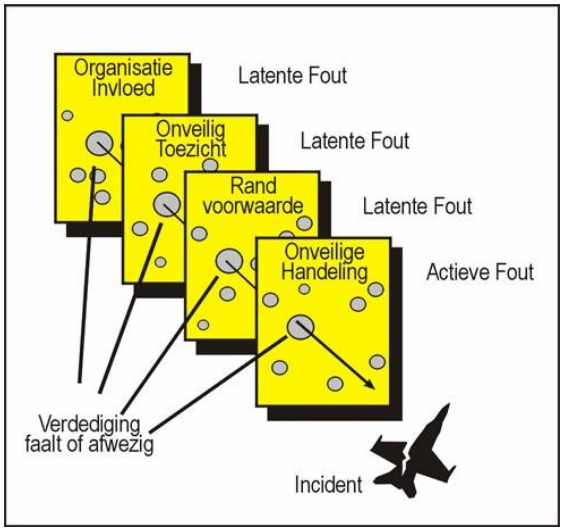
Menselijke prestaties en beperkingen

Leerstof voor het zweefvliegbrevet



Jan C. Wouda
Dirk R. Corporaal

januari 2020

Inhoud

0. Inleiding 4

Hoofdstuk 1: Veiligheid: begrippen en modellen 5
1.0 Inleiding 5
1.1 De cijfers 5
1.2 Hoe veilig is zweefvliegen in vergelijking tot andere activiteiten? 6
1.3 Veiligheid: een begripsbepaling 8
1.4 Veiligheidsmodellen 8
1.5 Samenvatting 9

Hoofdstuk 2: Veilig vlieggedrag 10
2.0 Inleiding 10
2.1 Waarnemen 10
2.2 Werkelijkheid en illusies 12
2.3 Verbeelding 12
2.4 Aandacht 13
2.5 Bewust en onbewust gedrag 14
2.5.1 Intuïtief handelen 14
2.5.2 Terugkoppeling 15
2.5.3 De vorming van gedragspatronen 15
2.5.4 Onbewuste vergissingen 16
2.5.5 De ervaringsbarometer 16
2.6 Redenerend handelen 17
2.6.1 Handelen volgens procedures 19
2.6.2 Standaardprocedures 19
2.6.3 Logisch denken en creativiteit 20
2.6.4 Bewuste vergissingen 20
2.6.5 Risicoperceptie 20
2.6.6 Positieve en catastrofale illusies 21
2.6.7 Voorkeur voor bevestiging 21
2.7 Vooruit denken 22
2.8 Omgevingsbewustzijn 23
2.9 Bewust oefenen 24
2.10 Veiligheidscultuur 25
2.11 Samenvatting 26

Hoofdstuk 3: Motivatie, emotie, houding en communicatie 27
3.0 Inleiding 27
3.1 Motivatie 27
3.1.1 Toenadering en vermijding 27
3.1.2 Motivatie en mislukking 28
3.2 Emoties 28
3.2.1 Zweefvliegen en emoties 29
3.3 Arousal 30
3.4 Houding en persoonlijkheid 31
3.4.1 Gevaarlijke houdingen van zweefvliegers 32
3.5 Communicatie 33
3.5.1 Communicatiekanalen 34
3.5.2 Communicatieniveaus 34
3.5.3 Misverstanden 35
3.6 Samenvatting 36

Hoofdstuk 4: Zien en gezichtsbedrog 38
4.0 Inleiding 38
4.1 De bouw van het oog 38
4.2 Accommodatie 39
4.3 Adaptatie 40
4.4 Gezichtsveld 41
4.5 Gezichtsscherpte 42
4.6 Diepte zien 42
4.7 Kleuren zien 44
4.8 Oogafwijkingen en oogaandoeningen 46
4.8.1 Bijziendheid en verziendheid 46
4.8.2 Kleurenblindheid 47
4.8.3 Overige oogaandoeningen 47
4.9 Visuele illusies (gezichtsbedrog) 47
4.9.1 Perifere visuele illusies 48
4.9.2 Centrale visuele illusies 49
4.9.3 Lichtflitsduizeligheid 50
4.10 Samenvatting 50

Hoofdstuk 5: Gehoor, evenwicht en bewegingsillusies 52
5.0 Inleiding 52
5.1 De bouw van het gehoor 52
5.2 Geluid en horen 53
5.2.1 Gehoorvermindering 53
5.3 Druk in het middenoor 54
5.4 Druk in de hoofdholtes 54
5.5 Ervaren van beweging en evenwicht 55
5.6 Het evenwichtsorgaan 56
5.6.1 De halfcirkelvormige kanalen 56
5.6.2 De otolietorganen: sacculus en utriculus 57
5.7 Beperkingen van het evenwichtsorgaan 57
5.8 Oriëntatie- en bewegingsillusies 59
5.9 Somatografische illusies 59
5.9.1 Neus-omhoog illusie 59
5.9.2 Neus-omlaag illusie 59
5.9.3 Inversie illusie 59
5.9.4 Oculografische illusies 60
5.10 Somatogyrale illusies 60
5.10.1 Tegenleunen 60
5.9.2 Tolvlucht illusie 60
5.9.3 Spiraalvlucht illusie 60
5.9.4 Coriolis illusie 61
5.9.5 Oculogyrale illusies 61
5.11 Luchtziekte 61
5.11 Samenvatting 62

Hoofdstuk 6: Gezondheid en veiligheidsrisico's 64
6.0 Inleiding 64
6.1 De bouw van het lichaam 64
6.2 De stofwisseling 65
6.2.1 Voeding 65
6.2.2 Overgewicht 66
6.2.3 Vochtbalans 67

6.2.4 Uitdroging 67
6.3 De ademhaling (ventilatie) 68
6.3.1 Het ademcentrum 69
6.3.2 Lucht- en zuurstofverbruik 69
6.3.3 Zuurstoftekort 69
6.3.4 De gevolgen van zuurstoftekort 71
6.3.5 Hyperventilatie 72
6.3.6 Stikstof in je lichaam 72
6.3.7 Decompressieziekte 73
6.4 De bloedsomloop 74
6.4.1 De bloedsamenstelling en bloedvolumes 75
6.4.2 De bloeddruk 75
6.4.3 De regeling van de bloedsomloop 76
6.4.4 G-krachten 77
6.5 De lichaamstemperatuur 78
6.5.1 De temperatuurregeling 78
6.5.2 Onderkoeling, warmtestuwing en zonnesteek 79
6.5.3 Temperatuurbescherming tijdens het zweefvliegen 79
6.6 Samenvatting 80

Hoofdstuk 7: Gezond zweefvliegen 83
7.0 Inleiding 83
7.1 De medische keuring 83
7.2 Uithoudingsvermogen 84
7.3 Leeftijd 85
7.4 I-AM-SAFE 85
7.4.1 Ziekte 86
7.4.2 Voeding en drinken 86
7.4.3 Geneesmiddelen 86
7.4.4 Stress 87
7.4.5 Alcohol en andere genotmiddelen 88
7.4.6 Vermoeidheid en slaapgebrek 89
7.4.7 Emoties 90
7.5 Samenvatting 90

Bijlage 1: Leerdoelen Menselijke Prestaties en Beperkingen, ... 92

Bijlage 2: Begrippen 93

Bronnen: 98

0. Inleiding

Zweefvliegers proberen hun sport zo veilig mogelijk uit te voeren. Desondanks gaat het wel eens mis en komt de veiligheid in gevaar. In de afgelopen jaren heeft dit geleid tot ongevallen met schades, letsels en helaas ook het overlijden van zweefvliegers. In verreweg de meeste gevallen was het onjuiste handelen van de vlieger de belangrijkste oorzaak van het ongeval. Iedere zweefvlieger moet zich daarom bewust zijn van zijn beperkingen, weten hoe hij gevaarlijke situaties en ongevallen kan voorkomen en daar ook naar handelen. De *European Aviation Safety Agency* (EASA) heeft het vak "Menselijke prestaties en beperkingen" (Human performance) opgenomen in de leerstof van alle vliegbrevetten. Dit vak is opgedeeld in drie onderdelen:

1. Menselijke factoren: grondbegrippen
2. Beginselen van de luchtvaartfysiologie en het behoud van gezondheid
3. Beginselen van de luchtvaartpsychologie

Deze syllabus bevat de leerstof van het vak "Menselijke prestaties en beperkingen". In het eerste hoofdstuk bespreken we de (on)veiligheid van zweefvliegen aan de hand van de voorvallen en ongevallen die zich vanaf 2000 tot en met 2018 hebben voorgedaan. Vervolgens gaat dit hoofdstuk in op het begrip veiligheid en de diverse modellen die in de luchtvaart worden gehanteerd om veiligheidsrisico's in kaart te brengen. In het tweede hoofdstuk gaan we aan de hand van een model van menselijk gedrag systematisch in op de psychologie van het zweefvliegen, op de psychologische factoren die de vliegveiligheid kunnen bedreigen en hoe zweefvliegers deze bedreigingen kunnen voorkomen. Hoofdstuk 3 gaat over de invloed van motivatie, emoties, houding en persoonlijkheid op het gedrag van een zweefvlieger. In dit hoofdstuk behandelen we tevens het belang van goede communicatie. Hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 gaan over de belangrijkste zintuigen die je tijdens het vliegen gebruikt: je ogen, oren en evenwichtsorgaan, en over de mogelijke verstoringen in je waarneming tijdens het zweefvliegen. In hoofdstuk 6 behandelen we het functioneren van het menselijk lichaam (fysiologie) in het algemeen en tijdens het zweefvliegen in het bijzonder. Hierbij komen ook de veiligheidsrisico's aan bod ten gevolge van verkeerde voeding, uitdroging, vliegen op grote hoogte, G-krachten en extreme temperaturen. In hoofdstuk 7 komen de eisen aan bod die worden gesteld aan de gezondheid van zweefvliegers (medische keuring, uithoudingsvermogen en leeftijd) en bespreken we de veiligheidsrisico's van ziekte, geneesmiddelengebruik, stress, alcoholgebruik en vermoeidheid aan de hand van de I-AM-SAFE checklijst.
In de bijlagen van deze syllabus vind je:

1. de leerdoelen die door de EASA zijn opgesteld voor het vak "Menselijke prestaties en beperkingen";
2. de begrippenlijst met verwijzingen naar de paragraaf waarin het begrip wordt toegelicht;
3. bronvermelding.

Hoofdstuk 1: Veiligheid: begrippen en modellen

1.0 Inleiding

Zweefvliegen staat niet bekend als een heel gevaarlijke sport. In de afgelopen jaren zijn er echter wel voorvallen geweest waarvan sommigen hebben geleid tot schade en/of letsel. Onder een *incident* of *voorval* wordt verstaan een ongewenste gebeurtenis die de normale voortgang van de vlucht had kunnen verstoren of heeft verstoord en die had kunnen leiden of heeft geleid tot schade en/of letsel. Er is sprake van een *ongeval* (eng: *accident*), indien het voorval daadwerkelijk heeft geleid tot schade en/of letsel. Bij overlijden spreken we van een dodelijk of *fataal ongeval* (eng: *fatal accident*).

