# Thema 5 Regeling en waarneming Boek 5b

## Basisstof 1 Regelkringen en homeostase

Evolutionair gezien is stress belangrijk; het zorgt ervoor dat je lichaam snel klaar wordt gemaakt om over te gaan tot actie wanneer een bepaalde situatie daar aanleiding toe geeft. Acute stress vergroot je overlevingskans.
De veroorzakers van stressreacties (of kortweg stress genoemd) worden stressoren genoemd.
Een stressreactie verloopt in 3 fasen: alarmfase, weerstandsfase en uitputtingsfase.
Bij chronische stress volgen de stressreacties elkaar te snel op, waardoor het lichaam te weinig tijd heeft om te herstellen na de uitputtingsfase. Het lichaam raakt dan uitgeput.

Een **dynamisch evenwicht** is een evenwicht dat steeds verandert, maar uiteindelijk weer terugkeert naar het normale evenwichtsniveau.
**Homeostase** is het rond een bepaalde constante waarde houden van een evenwicht.
Homeostatische regelkringen zorgen ervoor dat de omstandigheden in het interne milieu van een organisme niet te veel schommelen.

Een **regelkring** is een zich herhalende reeks van activiteiten, waarbij afwijkingen van een normwaarde worden gecorrigeerd via terugkoppeling.
Deze activiteiten bestaan uit:

1. het waarnemen van de toestand door een *sensor.*
2. het vergelijken van die waarneming met de normwaarde door het *controlecentrum.*
3. de actie door een *effector* om een afwijking te corrigeren.

**Sensor** (ook wel receptor genoemd) neemt de verandering van de normwaarde in een organisme waar. Op orgaanniveau is de sensor bv temperatuurzintuig in de huid of een $CO_2$-zintuig in de bloedbaan. Op celniveau is de sensor(receptor) een receptoreiwit, dit is een molecuul dat kan binden met een hormoon.

**Normwaarde** is de gewenste waarde voor een factor. Een factor is bijvoorbeeld lichaamstemperatuur, zuurstofconcentratie van het bloed, glucoseconcentratie van het bloed of de osmotische waarde van lichaamsvloeistoffen.

**Controlecentrum** is het onderdeel in een regelkring dat de sensor-informatie vergelijkt met de normwaarde. Bij afwijkingen van de normwaarde kan de verwerkingseenheid direct of indirect een effector activeren. De hypothalamus is de verwerkingseenheid voor een aantal regelkringen (bv voor de lichaamstemperatuur).

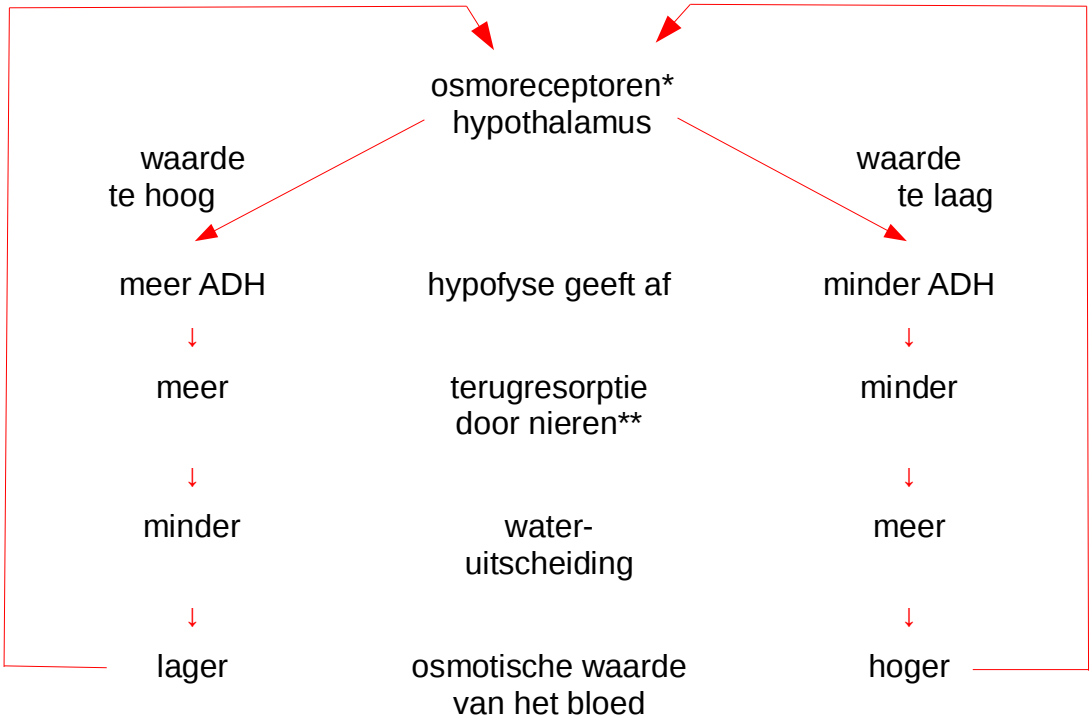
**Effector** is het mechanisme waarmee een afwijking van de normwaarde wordt hersteld. De effector kan uit één of meer spieren of één of meer (hormoon-)klieren bestaan. De effector zorgt voor het effect waardoor er een verandering optreedt.

