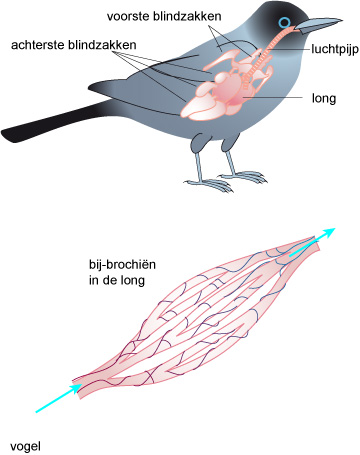
Regenwormen hebben geen intensieve stofwisseling, en ze leven in een milieu waar niet altijd veel zuurstof aanwezig is. Hun bloed bevat hemoglobine (is dus rood). Wormen hebben een gesloten bloedsomloop met bloedvaatjes die vlak onder de dunne vochtige huid lopen. Dit veroorzaakt de roodachtige kleur. Hun hele huid dient als ademhalingsorgaan.

|  |
| --- |
| http://www.10voorbiologie.nl/afbfczw/H15%20Ademhaling/150801ademhaling-worm.jpg |

Insecten hebben een **chitinelaag** op hun huid, waar geen zuurstof doorheen gaat. Zij bezitten een vertakt systeem van fijne kanaaltjes, de **tracheeën**, die uitmonden in de huid en in open verbinding met de buitenlucht staan. Via de tracheeën kan de lucht in alle delen van het lichaam naar de lichaamsvloeistof diffunderen. Het bloed vervoert bij insecten dus geen gassen.

|  |
| --- |
| http://www.10voorbiologie.nl/afbfczw/H15%20Ademhaling/150802ademhalinginsekt.jpg |

Omdat zuurstof slecht oplost in water is het voor dieren die onder water moeten ademen lastig om voldoende zuurstof binnen te krijgen. Deze diersoorten zijn dan ook altijd exotherm (koudbloedig). De endotherme (warmbloedige) waterdieren zijn dolfijnachtigen en dergelijke die lucht ademen. Alle ademhalingsstelsel zijn aangepast aan de levenswijze van het dier en erop gebouwd een zo groot mogelijke diffusie van gassen te realiseren.  
Waterdieren zoals vissen en kreeften hebben kieuwen, waarin bloedvaatjes vlak onder een zeer dun dekweefsel lopen. Het bloed stroomt tegen de stroomrichting van het water in, waardoor het concentratieverschil zo groot mogelijk wordt gehouden. Sommige snel zwemmende vissen als tonijnen kunnen hiermee zelfs voldoende zuurstof opnemen om praktisch warmbloedig te kunnen zijn, hun lichaamstemperatuur ligt ver boven de watertemperatuur als ze op jacht zijn.



Kijk op [bioplek](http://www.bioplek.org/animaties/longen/ademhalingvergelijking.html) voor de verschillende typen ademhaling.