Gegevens over voorvallen en ongevallen en over hun oorzaken zijn waardevol materiaal om de veiligheid van het zweefvliegen verder te verbeteren. In dit hoofdstuk kijken we dan ook eerst eens naar de cijfers. Hoeveel voorvallen hebben zich voorgedaan in de afgelopen jaren, is zweefvliegen (on)veiliger geworden in de loop der jaren en is zweefvliegen (on)veiliger dan andere aktiviteiten? Ook kijken we naar de oorzaken van de ongevallen. Daaruit blijkt dat verreweg de meeste ongevallen te wijten zijn aan vergissingen van de zweefvlieger. Andere factoren hebben daarbij vaak een nadelige rol gespeeld, zoals het Error Chain model dat we in paragraaf 1.4 bespreken, laat zien.

1.1 De cijfers

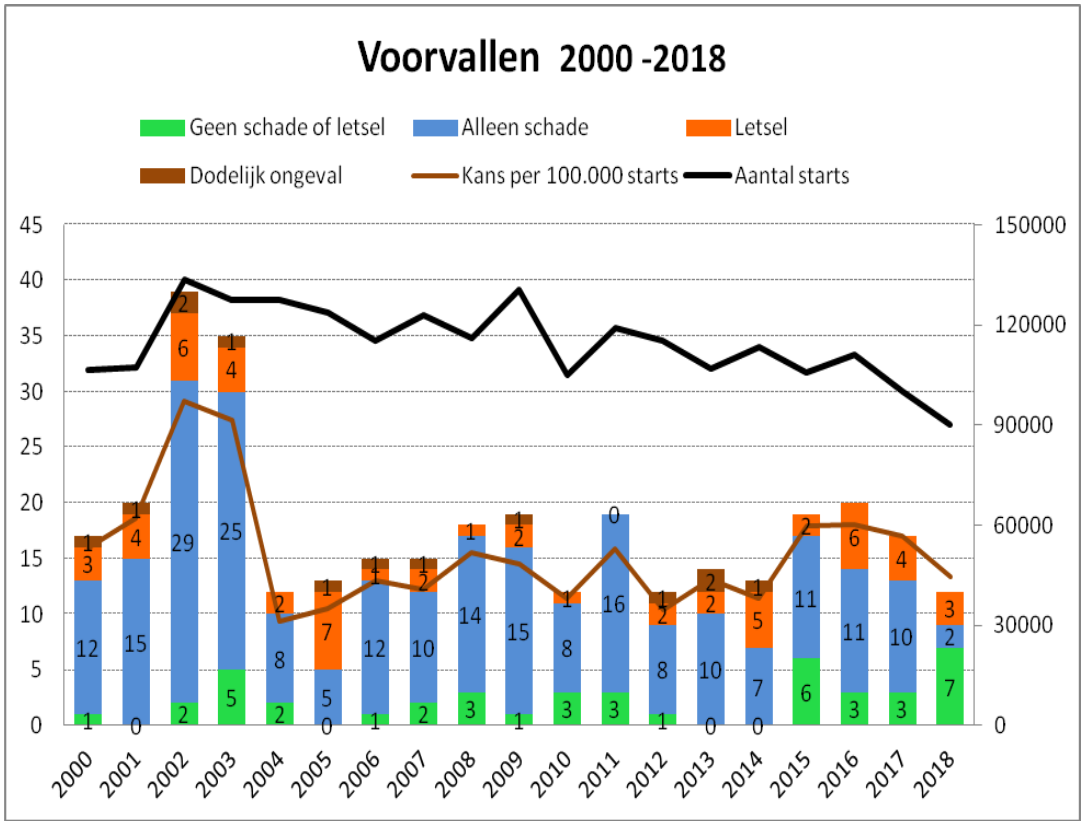
De eerste grafiek op de volgende bladzijde toont de aantallen gemelde voorvallen in de jaren 2000 t/m 2018[1]. In deze jaren zijn er 341 voorvallen geweest. Dat zijn er gemiddeld bijna 18 per jaar. Bij 43 voorvallen (13%) was er geen schade of letsel. Vaak betroffen deze meldingen een bijna-botsing (near collision). Bij 228 voorvallen (67%) was er sprake van alleen schade, bij 57 voorvallen (17%) trad letsel op en er waren 13 dodelijke ongevallen (4%). In de grafiek zijn tevens weergegeven het aantal starts per jaar en de kans op een voorval per 100.000 starts. In de jaren 2000 t/m 2018 zijn er in Nederland bijna 2,18 miljoen zweefvluchten gemaakt en de kans op een voorval was in die periode 15,7 per 100.000 starts. De grafiek laat zien dat in 2002 en 2003 de kans op een voorval het grootst was. Deze kans is in de daaropvolgende jaren beduidend kleiner geworden, maar is daarna wel vrij stabiel gebleven. Sinds 2014 zijn er geen dodelijke ongevallen meer geweest.

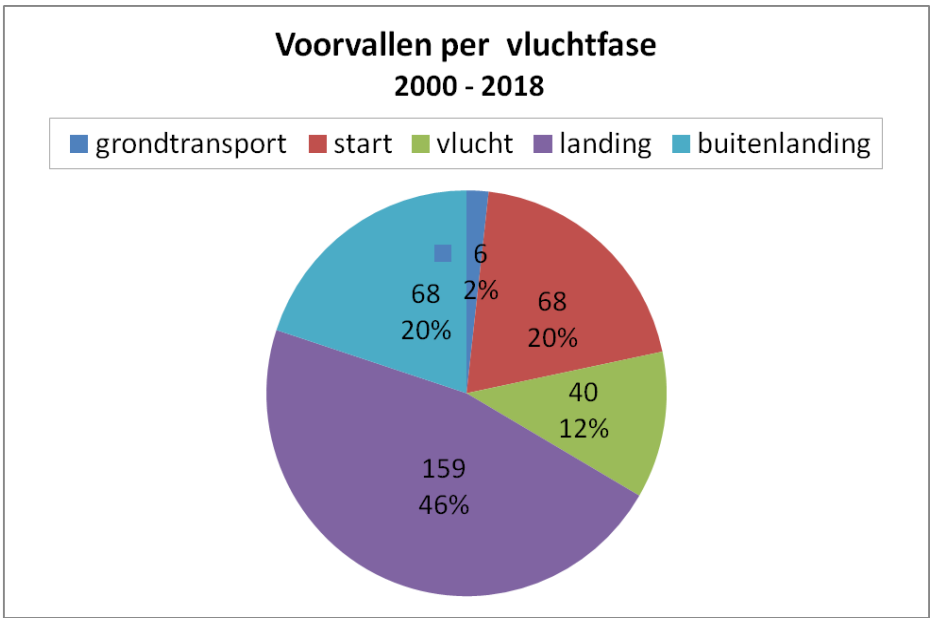
De tweede grafiek toont de voorvallen per vluchtfase. Er vonden 68 voorvallen (20%) plaats tijdens de start, 40 voorvallen (12%) in de vrije vluchtfase, 159 (46%) tijdens een reguliere landing en 68 (20%) tijdens een buitenlanding. Hieruit blijkt dat de landing verreweg de meest riskante fase van een vlucht is.

Uit een verdere analyse blijkt dat 34 voorvallen (10%) te wijten waren aan een technisch mankement. De overige 307 voorvallen (90%) waren het gevolg van onjuist handelen van de zweefvlieger. Iedere zweefvlieger moet zich daarom bewust zijn van zijn beperkingen, weten hoe hij gevaarlijke situaties en ongevallen kan voorkomen en daar ook naar handelen.

---

[1] bronnen:
Incidentanalyse Commissie Instructie en Veiligheid, KNVvL afdeling Zweefvliegen, 2018
Kwartaalrapportages Onderzoeksraad voor Veiligheid, den Haag, 2019





1.2 Hoe veilig is zweefvliegen in vergelijking tot andere activiteiten?

Onderstaand overzicht[2] vergelijkt voor verschillende activiteiten de kans op een dodelijk ongeval in verhouding tot het aantal uren dat aan de activiteiten wordt besteed. Het overzicht vergelijkt alleen de kans op een dodelijk ongeval, omdat alleen daarover redelijk betrouwbare cijfers beschikbaar zijn.

[2] Ceipek C. The risk of dying doing what we love. Oktober 2019

Uit het overzicht blijkt dat zweefvliegen kan worden beschouwd als een gevaarlijke activiteit met een 200 maal grotere kans op een dodelijk ongeval dan de kans om te overlijden bij een ongeluk met een verkeersvliegtuig. Autorijden, fietsen en ook skieën zijn aanzienlijk veiliger dan

zweefvliegen.

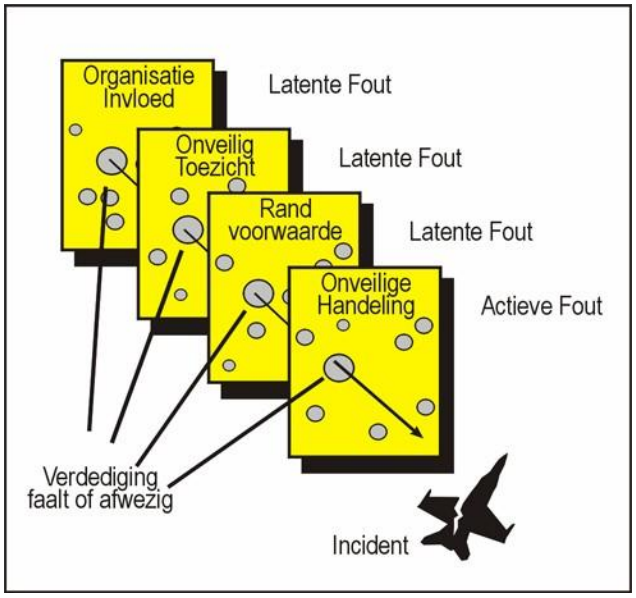
1.3 Veiligheid: een begripsbepaling

Onder *veiligheid* wordt verstaan de mate van afwezigheid van factoren die kunnen leiden tot een gevaarlijke situatie, en de mate van aanwezigheid van beschermende maatregelen tegen deze potentiële gevaren. Veiligheid is een relatief begrip, aangezien geen enkele situatie onder alle omstandigheden volledig zonder gevaar is. 100% veilig zweefvliegen is dus onmogelijk. Praktisch gezien houdt veiligheid in dat de mogelijke gevaren in voldoende mate afwezig zijn, dan wel onder controle zijn. Om te bepalen wat voldoende is, maakt men een inschatting van het *risico* van een gevaarlijke gebeurtenis of situatie. Onder risico verstaat met de kans dat de gebeurtenis plaatsvindt maal de ernst van de gevolgen van die gebeurtenis. In formule: risico = kans x ernst. In paragraaf 1.1 hebben we bijvoorbeeld gezien dat de kans op een voorval met alleen schade (228) bijna 18 maal groter is dan de kans op een dodelijk ongeval (13). De ernst van een dodelijk ongeval vinden we echter nog vele malen groter dan de ernst van alleen schade. Het risico van een dodelijk ongeval telt dan ook veel zwaarder dan het risico op een voorval met alleen schade en een gebeurtenis of situatie die kan leiden tot een dodelijk ongeval, vinden we daarom onveiliger.