Bij een **negatieve terugkoppeling** (negative feedback) veroorzaakt een toename van het resultaat een remming van het proces en een afname van het resultaat een stimulering van het proces. Anders gezegd: de afwijking van de normwaarde wordt gecorrigeerd met een tegengestelde actie.

Bij een **positieve terugkoppeling** (positive feedback) veroorzaakt een toename van het resultaat een versterking van het proces. Het bloedstollingsproces is een voorbeeld van positieve terugkoppeling.

We maken onderscheid tussen **negatieve terugkoppeling** voor het handhaven van evenwichten en **positieve terugkoppeling** voor processen waarbij er een toename of afname vereist is.[2]
Het handhaven van homeostase in een organisme vindt meestal plaats door regelkringen met een negatieve terugkoppeling. Dit is een voorbeeld van zelfregulatie van het organisme.

**Regulatie osmotische waarde**:




*osmoreceptor meet de osmotische waarde in het bloed.
** bij terugresorptie gaat een hoeveelheid $H_2O$ terug het lichaam in.

# Basisstof 2 Hormonen en hormonale regulatie

Voor homeostase is communicatie tussen cellen nodig. In meercellige organismen vindt communicatie tussen cellen plaats met **signaalmoleculen**. Deze signaalmoleculen worden door bepaalde cellen afgegeven en binden zich aan receptoren op of in ander cellen, de zogenaamde **doelwitcellen**. De binding kan in deze cellen een reactie in gang zetten of een reactie stoppen.

## 68 Hormonen

De signaalmoleculen die hormoonklieren afgeven, heten **hormonen**. Hormoonklieren geven de hormonen af aan het bloed dat door de hormoonklier stroomt. Hormoonklieren zijn endocriene klieren.

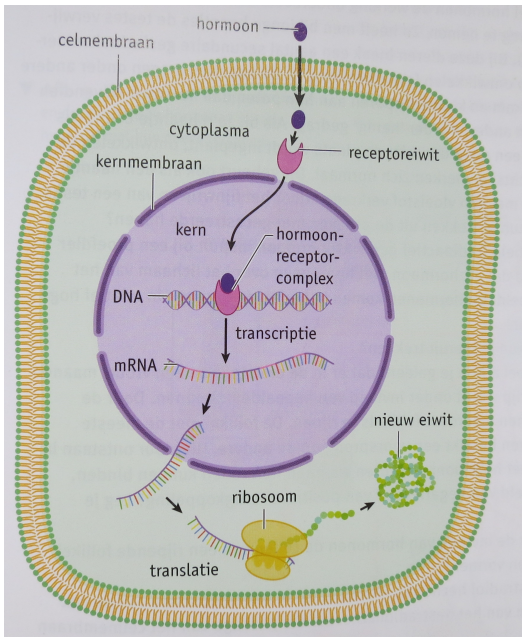
**endocriene klieren** = klieren die hun producten afgeven aan het bloed. De belangrijkste endocriene klieren zijn: hypofyse en hypothalamus, schildklier, alvleesklier en geslachtsklieren,
**exocriene klieren** = klieren met een afvoerbuis, zij geven dingen af naar buiten, bv melkklieren en zweetklieren.
Het bloed transporteert de hormonen door heel het lichaam.

De hormonen zijn werkzaam in organen waarvan de cellen **hormoonreceptoren** voor het hormoon bezitten. Deze organen worden **doelwitorganen** genoemd.
De **hormoonconcentratie** (= **hormoonspiegel**) in het bloed bepaalt de mate van reactie van een doelwitorgaan.
Eén hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen.
Hormonen blijven vaak lang in het bloed, waardoor de effecten lang aanhouden.
Hormonen reguleren oa. geleidelijke veranderingen die uitwerking hebben op het hele lichaam zoals de groei en ontwikkeling, stofwisseling en voortplanting.

## 68 De werking van hormonen

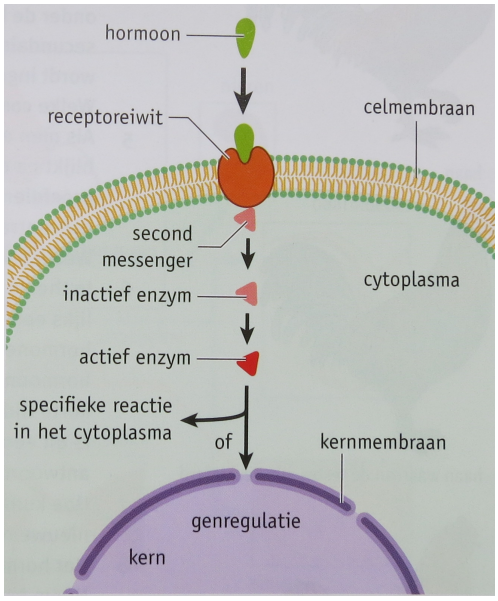
Hormonen kunnen op 2 manieren werken:

1. **het hormoon beïnvloed de cel via genregulatie**
   Een hormoonmolecuul kan door het celmembraan heen en bindt aan een receptoreiwit in het cytoplasma van een doelwitcel.
   Er wordt een hormoon-receptorcomplex gevormd dat via een kernporie naar het kernplasma wordt getransporteerd.
   Langs een gen in een DNA-molecuul vindt transcriptie plaats. Het gevormde mRNA wordt via een kernporie naar ribosomen in het cytoplasma getransporteerd voor translatie.
   De gevormde eiwitmoleculen kunnen dienen als enzym, hormoon of receptoreiwit.




*Afbeelding 1. Werking van een hormoon dat via het celmembraan de cel binnengaat.*[1]

2. **het hormoon bindt aan een receptoreiwit (hormoonreceptor) aan de buitenzijde van het celmembraan van een doelwitcel.**
   Aan de binnenzijde van het celmembraan wordt een bepaald signaalmolecuul, de **second messenger**, geactiveerd of gevormd. Deze second messenger geeft het signaal door in de cel en kan bv een enzym activeren.
   Het geactiveerde enzym kan
   - het signaal doorgeven aan een volgend signaalmolecuul
   - een specifieke reactie op gang brengen in het cytoplasma
   - aanzetten tot genregulatie




*Afbeelding 2. Werking van een hormoon dat bindt aan een receptoreiwit in het celmembraan.*[1]

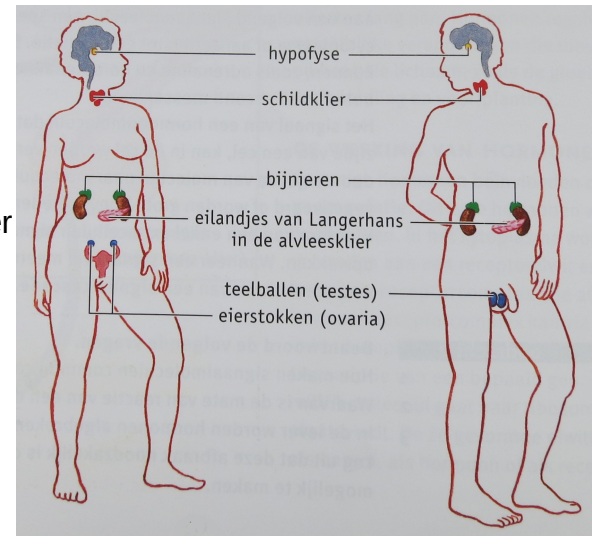
Door het signaal binnen de cel door te geven van molecuul naar molecuul worden veel signaalmoleculen geactiveerd of worden grote hoeveelheden signaalmoleculen geproduceerd. Dit heet een **signaalcascade**.

**endocriene klieren** = klieren die hun producten afgeven aan het bloed.
**exocriene klieren** = klieren met een afvoerbuis, zij geven dingen af naar buiten.
**hormoonreceptor** = receptoreiwit op de celwand, waaraan hormonen zich kunnen binden.
**doelwitorgaan** = orgaan dat gevoelig is voor een hormoon. De celmembraan van cellen van het doelwitorgaan hebben receptoreiwitten waaraan het hormoon kan hechten.
**hormoonconcentratie** (=hormoonspiegel) = concentratie van het hormoon.
**second messenger** = signaalmolecuul dat aan de binnenzijde van het celmembraan wordt geactiveerd.
**signaalcascade** = één signaal wordt via meerdere schakels in de cel doorgegeven (een enkel extracellulair signaal wekt een enorme intracellulaire respons op).

## 70 Hormoonklieren

Het hormoonstelsel bestaat uit een aantal hormoonklieren:

- hypofyse
- schildklier
- bijnieren
- eilandjes van Langerhans in de alvleesklier
- teelballen (testes)
- eierstokken (ovaria)

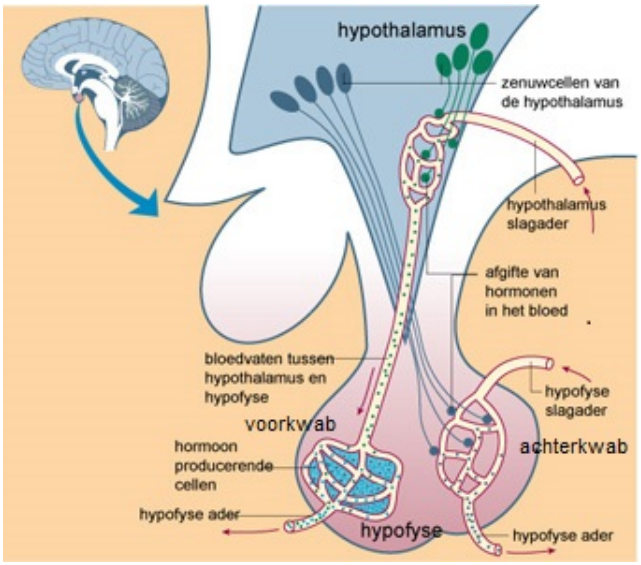



*Afbeelding 3. De belangrijkste hormoonklieren van het hormoonstelsel.*[1]