We spreken van *fysieke veiligheid* als de gevaren kunnen leiden tot materiële schade of (dodelijk) letsel. *Sociale veiligheid* betreft het voorkomen van geestelijke en sociale schade door machtsmisbruik, vernedering, discriminatie, seksisme en sociaal isolement. Daarnaast kennen we het onderscheid in objectieve veiligheid en subjectieve veiligheid. De *objectieve veiligheid* van een situatie kan worden vastgesteld op basis van objectieve gegevens zoals de kans op een ongeval, de omvang van de potentiële schade en het aantal en de ernst van de mogelijke letsels, en ook of er wordt voldaan aan de wet- en regelgeving op het gebied van veiligheid. De *subjectieve veiligheid* is de mate waarin mensen zich in een bepaalde situatie veilig voelen. Deze subjectieve veiligheid hangt af van de *risicoperceptie*, dat wil zeggen van de inschatting die mensen maken over de risico's in de betreffende situatie. De subjectieve veiligheid kan voor eenzelfde situatie sterk verschillen per persoon. Mensen kunnen zich veiliger of onveiliger voelen, omdat ze bepaalde risico's te laag of te hoog inschatten, in het geheel niet zien of er juist sterk op focussen.

De fysieke veiligheid is op basis van objectieve gegevens en door toetsing aan de wet- en regelgeving over het algemeen redelijk goed vast te stellen. Sociale veiligheid is lastiger te bepalen, omdat sociale veiligheid mede afhangt van de subjectief ervaren veiligheid.

1.4 Veiligheidsmodellen



Om inzicht te krijgen in de factoren die een bedreiging kunnen zijn voor de veiligheid zijn er in de loop der jaren diverse modellen ontwikkeld die deze factoren beschrijven en hun (relatieve) invloed op de veiligheid weergeven. Het simpelste 'model' is de *Wet van Murphy* die stelt dat als er iets kan misgaan, het ooit ook zal misgaan. Deze wet spreekt zich verder niet uit over wat er kan misgaan, wanneer en hoe vaak iets misgaat en wat de gevolgen daarvan zijn. De Wet van Murphy is dan ook weinig bruikbaar om te verklaren waarom er in een bepaalde situatie een incident of ongeval heeft plaatsgevonden en hoe dit in de toekomst kan worden voorkomen. Het *Error Chain model* (*keten-van-missers-model*) van James Reason, dat ook

wel het *Zwitserse gatenkaas model* wordt genoemd, biedt meer duidelijkheid.

Het model laat zien dat een ongeval vrijwel nooit het gevolg is van één vergissing, maar dat daar vaak een keten van missers aan is voorafgegaan. Was één van deze vergissingen niet gemaakt, dan was het ongeval ook niet gebeurt. De keten van missers kan worden doorbroken door tenminste één schakel in de keten weg te nemen en zo te voorkomen dat een serie onjuiste keuzes en handelingen leidt tot een ongeval. Het Error Chain model is verder ontwikkeld tot het *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) dat wordt gebruikt voor de analyse van ongevallen in de militaire en burgerluchtvaart. Dit model maakt tevens duidelijk dat aan veel onveilige handelingen van een vlieger een breed scala aan 'verborgen' fouten ten grondslag kan liggen. Het model maakt daarbij onderscheid in vier niveaus van missers of foutbronnen:

1. *Onveilig gedrag* van de vlieger, variërend van onbedoelde vergissingen tot bewuste overtredingen;
2. *Ongunstige randvoorwaarden* die samenhangen met de vlieger, het vliegtuig, het weer en het vlieggebied;
3. *Ontoereikend toezicht*, zoals het ontbreken van checks, gebrek aan toezicht op de startplaats en lacunes in het opleidings- en onderhoudsprogramma van een vereniging;
4. *Organisatiegebreken*, zoals onvoldoende of onjuiste inzet van menskracht en middelen, ontbreken van reglementen en procedures en een onveilige clubcultuur.

De oorzaken van het eerste niveau worden de *actieve fouten* genoemd. De oorzaken van het tweede t/m het vierde niveau worden *latente fouten* genoemd. Het HFACS verdeelt de ongunstige randvoorwaarden van het tweede niveau in:

- de lichamelijke en geestelijke gesteldheid van de vlieger;
- de bekwaamheid en beperkingen van de vlieger;
- het vliegtuig en de uitrusting;
- de vluchtomstandigheden, zoals het weer, het vliegplan en het vlieggebied;
- crew resource management (CRM): communicatie, coördinatie, planning en samenwerking.

In deze syllabus beperken we ons tot het gedrag van de vlieger zelf (eerste niveau) en de randvoorwaarden die direct het gedrag van de vlieger bepalen, zoals zijn lichamelijke en geestelijke gesteldheid en zijn vliegbekwaamheid (tweede niveau). De overige randvoorwaarden van het tweede niveau, zoals het vliegtuig en de vluchtomstandigheden, komen aan bod in de andere vakken van het zweefvliegbrevet (LAPL).

1.5 Samenvatting

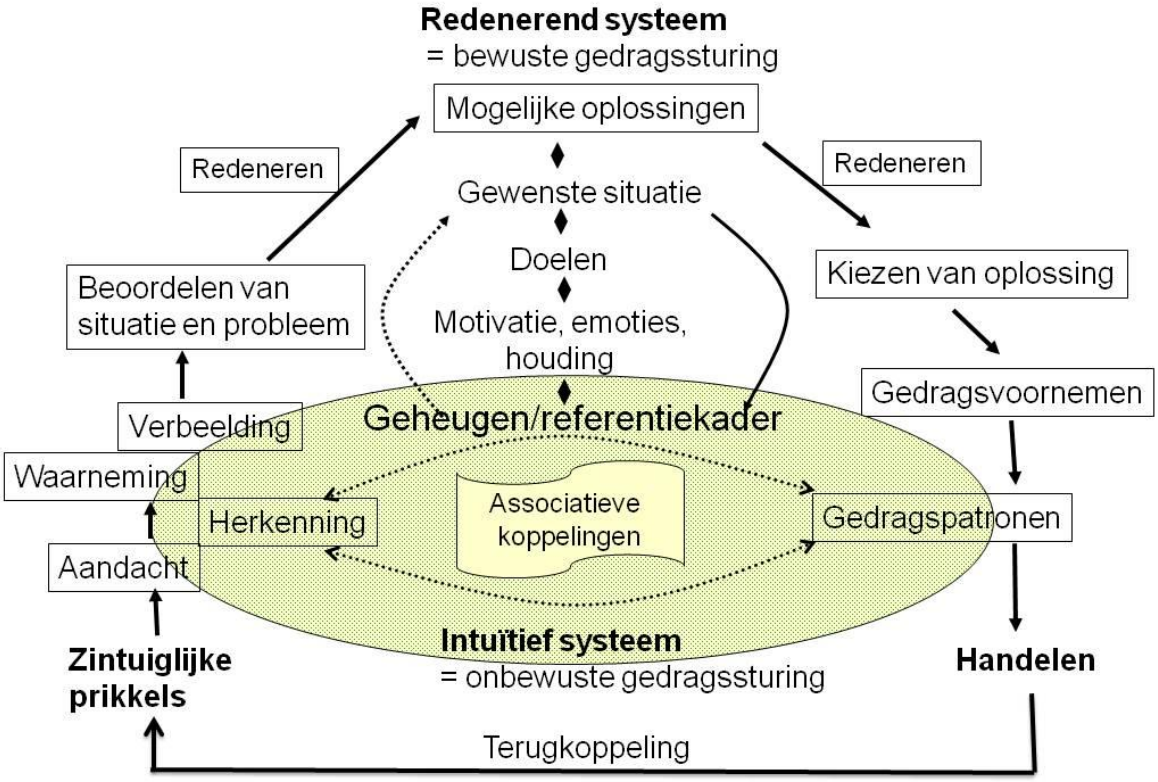
Zweefvliegen is op zich geen erg gevaarlijke sport, maar er komen relatief gezien toch meer voorvallen en ongevallen voor bij het zweefvliegen dan in de burgerluchtvaart of in het verkeer. Op het gebied van veiligheid is er bij het zweefvliegen dus nog winst te behalen.

Verreweg de meeste voorvallen zijn te wijten aan vergissingen van de vlieger. Het Error Chain model laat echter zien dat het gedrag van de zweefvlieger niet de enige oorzaak is van veel voorvallen. Meestal is er een reeks van vergissingen en fouten aan voorafgegaan. Het model maakt onderscheid in ongunstige randvoorwaarden, ontoereikend toezicht en organisatiegebreken.
Het vak Menselijke Prestaties en Beperkingen gaat over (on)veilig vlieggedrag en over de randvoorwaarden die samenhangen met de zweefvlieger zelf, zijn lichamelijke en geestelijke mogelijkheden en beperkingen en zijn vliegbekwaamheid. Deze factoren komen aan bod in de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk 2: Veilig vlieggedrag

2.0 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over het gedrag van zweefvliegers. Om het aantal voorvallen en zeker het aantal ongevallen zoveel mogelijk te beperken, moeten we weten hoe het gedrag van zweefvliegers de veiligheid in gevaar kan brengen, zodat we op grond van deze inzichten kunnen vaststellen hoe we veiliger kunnen vliegen. Daarvoor moeten we allereerst begrijpen hoe gedrag tot stand komt en welke factoren daarbij een rol spelen. Onderstaand model van redenerend en intuïtief handelen laat zien hoe het menselijk brein zintuiglijke prikkels verwerkt en via twee denksystemen kan komen tot beslissingen en gedrag.

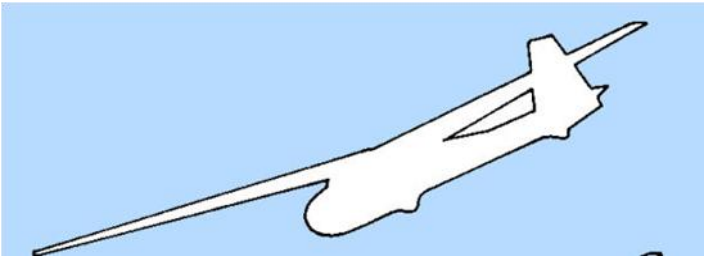


De volgende paragrafen bevatten een toelichting op dit model. Aan bod komen de waarneming, de aandacht, de verbeelding, onbewust gedrag en bewust gedrag. We staan daarbij uitgebreid stil bij de manier waarop vergissingen kunnen ontstaan en hoe je deze vergissingen in je denken en handelen kunt voorkomen. We bespreken onder meer het belang van oefening en ervaring, het voorbereiden van je vluchten, de risico-inventarisatie en –evaluatie, handelen volgens checklijsten en standaardprocedures, vooruit denken, omgevingsbewustzijn en de veiligheidscultuur binnen de vereniging.