## 71 Hypofyse

De **hypothalamus**, die in de hersenen ligt, controleert veel homeostatische regelmechanismen en bestuurt het hormoonstelsel doordat neuronen neurohormonen produceren en afgeven (neurosecretie).

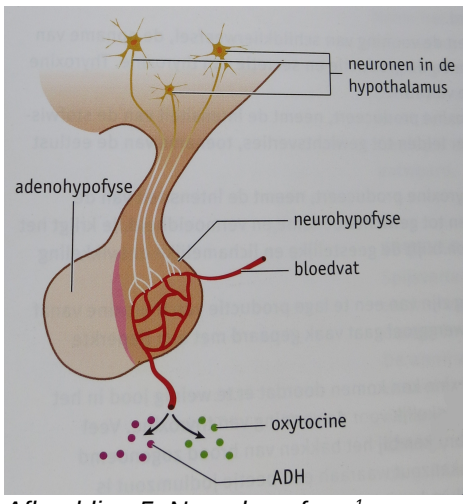
De **hypofyse** is een kleine hormoonklier, die aan een dun steeltje onder aan de hypothalamus hangt. De hypofyse produceert verschillende hormonen.




*Afbeelding 4. Hypothalamus en hypofyse.*[2]

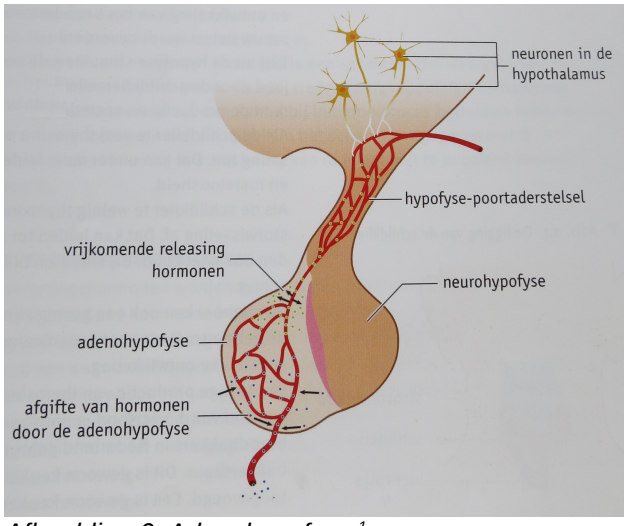
De hypothalamus werkt op 2 manieren:

1. Bepaalde zenuwcellen in de hypothalamus geven direct hormonen af aan het bloed. Deze hormonen worden **neurohormonen** genoemd en ze worden via de uitlopers van neuronen naar de **neurohypofyse** (hypofyseachterkwab) getransporteerd (de **blauwe** zenuwcellen in afbeelding 4)
   De hormoonafgifte door zenuwcellen wordt **neurosecretie** genoemd.



*Afbeelding 5. Neurohypofyse.*[1]

2. Neuronen in de hypothalamus beïnvloeden de endocriene cellen in de adenohypofyse (hypofysevoorkwab) door 2 typen neurohormonen te maken: **releasing hormonen**, die een stimulerende invloed, en **inhibiting hormonen**, die een remmende invloed op de hypofyse hebben (dit wordt ook wel aangeduid met RF = releasing factor en IF = inhibiting factor).
   Releasing hormonen worden via het **hypofyse-poortaderstelsel** naar de **adenohypofyse** vervoerd (de **groene** zenuwcellen in afbeelding 4) en daar stimuleren ze de afgifte van hypofysehormonen.



*Afbeelding 6. Adenohypofyse.*[1]

   Bij elk hypofysehormoon hoort een 'eigen' hypothalamushormoon. Op deze manier is de hormoonproductie door de adenohypofyse (hypofysevoorkwab) zeer nauwkeurig geregeld.

Vanwege de grote invloed die de hypothalamus op de werking van de hypofyse uitoefent spreek je van het **hypothalamus-hypofyse-systeem**.

De hypofyse bestaat uit 2 gedeelten:

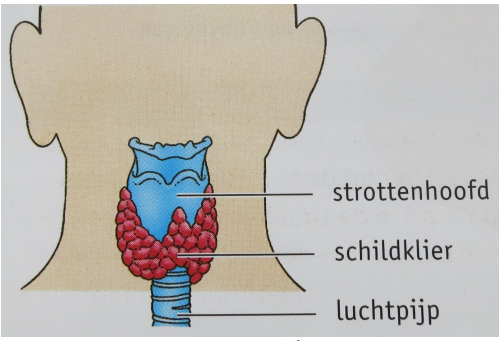
1. **adenohypofyse** (hypofysevoorkwab)**,** deze produceert een aantal hormonen. De productie en afgifte van deze hormonen staan onder controle van de hypothalamus.
   - *schildklierstimulerend hormoon* (TSH) zet de schildklier aan tot de vorming van het schildklierhormoon.
   - *follikelstimulerend hormoon* (FSH) is een geslachtshormoon en het stimuleert bij de vrouw de ontwikkeling van eicellen in de ovaria. Bij de man bevordert FSH de vorming van zaadcellen in de testes.
   - *luteïniserend hormoon* (LH) stimuleert bij de vrouw de eirijping en de eisprong. Na de eisprong stimuleert het de verdere ontwikkeling van het gele lichaam (corpus luteum).

- *adrenocorticotroop hormoon* (ACTH, bijnierschorsstimulerend hormoon) bevordert in de bijnieren de aanmaak van bijnierschorshormonen (corticoïden) dat oa bij stress wordt geproduceerd.
- *groeihormoon* (GH) regelt de groei en ontwikkeling. Het effect van dit hormoon is het best zichtbaar tijdens de groeifase van een kind. Een te lage concentratie van het groeihormoon veroorzaakt dwerggroei; is er teveel groeihormoon, dan treedt reuzengroei op. Ook als je niet meer in de groei bent, moet dit hormoon geproduceerd blijven worden, mede in verband met onderhoud van de weefsels en herstel na beschadiging. Voor dit hormoon is geen regelkring; het wordt in een bepaalde hoeveelheid geproduceerd zonder terugkoppeling.
- *prolactine* bevordert, samen met het groeihormoon, de ontwikkeling van de borsten bij een zwangere vrouw. Als er na de bevalling borstvoeding gegeven wordt, stimuleert prolactine de melkproductie (= lactatie).

2. **neurohypofyse** (hypofyseachterkwab)
   - *anti-diuretisch hormoon* (ADH) wordt aangemaakt wanneer osmosensoren in de hypothalamus een te hoge osmotische waarde van het bloed registreren. Een te hoge osmotische waarde kan het gevolg zijn van een te hoog zoutgehalte of een te laag watergehalte in het bloed. Het anti-diuretisch hormoon is werkzaam in de nieren (de nieren zijn dus de doelwitorganen). Het hormoon veroorzaakt een verminderde waterafscheiding door de nieren. Het gevolg is dat er meer water in het bloed blijft, waardoor de osmotische waarde weer kan dalen. Een gevolg van de verminderde wateruitscheiding is dat het bloedvolume toeneemt. Dat werkt bloeddrukverhogend. ADH heeft dus ook invloed op de bloeddruk.
   - *oxytocine* stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte. Na de geboorte zorgt oxytocine bij het zogen voor de melksecretie uit de melkklieren in de borsten. Het zuigen van de baby aan de tepel is een prikkel voor de hypothalamus om meer oxytocine te produceren. De melksecretie die hierdoor gestimuleerd wordt, is een aanvulling op de melkstroom die het kindje zelf veroorzaakt door het zuigen. Dit is een voorbeeld van positieve terugkoppeling.

## 74 De schildklier

De schildklier ligt in de hals op de grens tussen het strottenhoofd en de luchtpijp en onder invloed van het TSH (schildklierstimulerend hormoon) produceert het **thyroxine**. Thyroxine remt de productie en secretie van FSH. Bij de vorming van thyroxine is jodium nodig.
Thyroxine stimuleert de verbranding van glucose in de lichaamscellen en heeft daardoor ook invloed op de celstofwisseling en de groei.



*Afbeelding 7. Schildklier.*[1]

Bij kinderen stimuleert thyroxine ook de eiwitsynthese, waardoor de groei en ontwikkeling van het beenderstelsel en de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel worden bevorderd.

- Teveel thyroxine veroorzaakt een te hoge verbranding, waardoor de reservebrandstof in het lichaam (te) snel opraakt. Een persoon met een te hoge schildklierwerking vermagert, heeft een toename van de eetlust, is gejaagd en rusteloos.
- Te weinig thyroxine veroorzaakt een te trage verbranding in de cellen. Dit kan leiden tot gewichtstoename en vermoeidheid. De persoon gedraagt zich sloom en heeft het koud. Ook de groei, zowel lichamelijk als geestelijk, blijft achter of komt tot stilstand (dwerggroei).

Vroeger kwam een te lage schildklierwerking nogal eens voor door gebrek aan jodium. Thyroxine kan dan niet voldoende aangemaakt worden. In Nederland is daar vrijwel geen kans meer op, aangezien het bakkerszout bij ons verplicht jodiumhoudend is.