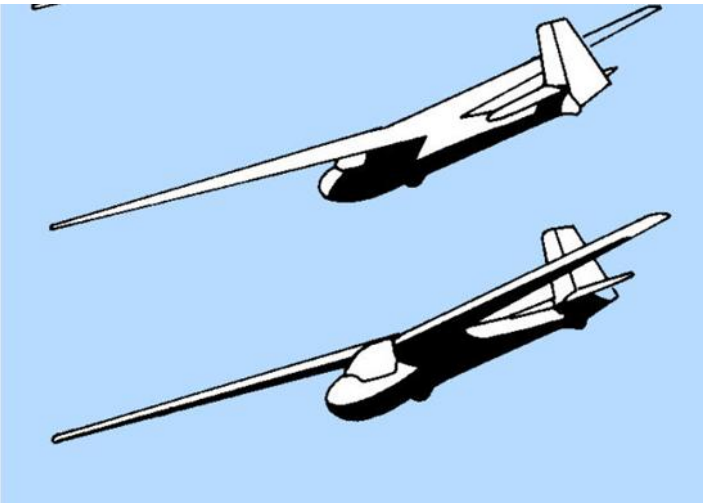
2.1 Waarnemen

Via je zintuigen wordt je voortdurend gebombardeerd met prikkels uit de wereld om je heen. Je kunt zien met je ogen, horen met je oren, proeven met je mond, ruiken met je neus, voelen met je huid en de stand en beweging van je lichaam ten opzichte van de aarde (zwaartekracht) bepalen met

je evenwicht. Zelfs als je slaapt, ben je niet volledig afgesloten van deze prikkels van buitenaf. Een harde knal of een lichtflits maakt je wakker. De prikkels worden in de zintuigcellen omgezet in elektrische signalen die via aanvoerende (= afferente) zenuwbanen naar je hersenen worden overgebracht. De hoeveelheid prikkels is zo groot, dat je ze lang niet allemaal kunt verwerken. Met je *aandacht* filter je daarom de belangrijke prikkels er uit en je geeft ze vervolgens een betekenis op basis van het herkennen van patronen die zijn opgeslagen in je geheugen. Op deze manier verwerk je de binnenkomende prikkels tot betekenisvolle informatie. De herkenbare patronen maken deel uit van je *referentiekader*. Je referentiekader is het geheel van je kennis, ervaringen en opvattingen in je lange termijn geheugen dat jouw beeld van de werkelijkheid vormt. De patroonherkenning helpt je waarneming bij het interpreteren van alle binnenkomende zintuiglijke prikkels. Zo kun je toch een betekenis geven aan iets waarover de zintuiglijke prikkels maar weinig informatie geven. Het is bijvoorbeeld niet moeilijk om een zweefvliegtuig te herkennen in onderstaand plaatje, ook al zie je alleen de contouren van het vliegtuig.



Uit de contouren kun je echter niet opmaken of het zweefvliegtuig naar je toe vliegt of van je af vliegt. Daarvoor heb je meer zintuiglijke prikkels nodig, zoals onderstaand plaatje laat zien.



Het ontvangen en verwerken van zintuiglijke prikkels tot betekenisvolle informatie noemen we *waarnemen* of *perceptie*. De waargenomen informatie komt eerst in je *korte termijn geheugen* terecht. Het korte termijn geheugen heeft een kleine opslagcapaciteit en de informatie wordt er maar een paar seconden tot enkele minuten in vastgehouden. Afhankelijk van het belang van de informatie wordt de informatie vervolgens in gecodeerde vorm opgenomen in je *lange termijn geheugen* en krijgt het daar zijn plaats in je referentiekader. Bij de opslag van de informatie in je lange termijn geheugen vervult de aandacht eveneens een sturende en selecterende rol. De informatie die niet in je lange termijn geheugen wordt opgeslagen, ben je direct weer vergeten. Het lange termijn geheugen heeft een zeer grote opslagcapaciteit en kan veel informatie voor langere tijd

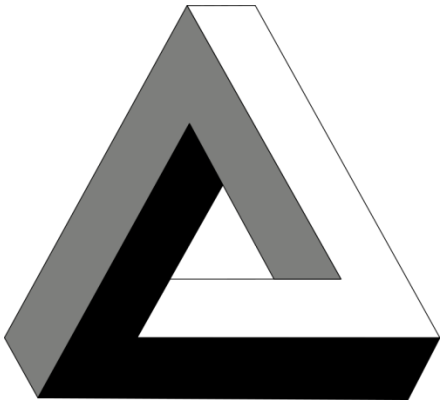
opslaan. De informatie vervaagt echter als deze niet regelmatig wordt geactiveerd. Het wordt dan steeds moeilijker om de informatie terug te vinden. Je herinnering laat je in de steek.

Een voorbeeld:

Je staat op de startplaats en je ogen vangen een bepaald patroon op van witte en groene prikkels. Door filtering en patroonherkenning zie je dat er een zweefvliegtuig op het gras staat. Je herkent het vliegtuig, weet dat het de tweezitter is waarin je veel lesvluchten hebt gemaakt en je denkt wellicht even terug aan je eerste vlucht met dit vliegtuig. Vervolgens richt je je aandacht op iets anders, totdat iemand je erop wijst dat het transportwiel nog om de staart zit. Op dat moment besef je dat je dat niet is opgevallen, hoewel je dat onbewust waarschijnlijk wel hebt gezien en even in je korte termijn geheugen hebt vastgehouden. Omdat je weet hoe belangrijk het is om het transportwiel te checken, neem je je voor om daarop extra te letten bij je komende vluchten. Je legt het voorval vast in je lange termijn geheugen.

2.2 Werkelijkheid en illusies

In het algemeen stemt de informatie die je via je zintuigen ontvangt, overeen met de werkelijkheid. Je beeld van de werkelijkheid is echter beperkt. Zo kunnen mensen geen infrarode of ultraviolette lichtgolven waarnemen en horen we alleen het geluid tussen de 20 Hertz en 20.000 Hertz. Ook kunnen mensen lang niet zo scherp ruiken als een hond of scherp zien als een adelaar. In het dagelijks leven red je je daar prima mee, maar het waarnemingsproces kan te kort schieten en je een onvolledig of vertekend beeld van de werkelijkheid opleveren. Daardoor kun je bijvoorbeeld een zweefvliegtuig waarmee je in botsing dreigt te komen, niet opmerken of een verkeerde inschatting maken van de afstand tot dat vliegtuig.



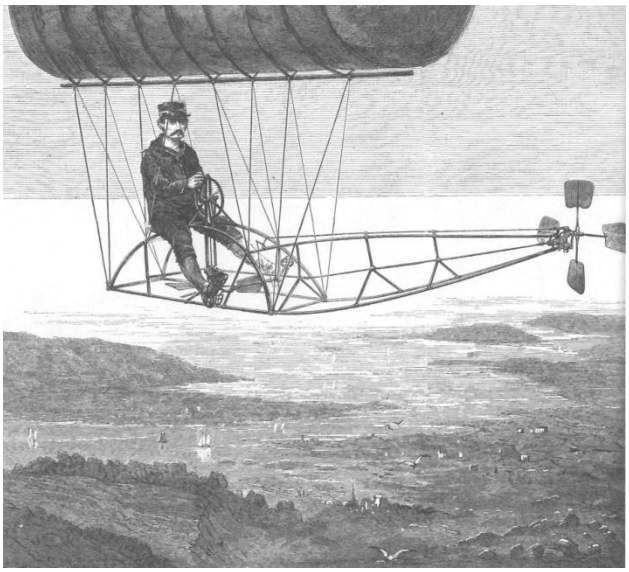
Als je zintuigen te weinig prikkels of tegenstrijdige prikkels ontvangen en deze prikkels onvoldoende aanknopingspunten bieden, dan kan je referentiekader je zelfs voor de gek houden. Je maakt dan op basis van de zintuiglijke prikkels een beeld dat niet klopt met de werkelijkheid, zoals het plaatje laat zien. Zo'n vergissing noemen we een *zinsbegoocheling* of *illusie*. In de hoofdstukken 4 en 5 over zien, horen en evenwicht bespreken we de illusies die de vliegveiligheid in gevaar kunnen brengen.

2.3 Verbeelding

Naast de informatie uit je waarneming gebruik je ook denkbeeldige informatie. Je vormt in je gedachten voortdurend beelden van dingen, mensen en situaties die er op dat moment (nog) niet of niet meer zijn. Hiervoor maak je eveneens gebruik van je referentiekader. Je staat bijvoorbeeld op de startplaats, ziet een mooie cumulus in de lucht en je stelt jezelf voor dat je in een zweefvliegtuig in de thermiekbel onder de wolk ronddraait. En wanneer je een uur later werkelijk in de thermiekbel ronddraait, dan stel je je voor waar de bel zich bevindt, zodat je deze zo goed mogelijk kunt centreren. Zo kun je je een voorstelling maken van iets dat je op dat moment niet kunt waarnemen. Dat kunnen situaties zijn uit het verleden, zoals je eerste solovlucht, gebeurtenissen waarover je leest of waarover iemand vertelt, zoals een spannend verhaal over bergvliegen, en gebeurtenissen in de toekomst, zoals een overlandvlucht die je wilt maken. Je verbeelding stelt je in staat om vooruit te denken, bijvoorbeeld om een vluchtplan te maken voor een overlandvlucht. Het belang van vooruit denken komt terug in de paragrafen 2.7 en 2.8

De verbeelding is het middel bij uitstek om nieuwe dingen te bedenken en op hun

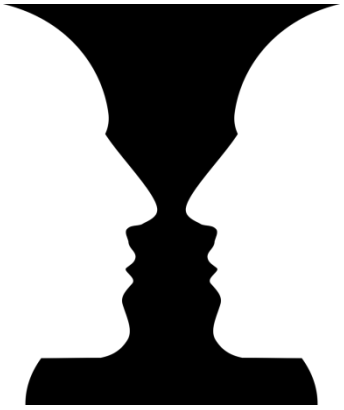
gebruikswaarde te testen, voordat we ze in de werkelijkheid toepassen. Je verbeelding is zelfs in staat om (nog) onbestaanbare dingen te bedenken, zoals de luchtfiets in onderstaand plaatje.



Ook in je slaap gebruik je je verbeelding. Je hebt dan een mooie droom of een nachtmerrie. Inmiddels draait onze hele samenleving op de producten van onze verbeelding en zonder onze verbeelding zou onze samenleving ook niet kunnen bestaan.

2.4 Aandacht

Je aandacht en je referentiekader vervullen een centrale rol bij het ontvangen en verwerken van zintuiglijke prikkels, bij het oproepen en verwerken van 'verbeelde' informatie en bij het vastleggen van de informatie in je geheugen. Met je aandacht en referentiekader bepaal je welke informatie belangrijk is en dus op de voorgrond komt te staan en welke informatie op de achtergrond mag blijven. Soms is het echter niet zo duidelijk wat de voorgrond en wat de achtergrond is en waar je je aandacht op moet richten. Wat zie je in de onderstaande tekening?



De aandacht is een noodzakelijke, maar tegelijk ook zwakke schakel in de waarneming en de daarop volgende verwerkingsstappen. Te weinig, te laat of helemaal geen aandacht schenken aan zintuiglijke prikkels die duiden op een (potentieel) gevaarlijke situatie, is dan ook de mogelijke

oorzaak van veel incidenten. Een bekend voorbeeld is het zweefvliegtuig dat vrijwel niet opvalt tegen het wit van de wolken en dat je daardoor (te) laat ziet. Ook bij helder weer als er veel is te zien aan de horizon, zijn zweefvliegtuigen die zich op een gelijke hoogte met je bevinden, vaak moeilijk te onderscheiden.