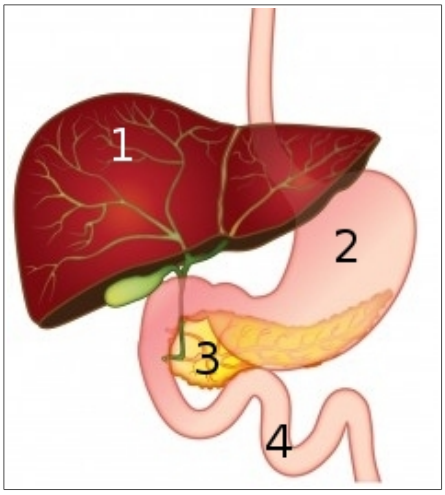
## 75 Spijsverteringshormonen

Spijsverteringshormonen beïnvloeden de spijsvertering en worden geproduceerd door de alvleesklier en de maag- en darmwand.

- Gastrine uit de maagwand stimuleert maagsapproductie wanneer er voedsel in de maag komt.
- Secretine uit de wand van de twaalfvingerige darm stimuleert de lever tot het produceren van gal en de alvleesklier tot de secretie van natriumwaterstofcarbonaat ($NaHCO_3$). Hierdoor stijgt de pH-waarde in de twaalfvingerige darm.
- Cholecystokinine uit de twaalfvingerige darm stimuleert de galblaas tot de afgifte van gal en de alvleesklier tot de secretie van enzymen.

## 76 De eilandjes van Langerhans

De alvleesklier is een exocriene spijsverteringsklier die alvleessap produceert voor de spijsvertering. Verspreid tussen de cellen van de alvleesklier liggen andere groepjes cellen, de **eilandjes van Langerhans,** die hormonen aan het bloed afgeven. Deze eilandjes hebben dus een endocriene functie.