Je aandacht moet dus optimaal functioneren om alle belangrijke informatie uit je omgeving waar te nemen. Daarvoor is in de eerste plaats een matig niveau van opwinding (arousal) nodig. Je mist informatie uit je omgeving als je te weinig waakzaam bent, omdat je mentaal vermoeid bent of lichamelijk niet fit bent, maar ook als je te opgewonden bent. In paragraaf 3.3 gaan we hier nader op in. In de tweede plaats moet je openstaan voor alle informatie uit je omgeving. Afgeleid worden en probleemfixatie zijn twee beruchte boosdoeners die je afsluiten voor informatie. *Afgeleid worden* betekent dat je aandacht wordt getrokken naar iets anders, dan waar je op dat moment mee bezig bent, zoals afgeleid worden tijdens een A-inspectie of je cockpitcheck. Te gehaast zijn (*hurry-up syndroom*) speelt daarbij vaak een rol. De tijdsdruk leidt je af en laat je je checks onzorgvuldig uitvoeren. *Probleemfixatie* is min of meer het omgekeerde verschijnsel. Je bent zo geconcentreerd bezig met iets, dat je daardoor andere, belangrijke signalen uit de omgeving niet opmerkt. Zo kan een zweefvlieger die bezig is met een lastige zijwindlanding, zo gefocust zijn op het aanvliegen van het landingsveld, het rechtleggen van het vliegtuig en het horizontaal houden van de vleugels, dat hij een obstakel op of vlak naast het landingsveld niet opmerkt. Ook zijn er diverse (on)gevallen bekend waarbij de zweefvlieger zo druk was met het oplossen van een probleem, dat hij/zij niet in de gaten had dat de snelheid gevaarlijk terugliep.

Veel van de voorvallen die worden genoemd in de verslagen van de Commissie Instructie en Veiligheid en in de rapportages van de Onderzoeksraad voor Veiligheid, kunnen worden verklaard uit het feit dat de vliegers werden afgeleid of juist te veel waren gefixeerd op een probleem. Daardoor reageerden de vliegers onvoldoende op het dreigende gevaar met als gevolg een onbestuurbaar vliegtuig, een te steile start, een bijna botsing in de lucht, een onherstelbare tolvlucht of een te lage snelheid tijdens de landing.

Je aandacht wordt onder meer aangestuurd door je drijfveren (motivatie), emoties en houding. In hoofdstuk 3 gaan we dieper in op de invloed van deze factoren en op de veiligheidsrisico's die hieruit kunnen voortkomen.

2.5 Bewust en onbewust gedrag

Je waarneming en je verbeelding leveren de input voor twee mentale processen die je gedrag onbewust en bewust aansturen, zoals het model in de inleiding van dit hoofdstuk laat zien. In de eerste plaats beschik je over een *intuïtief systeem* waarmee je snel en associatief, maar (vrijwel) onbewust reageert op de informatie uit je waarneming en verbeelding. Daarnaast gebruik je een *redenerend systeem* waarin je de informatie bewust gebruikt om beslissingen te nemen. Beide systemen vullen elkaar aan en je maakt er afwisselend gebruik van afhankelijk van het belang, de onbekendheid en de complexiteit van de situatie waarin je je bevindt. Beide systemen worden net als je aandacht aangestuurd door je motivatie, emoties en houding.

2.5.1 Intuïtief handelen

Het intuïtief systeem maakt deel uit van je geheugen en bevat de *gedragspatronen* die het mogelijk maken om snel en gedachteloos te reageren. In het intuïtief systeem wordt de waargenomen of verbeelde informatie (*stimuli*) gekoppeld aan de gedragspatronen die je van nature bezit of die je jezelf hebt eigen gemaakt door ervaring en oefening in dezelfde of vergelijkbare situaties (*associatie*). Tot deze gedragspatronen behoren onder meer je:

- *reflexen*. Dit zijn de automatische, onwillekeurige reacties op prikkels, zoals de hoest- en niesreflex of een schrikreactie;
- *routinehandelingen* en *vaardigheden* (eng: *skills*), zoals lezen, schrijven, fietsen, zwemmen en autorijden;

- vaste gewoonten en *procedures*.

Een gedragspatroon kan bestaan uit een enkele handeling, zoals de zendknop op de stuurknuppel indrukken, maar ook uit een hele reeks van handelingen. Sommige stimuli hebben een sterke verbinding met één bepaald gedragspatroon. In die situaties reageer je altijd op dezelfde manier. Andere stimuli hebben verbindingen met verschillende gedragspatronen. In die situaties kan je dus op verschillende manieren reageren. Welke manier je 'kiest' hangt onder meer af van je motivatie, je emotionele gesteldheid en je houding. In hoofdstuk 3 bespreken we de invloed van motivatie, emoties en je houding op je gedrag.

2.5.2 Terugkoppeling

Na het uitvoeren van een gedragspatroon vindt er een *terugkoppeling* (eng: *feedback*) plaats naar de zintuiglijke input. Zo beoordeel je of het gedrag heeft geleid tot de gewenste situatie. De terugkoppeling kan volledig onbewust verlopen via het intuïtief systeem, maar kan ook min of meer bewust verlopen. Gecoördineerd vliegen is hiervan een voorbeeld. In het begin van je opleiding moest je de stuurknuppel en het voetenstuur heel bewust bedienen om het piefje dat laat zien of je gecoördineerd vliegt (terugkoppeling), recht te houden en maakte je ter correctie wellicht nog (te) forse bewegingen met de stuurknuppel of gaf je (te) weinig voetenstuur, zodat het piefje nooit mooi recht stond. Gaandeweg heb je geleerd om de juiste correcties te maken op geleide van de terugkoppeling van het piefje en zijn deze correcties onderdeel geworden van het intuïtief systeem. Gecoördineerd vliegen is nu als vaardigheid (eng: *skill*) in je lange termijn geheugen opgeslagen en verloopt onbewust. Je handelt op je *routine* (eng: *skill-based*). Zo kun je al je aandacht bewust richten op wat er in je omgeving gebeurt. Bewust nadenken over het gelijktijdig bewegen van de stuurknuppel en het voetenstuur doe je nu nog alleen in bijzondere situaties, zoals tijdens een sliplanding of bij een landing met harde zijwind.

2.5.3 De vorming van gedragspatronen

Hoe snel en accuraat je een gedragspatroon uitvoert, is afhankelijk van:
- de overeenkomst tussen de informatie die je op dat moment ontvangt, en de vergelijkbare informatie in je geheugen;
- de sterkte van de koppeling tussen de informatie in je geheugen en de bijbehorende gedragspatronen.

Als de informatie die je ontvangt, overeenkomt met een situatie die je al veel vaker hebt meegemaakt, dan kun je snel en accuraat reageren. Ben je echter niet vertrouwd met een situatie, dan zijn er nog geen gedragspatronen die hier bijpassen, en moet je gebruik maken van je redenerend systeem om de geschikte gedragspatronen te kiezen (zie paragraaf 2.6). Intuïtief handelen is dus uitermate nuttig voor routine handelingen. Het gaat snel en voorkomt overbelasting van je denkvermogen. Maar intuïtief handelen schiet tekort in nieuwe en onverwachte situaties.

De gedragspatronen en hun koppeling met bijpassende situaties worden opgebouwd door veelvuldige herhaling. Uit onderzoek bij onder meer topsporters is gebleken dat je een vaardigheid tenminste 10.000 maal in uiteenlopende situaties moet oefenen om de vaardigheid volledig te beheersen. Wanneer je het oefenen helemaal zou overlaten aan het intuïtief systeem, dan zou er zelfs nog veel meer oefening nodig zijn, omdat je dan alleen met '*vallen en opstaan*' (eng: *trial-and-error*) te werk kunt gaan. Gelukkig beschik je over een redenerend systeem dat je helpt bij het leren van vaardigheden. In paragraaf 2.9 gaan we hier nader op in.

2.5.4 Onbewuste vergissingen

De activering van gedragspatronen in het intuïtief systeem verloopt onbewust en is daardoor gevoelig voor oncontroleerbare vergissingen. Er zijn daarbij drie soorten van vergissingen mogelijk:

- een onjuist beeld van de feitelijke situatie;
- een verstoorde, zwakke of ontbrekende koppeling tussen het beeld van de situatie en de bijpassende gedragspatronen;
- het ontbreken van geschikte gedragspatronen.

Bij een onjuist beeld van de feitelijke situatie koppelt het intuïtief systeem dit beeld automatisch aan een onjuist gedragspatroon. Als je dan op je routine vertrouwt, maak je een vergissing. Een onjuist beeld van de situatie kan ontstaan als je onvoldoende oplet, als je wordt afgeleid of door een zinsbegoocheling. Bij een start let je bijvoorbeeld onvoldoende op de crosswind. De bovenwindse vleugel komt omhoog, het zweefvliegtuig breekt uit en je maakt een grondzwaai. Of je wordt afgeleid tijdens je cockpitcheck, vergeet de kleppen in de lock te doen en je start met geopende kleppen. Door gezichtsbedrog kun je bijvoorbeeld bij de landing een verkeerde inschatting maken van de hoogte en zul je het landingsveld te hoog of te laag naderen. In paragraaf 4.9.2 bespreken we deze naderingsillusie.

Een zwakke of ontbrekende koppeling tussen het beeld van de situatie en je gedragspatronen doet zich voor als je plotseling wordt geconfronteerd met een voor jou onbekende situatie. Je intuïtief systeem wil dan snel tot actie overgaan, maar kan de bijbehorende gedragspatronen niet 'vinden'. Je intuïtief systeem kiest dan voor gedragspatronen die passen bij een situatie die zoveel mogelijk lijkt op de feitelijke situatie. Daardoor zijn er bijvoorbeeld harde (buiten)landingen gemaakt door vliegers die vertrouwden op hun landingsvaardigheden, maar waarbij de veldsituatie net even anders was dan op hun eigen veld of omdat ze in een onbekend type vliegtuig vlogen. De emotionele spanning van het moment kan daarbij een nadelig effect hebben gehad. We komen daar nog op terug in paragraaf 3.2 en 3.3

Ontoereikende of ontbrekende gedragspatronen doen zich vooral voor bij beginnende vliegers. Zij beheersen de vliegvaardigheden nog onvoldoende om er gedachteloos op te kunnen vertrouwen. Tijdens het vliegen moeten zij voortdurend het redenerend systeem gebruiken om de juiste handelingen te verrichten. Dit kan leiden tot een overbelasting van het denkvermogen met de bijbehorende gevoelens van stress die het leerproces eerder tegenwerken dan bevorderen. In paragraaf 3.3 bespreken we dit remmende effect van te hoge mentale spanning.

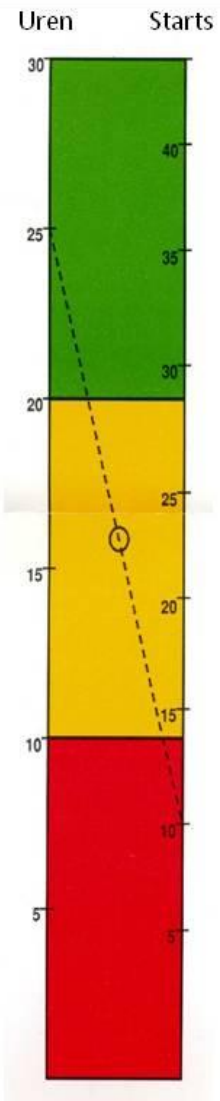
Ook bij geoefende zweefvliegers kunnen de gedragspatronen ontoereikend zijn, wanneer hun recente vliegervaring onvoldoende is. De ervaringsbarometer laat zien dat hun gedragspatronen 'versleten' zijn en moeten worden opgefrist.