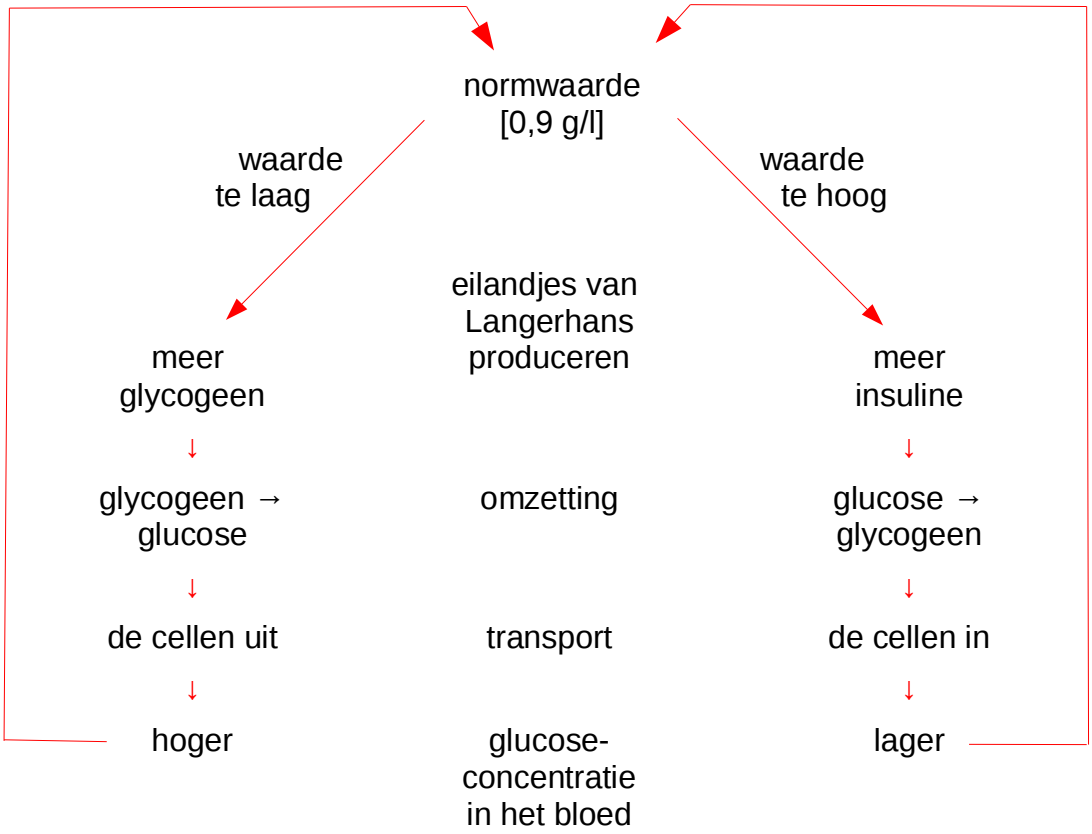


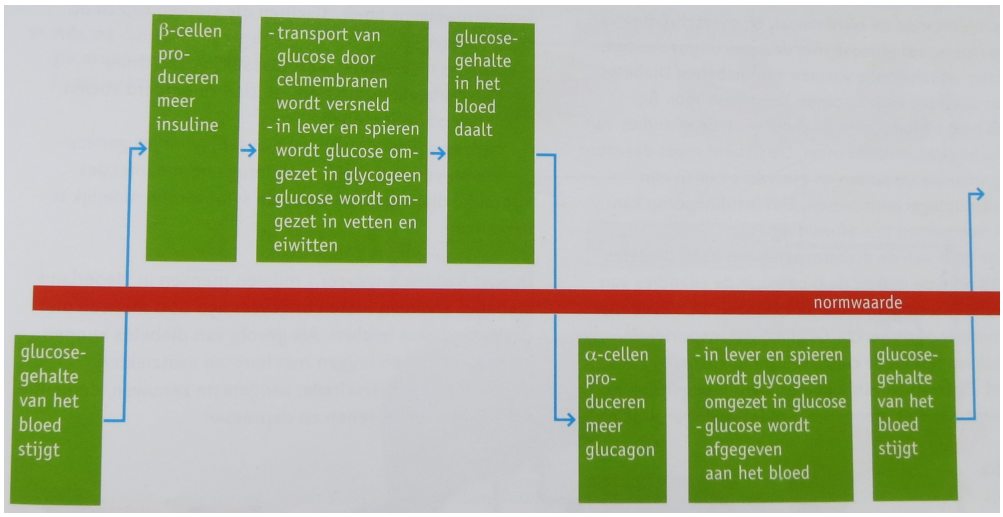
*Afbeelding 8. Deel van het spijsverteringsstelsel. 1=lever, 2=maag, 3=alvleesklier, 4=darm.*[4]

In deze eilandjes komen α-cellen voor die het hormoon **glucagon** produceren en β-cellen die het hormoon **insuline** produceren.

- *Insuline* werkt verlagend op de bloedsuikerspiegel. Het hormoon bevordert in de lever en de skeletspieren de omzetting van glucose in glycogeen en de opslag van glycogeen in deze cellen.
  Insuline stimuleert de omzetting van glucose in vetten en eiwitten.
  Bovendien stimuleert het de opname van glucose in de lichaamscellen.
- *Glucagon* werkt tegengesteld aan insuline. Het zorgt ervoor dat de als glycogeen opgeslagen glucose weer beschikbaar komt en de bloedsuikerspiegel stijgt. Glucagon stimuleert in de lever en in de spieren de omzetting van glycogeen in glucose en bevordert de afgifte van glucose aan de bloedbaan.

Regulatie bloedsuikerspiegel:

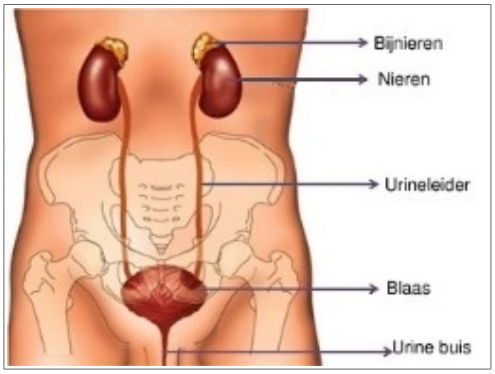



*Afbeelding 9. Regeling van het glucosegehalte van het bloed.* [1]

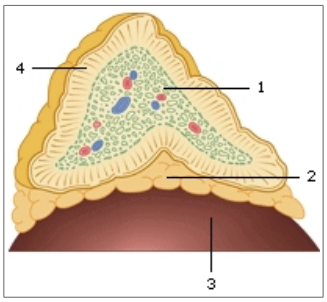
De eilandjes van Langerhans produceren de hormonen op geleide van de glucoseconcentratie van het bloed, die door sensoren in de eilandjes zelf geregistreerd wordt.

# 77 Nieren en bijnieren



*Afbeelding 10. Ligging van de nieren en de bijnieren in het lichaam.* [5]

Wanneer de nieren onvoldoende zuurstof krijgen aangevoerd, produceren ze het hormoon **epo** (**eytropoëtine**). Dit hormoon stimuleert de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg. Als de nieren weer voldoende zuurstof krijgen, wordt de productie van epo geremd.



*Afbeelding 11. Bijnieren: 1=bijniermerg, 2=vet, 3=nier, 4=bijnierschors.* [6]

Boven op elke nier ligt een bijnier. De bijnier bestaat uit twee gedeelten, het **bijniermerg** en de **bijnierschors**, die je elk als een aparte hormoonklier kunt beschouwen.