2.5.5 De ervaringsbarometer

Aangezien de koppelingen in het intuïtief systeem gaandeweg verzwakken als ze niet regelmatig worden geactiveerd, bieden oefening en ervaring in het verleden geen garantie voor veilig vliegen. Zweefvliegers moeten hun vaardigheden op peil houden door regelmatig te vliegen in uiteenlopende omstandigheden. Uit de onderstaande ervaringsbarometer is af te lezen hoe goed je recente vliegervaring is. De ervaringsbarometer gaat uit van het aantal vlieguren en het aantal starts in de afgelopen 6 maanden.

Trek een lijn tussen het aantal vlieguren op de linker verticale as en het aantal starts op de rechter verticale as. Het snijpunt van deze lijn met de middenlijn van de ervaringsbarometer is een maat voor je recente vliegervaring. De kleuren in de barometer geven aan in hoeverre je vliegervaring voldoende is voor vliegen in uiteenlopende omstandigheden (groen gebied), vliegen in vertrouwde omstandigheden (geel gebied) en vliegen in zeer veilige omstandigheden of met een

instructeur (rode gebied).



Groene gebied

Goed. De recente vliegervaring is in orde.
Houd de veiligheid goed in de gaten.
Goed geoefende zweefvliegers maken de volgende fouten:
- niet goed gemonteerd
- onnauwkeurige cockpitcheck
- fouten bij startonderbreking
- fouten bij de circuitplanning, vooral bij buitenlanding

Gele gebied

Matig. Meer oefening en ervaring kan geen kwaad.
Met weinig ervaring reageer je minder goed bij onverwachte gebeurtenissen.
Wees vooral voorzichtig bij:
- starts in onbekende gebieden
- vluchten op een nieuw type waar je niet veel op hebt gevlogen
- vluchten op onbekende vliegvelden
- starten met een andere startmethode waar je weinig ervaring mee hebt

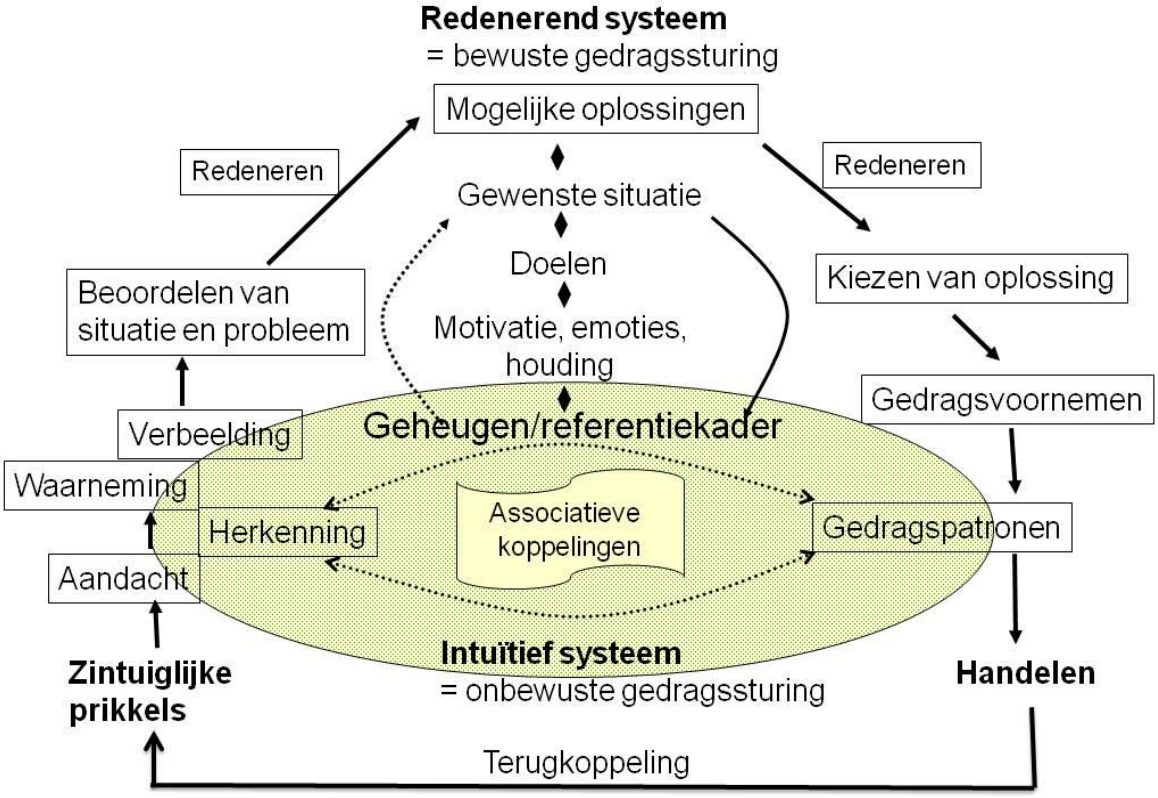
Rode gebied

Onvoldoende recente ervaring. Vliegen kan riskant zijn.
Voor ongeoefende zweefvliegers geldt:
- neem na 3 maanden niet vliegen een checkstart
- maak de eerste starts bij rustig weer

2.6 Redenerend handelen

Door middel van het redenerend systeem kom je tot een bewust besluit over welk gedrag in een bepaalde, ongewenste situatie het meest geschikt is om een nieuwe, gewenste situatie te bereiken. Deze besluitvorming verloopt in een aantal stappen. Deze stappen zijn in het model van redenerend en intuïtief handelen weergegeven en worden in deze paragraaf besproken. Ter wille van de leesbaarheid staat het model nogmaals op de volgende bladzijde.

De rol van de aandacht bij het waarnemen is hierboven al besproken. Bij de sturing van je gedrag door het intuïtief systeem gebruik je je aandacht vrijwel onbewust. Ook het waarnemen en beoordelen van de effecten van je handelen, de hierboven genoemde feedback, verloopt via het intuïtief systeem vrijwel onbewust.



Wanneer je handelingen die door het intuïtief systeem zijn geactiveerd, niet de gewenste situatie opleveren of een ongewenste situatie doen vermijden, dan leidt de feedback tot activering van je bewuste redeneersysteem. Je ervaart de ongewenste situatie nu als een probleem. Je richt je aandacht bewust op zintuiglijke prikkels die je een beter beeld geven van de situatie. Dit beeld van de feitelijke situatie vergelijk je met het beeld van de gewenste situatie dat je in je verbeelding hebt gevormd op basis van je doelen en verwachtingen. Door redeneerstappen te gebruiken die er ongeveer uitzien als "als ik dit doe, dan gebeurt er dat", bedenk je één of meer mogelijke oplossingen voor het probleem. Na afweging van de voor- en nadelen van iedere oplossing kom je tot de keuze van de beste oplossing.

De keuze voor de beste oplossing leidt tot een *gedragsvoornemen* of *intentie*. De bij deze intentie behorende gedragspatronen worden in het intuïtief systeem geactiveerd en vervolgens uitgevoerd. Afhankelijk van de feedback die het resultaat van deze handelingen oplevert, blijft het redenerend systeem actief of neemt het intuïtief systeem de aansturing van je gedrag weer over.

Er is een voortdurende wisselwerking tussen beide systemen. Routine heeft de voorkeur, want dan heb je je gedachten vrij voor andere, belangrijkere zaken. Het redenerend systeem wordt pas actief, als de routine niet meer volstaat.

Een voorbeeld

Stel, je vliegt tijdens een overlandvlucht onder een wolkenstraat door naar je volgende keerpunt. Daarbij houd je met kleine bewegingen van je stuurknuppel en je voetenstuur onbewust de beste snelheid en koers aan. Je vertrouwt daarbij op je ingeslepen vaardigheden van je intuïtief systeem en je kunt al je aandacht bewust richten op je omgeving. We noemen dit omgevingsbewustzijn of situational awareness (zie paragraaf 2.8). Plotseling zie je rechts van je een ander zweefvliegtuig naderen op ongeveer dezelfde hoogte (= feitelijke situatie) en het bewuste redeneersysteem grijpt in (= probleem). Je richt je aandacht op het naderende vliegtuig en maakt een inschatting van zijn snelheid en koers. Je wilt uiteraard een botsing vermijden (= gewenste situatie) en wetende dat je

het andere vliegtuig voorrang moet geven, kom je tot de volgende mogelijkheden: een bocht naar links maken om voor het andere vliegtuig uit te wijken of een bocht naar rechts maken om achter het andere vliegtuig langs te gaan. Uiteindelijk kies je voor de meest veilige oplossing namelijk een bocht naar links, zodat het andere vliegtuig rechts van je blijft. De bijbehorende handelingen voer je geroutineerd uit (intuïtief systeem) en je blijft daarbij goed letten op het andere vliegtuig om er zeker van te zijn dat je niet meer op botsingskoers ligt (redenerend systeem). Als het botsingsgevaar is geweken, dan pik je de wolkenstraat weer op en zet je je tocht naar je volgende keerpunt voort. Je intuïtief systeem neemt daarbij de besturing weer vrijwel geheel over en je kunt je aandacht volledig richten op het scannen van de omgeving tot zich een volgende situatie voordoet die vraagt om bewust ingrijpen.

2.6.1 Handelen volgens procedures

Voor het bedenken van mogelijke oplossingen heb je de beschikking over verschillende hulpbronnen. Soms is er al een beste oplossing beschikbaar. De *procedures* en *checklijsten* die zweefvliegers gebruiken, zijn zulke 'beste' oplossingen. Je keuze van de beste oplossing bestaat dan in feite uit het volgen van de juiste procedure die op schrift of in je geheugen is vastgelegd, zoals de A-inspectie, de cockpitcheck, het vliegen van het landingscircuit of het uitvoeren van de BOKS procedure bij een kabelbreuk. Je denkt en handelt *procedureel* (eng: *rule-based*).

Een voorbeeld

De startleider heeft je een zweefvliegtuig toegewezen en het 'probleem' is dat je niet zeker weet of het zweefvliegtuig in alle opzichten veilig is. 'sOchtends is er wel een A-inspectie geweest, maar er kunnen zich intussen wijzigingen hebben voorgedaan. Dus doe je als standaardprocedure de SKISTOKS cockpitcheck om mogelijke veiligheidsrisico's uit te sluiten. Pas daarna weet je zeker dat je met een gerust hart de lucht in kan met het zweefvliegtuig.

Het afwerken van checklijsten moet je altijd bewust en aandachtig uitvoeren en niet aan je onbewuste routine overlaten. Je doet de checks immers om er zeker van te zijn dat alles in orde is. Zou je de check overlaten aan het onbewuste, intuïtief systeem, dan zou je na de check nog steeds niet bewust weten of alles in orde is. Door je checks hardop uit te voeren laat je je er ook niet zo gemakkelijk van afleiden.

2.6.2 Standaardprocedures

Het werken met *standaardprocedures* (eng: *Standard Operating Procedures*) en checklijsten vergroot de vliegveiligheid aanzienlijk. In alle sectoren van de luchtvaart zijn standaardprocedures en checklijsten dan ook gemeengoed evenals de opfriscursussen en praktijktrainingen om de standaardprocedures tot vaste gedragspatronen te maken. Vooral noodprocedures worden soms eindeloos geoefend om ervoor te zorgen dat een vlieger ze feilloos kan uitvoeren als het erop aankomt. Een (zweef)vlieger moet in noodsituaties kunnen vertrouwen op zijn intuïtief systeem, omdat zijn redenerend systeem dan niet alleen te traag werkt, maar ook gevoelig is voor vergissingen door de spanning van het moment. De ANC volgorde is een

voorbeeld van een standard operating procedure (SOP) in een noodsituatie.
ANC staat voor *Aviate*, *Navigate* en *Communicate* en geeft je de prioriteiten aan in een noodsituatie.

- Blijf vliegen (aviate). Zorg voor voldoende snelheid en verlies zo min mogelijk hoogte;
- Kies een veilige koers (navigate). Zoek zo nodig een plek waar je kunt landen en bereid je voor op de landing;
- Communiceer pas via de radio als het vliegen en de koers onder controle zijn. Laat anderen weten waar je bent, wat je van plan bent en welke hulp je nodig hebt.

2.6.3 Logisch denken en creativiteit

Voor een nieuw probleem is er meestal niet direct een eenduidige, beste oplossing voorhanden. In die situaties moet je de mogelijke oplossing(en) zelf bedenken. Daarbij kun je redenerend te werk gaan met logische denkstappen, zoals hierboven is aangegeven. Je bedenkt alle mogelijke oplossingen en beoordeelt de waarde van iedere oplossing op basis van je kennis en ervaringen (eng: *knowledge based*). Je gaat dan *analytisch* te werk.

Uit onderzoek is gebleken dat ervaren vliegers onder tijdsdruk, zoals in een noodsituatie, hun beslissingen nemen op basis van herkenning. In plaats van alle voor- en nadelen van de mogelijke oplossingen af te wegen, kiezen zij voor een plan van aanpak dat als eerste bij hen opkomt en waarvan ze op basis van hun kennis en ervaring verwachten dat deze aanpak vruchtbaar zal zijn. De gekozen oplossing is dan wellicht niet de beste oplossing, maar de oplossing helpt hen wel om zo snel mogelijk de situatie onder controle te krijgen en tot een goed einde te brengen. Deze zoekstrategie noemt men *heuristisch*.

Soms moet je creatief te werk gaan. Je zoekt dan een oplossing door je gedachten de vrije loop te laten en het probleem te associëren met situaties die minder voor de hand liggen. Deze creatieve aanpak wordt wel '*out-of-the-box*' denken genoemd. Dit creatieve proces verloopt deels bewust door redeneerstappen te volgen en deels onbewust via associatie in het intuïtief systeem.

2.6.4 Bewuste vergissingen

Met het redenerend systeem neem je bewuste beslissingen over je gedrag en je zou in principe dit gedrag dus op ieder moment kunnen aanpassen als blijkt dat de veiligheid in gevaar komt. Desondanks is ook het redenerend systeem gevoelig voor verstoringen die de veiligheid kunnen bedreigen. De mogelijke verstoringen zijn:

- een onjuiste beoordeling van de feitelijke situatie en het probleem;
- onrealistische wensen en verwachtingen;
- denkfouten bij de afweging van de mogelijke oplossingen.

De volgende paragrafen gaan in op deze mogelijke verstoringen.

2.6.5 Risicoperceptie

Bij de onjuiste beoordeling gaat het vaak om een onderschatting van de ernst van het probleem. Je denkt "dat los ik wel even op", je kiest een verkeerde oplossing en zo loopt de situatie uit de hand. Je wilt bijvoorbeeld 'even' op de kaart kijken of 'even' iets pakken dat achter je stoeltje is gerold. Je neemt de stuurknuppel in je linkerhand om met je rechterhand de kaart te kunnen uitvouwen of om achter je stoeltje te kunnen zoeken en voor je het weet loopt de snelheid gevaarlijk terug of zie je niet meer wat er buiten gebeurt.

Een onjuiste beoordeling is vaak het gevolg van onze beperkte risicoperceptie, dat wil zeggen van de inschatting die wij als zweefvliegers kunnen maken over de risico’s in een bepaalde situatie. Mensen kunnen het risico van een afzonderlijk gevaar wel aardig inschatten, mits ze beschikken over voldoende informatie. Mensen zijn echter beperkt in het aantal risico’s dat ze

tegelijk kunnen beoordelen. Je bent dan ook niet in staat om in een bepaalde situatie de risico's van alle mogelijke gevaren in te schatten en op grond daarvan te beoordelen of de situatie nog voldoende veilig is. De capaciteit van je geheugen en denkvermogen is daarvoor simpelweg niet toereikend en je redenerend systeem laat het dan afweten. Je valt deels terug op je intuïtief systeem en gaat heuristisch te werk. Je maakt een globale beoordeling van de situatie op basis van je (deels onbewuste) kennis en ervaringen. Op grond hiervan maak je een afweging tussen het belang van de veiligheid en je andere belangen in de betreffende situatie en kies je voor gedrag dat volgens jou de veiligheid niet in gevaar brengt. Je hebt dan echter geen zicht meer op de afzonderlijke risico's en hun samenhang. Anders gezegd: je ziet niet meer dat er potentiële gevaren kunnen zijn die elkaar beïnvloeden en zo tot een voorval of ongeval kunnen leiden. Pas achteraf, als er zich een incident heeft voorgedaan, zie je dat de gaten in de Zwitserse kaas op één lijn lagen (zie paragraaf 1.4).

2.6.6 Positieve en catastrofale illusies

Verwachtingen over veiligheid en risico's kunnen te optimistisch zijn (*positieve illusie*), maar ook te pessimistisch zijn (*catastrofale illusie*). Beide soorten illusies kunnen het vermogen om kritisch en helder na te denken in de weg zitten en daarmee de veiligheid tijdens het vliegen in gevaar brengen.

Een positieve illusie is bijvoorbeeld de gedachte dat alleen andere mensen te maken krijgen met tegenslag en ongelukken. Mij overkomt het niet! Positieve illusies leiden tot overmoedig gedrag en teveel zelfvertrouwen, waardoor veiligheidsrisico's te laag worden ingeschat. Positieve illusies komen nog wel eens voor bij ambitieuze, prestatiegerichte vliegers. Voor hen is het erg belangrijk dat ze hun uiteindelijke doel bereiken, bijvoorbeeld een overlandcircuit vliegen in zo min mogelijk tijd. Daardoor kunnen ze te hoge verwachtingen hebben over de weersomstandigheden en over hun eigen vaardigheden. Door deze positieve illusie kunnen de veiligheidsregels en procedures bewust of onbewust (deels) worden genegeerd, zoals de 700-500-300 regel voor buitenlandingen.

Bij een catastrofale illusie heeft iemand de gedachte dat het noodlot onherroepelijk zal toeslaan en dat niets of niemand daar wat aan kan doen. Catastrofale gedachten leiden vaak tot angstvisioenen. Mensen die voor de eerste keer een lierstart maken, hebben soms zo'n catastrofaal angstvisioen. Een tolvlucht kan ook bij vrij ervaren zweefvliegers een angstvisioen oproepen en tot een gevaarlijke paniekreactie leiden. Dit betreft met name zweefvliegers die erg gevoelig zijn voor negatieve G-krachten (zie paragraaf 6.4.4).

2.6.7 Voorkeur voor bevestiging

Logisch redeneren wil zeggen dat je door argumenten te bedenken en te beoordelen komt tot een gevolgtrekking of conclusie. Bij het redeneren maak je gebruik van logische denkregels. Er ontstaan denkfouten wanneer óf de argumenten niet juist zijn óf de redeneerregels niet goed worden toegepast. Eén van de meest voorkomende denkfouten is de voorkeur voor bevestiging (eng: *confirmation bias*). Dit houdt in dat mensen informatie zoeken en argumenten bedenken die passen bij een conclusie die hen bevalt. Hun redenering berust dan niet op feiten, maar vooral op veronderstellingen die voortkomen uit hun wensen of verwachtingen. Je wilt bijvoorbeeld de

volgende thermiekbel halen en je 'beredeneert' dat er in het blauwe stuk lucht dat je moet oversteken, vast nog wel blauwe thermiek zit. Wanneer deze veronderstelling niet blijkt te kloppen, dan sta je halverwege de oversteek alsnog op de grond. Niet voor niets luidt een Engels gezegde:

Assumptions are the mother of all disasters

Het moge inmiddels duidelijk zijn dat het redenerend-intuïtief systeem gevoelig is voor vergissingen. Bij al deze vergissingen spelen de motivatie en emoties een rol op de achtergrond. Motivatie en emoties zijn de twee belangrijkste mechanismen die de aandacht, de verbeelding, de koppeling naar gedragspatronen en het bewust beslissen aansturen. We gaan daarom in het volgende hoofdstuk dieper in op deze mechanismen.

2.7 Vooruit denken

Vooruit denken of *anticiperen* betekent dat je systematisch nagaat welke mogelijke problemen zich kunnen voordoen en oplossingen bedenkt voordat een probleem zich werkelijk voordoet. Door gebruik te maken van je verbeelding kun je met het redenerend systeem situaties bedenken die nog gaan plaatsvinden. Zo kun je bijvoorbeeld een vluchtplan opstellen voor een overlandvlucht. Je neemt jezelf voor om een overlanddriehoek te vliegen van 200 kilometer. Je zet de route uit op de kaart en je bedenkt aan de hand van de luchtruimindeling, de weersinformatie en de NOTAM's wat je tijdens je vlucht tegenkomt en welke activiteiten jij of anderen moeten uitvoeren om de overlandvlucht succesvol te laten verlopen. Bij de voorbereiding van je overlandvlucht maak je tevens een *risico inventarisatie en - evaluatie* (*RI&E*).

RISICO-INVENTARISATIE EN -EVALUATIE

Met een RI&E ga je systematisch na of er veiligheidsrisico's zijn ten aanzien van:

- je vaardigheden en recente vliegervaring. Heb je niet alleen de *bevoegdheid*, maar ook voldoende *bekwaamheid* om de vlucht uit te voeren? Hoe scoor je op de ervaringsbarometer (zie paragraaf 2.5.5)?
- je lichamelijke en geestelijke gesteldheid. Je lichamelijke gezondheid komt aan bod in hoofdstuk 6. De gezondheidsproblemen die de vliegveiligheid bedreigen, komen aan bod in hoofdstuk 7 aan de hand van de I-AM-SAFE checklijst;
- het zweefvliegtuig en de instrumenten. Ben je voldoende vertrouwd met het type zweefvliegtuig en kun je de instrumenten blindelings bedienen? Het vak Algemene kennis van het zweefvliegtuig van het LAPL brevet behandelt de zweefvliegtuigconstructie en de instrumenten in het algemeen. Specifieke informatie over het zweefvliegtuig vind je in het vliegtuighandboek dat je tijdens de vlucht bij je moet hebben. Specifieke informatie over de instrumenten vind je in de bijbehorende handleidingen. Ruime ervaring met het zweefvliegtuig en de instrumenten is echter onontbeerlijk om je aandacht volledig op het vliegen te kunnen richten;
- de weersomstandigheden. Het opzoeken en interpreteren van de weersinformatie ten behoeve van je vluchtvoorbereiding en vluchtuitvoering komt aan bod in het vak Meteorologie van het LAPL brevet;

- het vlieggebied en het luchtruim. Het voorbereiden van een vliegroute en het uitvoeren van je vluchtplan komen aan bod in de vakken Voorschriften, Vliegprestaties/Vluchtplanning en Navigatie van het LAPL brevet.