**Bijniermerg**:
Het bijniermerg produceert oa **adrenaline**. Dit hormoon brengt via het bloed)dezelfde effecten teweeg als het sympathische zenuwstelsel via de zenuwen.
Adrenaline komt vrij wanneer je schrikt, angstig bent of wanneer je ineens moet rennen; kortom, wanneer je lichaam plotseling in actie moet komen. Het is het enige hormoon dat een snelle, vrij kortdurende werking heeft.
De belangrijkste effecten van adrenaline zijn:

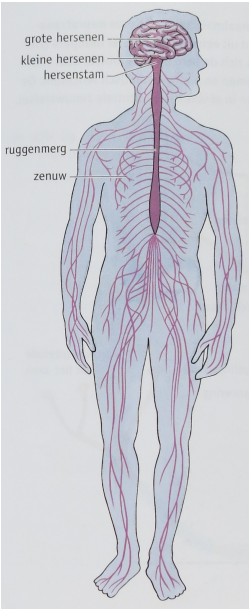
- het bevordert de dissimilatie door in de lever en skeletspieren de omzetting van glycogeen in glucose te bevorderen. Hierdoor verhoogt de bloedsuikerspiegel en hebben actieve cellen voldoende brandstof beschikbaar.
- het stimuleert de hartactiviteit, waardoor de bloeddruk stijgt, omdat het hart krachtiger pompt. Je hart kan ‘op hol' slaan.
- de pupillen verwijden (‘schrikogen').
- je gaat sneller ademen.
- het verwijden van de bloedvaten naar de spieren en de hersenen en het zorgt dat de spierspanning verhoogt: je ‘staat te trillen op je benen'.
- organen die niet belangrijk zijn voor een snelle reactie worden geremd, zoals de organen van het spijsverteringsstelsel.
- in andere delen van het lichaam vindt onder invloed van adrenaline bloedvatvernauwing plaats, bijvoorbeeld in je gezicht: je kan bleek zien van schrik.

**Bijnierschors**:
De bijnierschors produceert corticosteroïden bv cortisol. Deze hormonen onderdrukken oa de activiteit van het afweersysteem.

# Basisstof 3 Het zenuwstelsel

Als het zenuwstelsel ingedeeld wordt op basis van zijn *bouw*, dan bestaat het uit:
a. het **centrale zenuwstelsel**, dat weer bestaat uit de
- **grote hersenen**
- **kleine hersenen**
- **hersenstam**
- **ruggenmerg**.

b. het **perifere zenuwstelse**l, dat uit zenuwen bestaat.



*Afbeelding 12. Het zenuwstelsel.*[1]

Als het zenuwstelsel ingedeeld wordt op basis van *functie*, dan bestaat het uit:
a. het **animale zenuwstelsel**; dit regelt
- bewuste reacties zoals houding en beweging van het lichaam
- onbewuste reacties zoals reflexen en zintuigprikkels waar je je niet bewust van wordt

b. het **autonome** of **vegetatieve zenuwstelsel**
- regelt de werking van en de coördinatie tussen de inwendige organen. Dit houdt in dat de functies van de vijf inwendige stelsels gereguleerd en op elkaar afgestemd worden om de homeostase in het lichaam te handhaven. De 5 stelsels zijn
  1. circulatiestelsel (hart, bloed, bloedvaten en lymfevaten)
  2. spijsverteringsstelsel (maagdarmkanaal, spijsverteringsklieren)
  3. uitscheidingsstelsel (lever, nieren en urinewegen)
  4. ademhalingsstelsel (luchtwegen en longen)
  5. de huid
- voorziet de gladde spieren (=spieren die niet aan het skelet vastzitten) van inwendige organen, de hartspier en de klieren van zenuwen
- werkt nauw samen met het hormoonstelsel
- staat *niet* onder invloed van de wil
- hersenstam coördineert de activiteiten van het autonome zenuwstelsel
- bestaat uit het **orthosympatische zenuwstelsel** en het **parasympatische zenuwstelsel.** Deze hebben een tegengestelde werking, zijn beiden steeds actief en werken samen om de homeostase in het lichaam te handhaven.

De doelwitorganen van het autonome zenuwstelsel zijn de gladde spieren (=spieren die niet aan het skelet vastzitten), de hartspier en de klieren. Elk doelwitorgaan wordt geïnnerveerd door 2 zenuwen van het autonome stelsel: één orthosympatische en één parasympatische zenuw. Dit heet **dubbele innervatie**. Hierdoor kan de werking van een orgaan worden gestimuleerd of geremd, waardoor je een erg nauwkeurige afstemming tussen allerlei organen krijgt.

Het **orthosympatische zenuwstelsel** beïnvloedt de organen zodanig, dat het lichaam activiteiten kan verrichten waar energie voor nodig is.
- bevordert de dissimilatie (verhoogt de hartslagfrequentie, verwijdt de bloedvaten naar de skeletspieren, zet de lever aan om glycogeen om te zetten in glucose, verhoogt de ademfrequentie, verwijdt de vertakkingen van de bronchiën in de longen)
- remt de organen van het spijsverteringsstelsel
- remt de werking van de nieren