Door een risico inventarisatie en -evaluatie te maken voorkom je dat je tijdens de vlucht onverwacht wordt geconfronteerd met bedreigingen van de veiligheid en kun je vooraf maatregelen nemen om deze bedreigingen te voorkomen of beheersbaar te houden. En wellicht kom je tot de conclusie dat het niet verantwoord is om gezien je vaardigheden en ervaring in de gegeven omstandigheden en met dit zweefvliegtuig de overlandvlucht te maken.

Ook tijdens het zweefvliegen gebruik je voortdurend je verbeelding om vooruit te denken. Je maakt voorspellingen over wat er gaat gebeuren of kan gebeuren en bedenkt wat je moet doen als er iets onverwachts gebeurt. Zo loop je alle scenario's langs die een gevaar voor de veiligheid kunnen betekenen. Vooruit denken maakt dan deel uit van je *omgevingsbewustzijn*.

2.8 Omgevingsbewustzijn

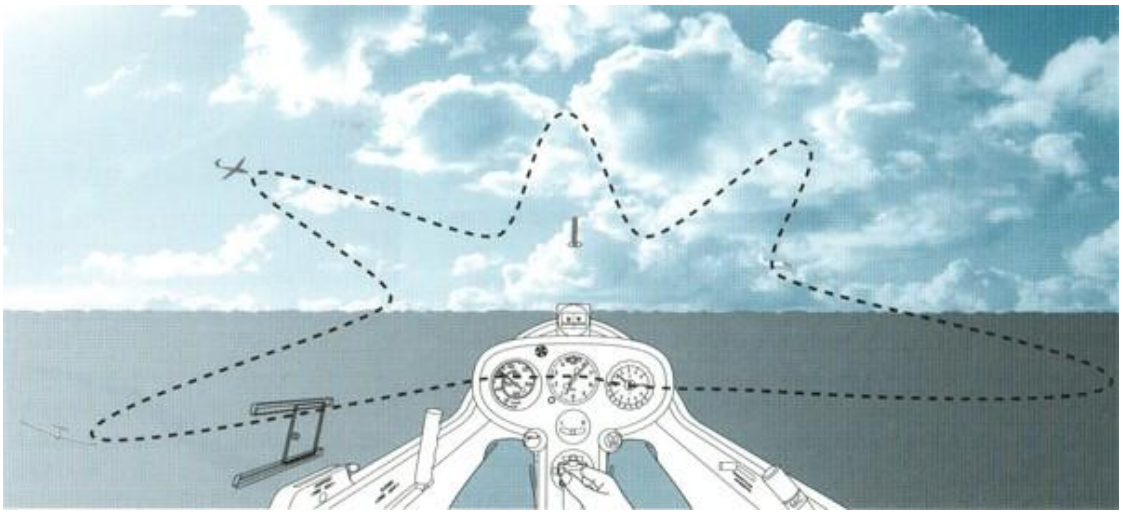
Omgevingsbewustzijn (eng: *situational awareness* of *situation awareness*) houdt in dat je:

- weet wat er in je directe omgeving gebeurt (eng: *perception*);
- de feitelijke situatie beoordeelt zodat je deze begrijpt en overziet (eng: *assessment*);
- voorziet hoe de situatie kan veranderen onder invloed van allerlei factoren waaronder je eigen handelen (eng: *anticipation*).

Anders gezegd: omgevingsbewustzijn betekent dat je weet wat er in het vliegtuig, met het vliegtuig en buiten het vliegtuig gebeurt en dat je vooruit denkt over hoe de situatie over enige tijd zal zijn of kan zijn. In de luchtvaart wordt wel gezegd: "*Stay ahead of the airplane*". Dit betekent dat je op ieder moment weet waar je bent, waar je naartoe vliegt en wat je in de komende 5 tot 10 minuten kunt verwachten. Omgevingsbewustzijn maakt het je mogelijk om tijdig in te grijpen als er zich een onveilige situatie zou voordoen. Omgevingsbewustzijn is dan ook een absolute voorwaarde om veilig te kunnen vliegen.

Omgevingsbewustzijn vereist in de eerste plaats dat je de werkelijkheid om je heen volledig en juist waarneemt. Als het beeld dat je hebt van de werkelijkheid, niet correct is, dan kun je ook niet de juiste keuzes maken. In de hoofdstukken over het zicht (hoofdstuk 4) en het evenwicht (hoofdstuk 5) bespreken we de verstoringen van je beeld van de werkelijkheid door onvolledige of verwarrende zintuiglijke prikkels. Je voorkomt deze verstoringen onder meer door:

- een vaste scanmethode te gebruiken. Onderstaande tekening toont deze scanmethode. Je scant met je ogen de omgeving af vanaf de ene vleugel naar de andere vleugel en gaat vervolgens via de instrumenten weer terug. Door te scannen weet je op ieder moment hoe hoog je vliegt, hoe snel je vliegt, waar je (over)heen vliegt, wie er in de buurt vliegen, waar je thermiek kunt verwachten, enzovoort.



- je vlucht voor te bereiden. Bestudeer vooraf de kaart met de luchtruimindeling, de NOTAM's en het weerbericht, zodat je tijdens je vlucht weet hoe de windrichting en windsterkte zijn, hoe het weer zich gaat ontwikkelen, welke koers je moet aanhouden, welke markante objecten je in het landschap tegenkomt, welke gedeelten van het luchtruim je moet vermijden, enzovoort.
- je niet te laten afleiden tijdens de vlucht. Als je tijdens je vlucht de kaart moet openvouwen en bestuderen of een route in je vluchtcomputer moet programmeren, dan verlies je het zicht op je omgeving. Laat je ook niet afleiden door andere zaken in je leven, zoals problemen thuis of op je werk. Concentreer je op je vlucht.

Omgevingsbewustzijn houdt tevens in dat je de feitelijke situatie beoordeelt en anticipeert op mogelijke veranderingen in deze situatie. Denk altijd een paar stappen vooruit (eng: *contingency planning*), zodat je bent voorbereid op de volgende vliegtaken en mogelijke problemen. Enkele voorbeelden:

- Zijn de vleugels droog en is de kap schoon en onbeslagen, want als je lierkabel breekt op lage hoogte, dan heb je alle lift en goed zicht nodig om veilig te kunnen landen;
- Als je meewind hebt bij het lieren, kun je dan nog rechtuit landen bij een kabelbreuk op lage hoogte of moet je uitwijken?
- Hoe hoog moet je vliegen om nog veilig een bosgebied met veel dalen over te steken?
- Waar vind je een geschikt buitenlandingsveld, als de thermiek je in de steek laat?
- Hoe pas je het landingscircuit aan en waar land je, als het landingsveld vol staat met vliegtuigen?

Je vermogen tot beoordeling en anticipatie worden vooral bepaald door je opleiding en ervaring. Hierdoor weet je wat belangrijke en minder belangrijke informatie is (voorgrond-achtergrond), houd je overzicht en kun je prioriteiten stellen in je reactie op verschillende situaties.

Je omgevingsbewustzijn is sterk afhankelijk van het goed functioneren van je aandacht, geheugen en denkvermogen. In de paragrafen 3.2 en 3.3 bespreken we het effect van emoties en mentale spanning (*arousal*) op deze mentale processen. Je lichamelijke en geestelijke gesteldheid zijn eveneens van invloed op je aandacht, geheugen en denkvermogen. In de hoofdstukken 6 en 7 gaan we hier dieper op in.

2.9 Bewust oefenen

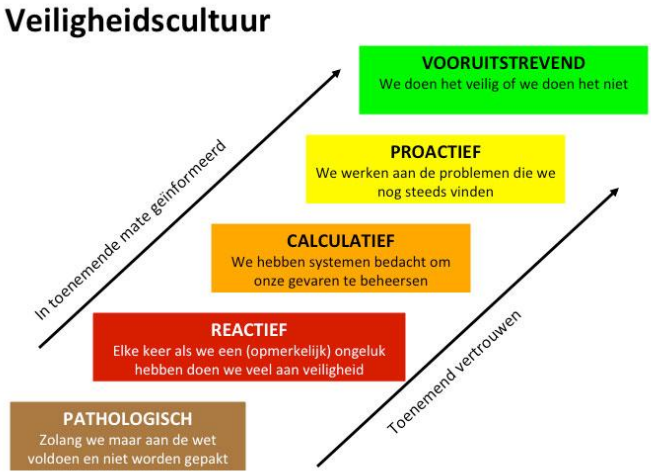
Met het redenerend systeem kun je je gedrag dus bewust aansturen. Zo kun je bestaande gedragspatronen verbeteren of gedragspatronen bedenken die passen bij nieuwe situaties. De feedback over het effect van je gedrag helpt je daarbij om de gedragspatronen op een snelle en efficiënte manier aan te passen. Als je de feedback heel bewust gebruikt, dan ben je niet meer

afhankelijk van het 'vallen en opstaan' (eng: trial-and-error) principe van gedragsverandering via het intuïtief systeem. Dit bewuste terugkijken op de effecten van je gedrag noemen we *reflectie* en het bewust oefenen van vaardigheden met behulp van reflectie heet '*deliberate practice*'. Deliberate practice betekent dat je voorafgaande aan iedere vlucht bedenkt welke vaardigheden je wilt oefenen, dat je deze vaardigheden tijdens de vlucht een aantal malen uitvoert en dat je telkens bewust nagaat in hoeverre je iedere vaardigheid goed hebt uitgevoerd, dan wel nog verder kunt verbeteren. Zo kun je je vaardigheden stap voor stap op een hoger niveau brengen.

Er zijn ongetwijfeld nog vaardigheden van de elementaire vliegopleiding en van de voortgezette vliegopleiding die je nog niet in alle omstandigheden perfect beheerst en die dus in aanmerking komen voor bewuste oefening. De afdeling Zweefvliegen van de KNVvL heeft de *progressiekaart* ingevoerd binnen de gestandaardiseerde zweefvliegopleiding. Daarmee kunnen zowel jijzelf als de instructeurs van je vereniging bijhouden welke vaardigheden je inmiddels beheerst en voor welke vaardigheden nog aanvullende oefening en instructie nodig is.

Nieuwe kennis, nieuw gedrag en nieuwe opvattingen maak je je vrijwel altijd eigen met hulp van anderen. Het zweefvliegen heb je geleerd van je instructeurs en van andere leden van je vereniging. Hun aanwijzingen en hun feedback over je vliegprestaties hebben je geholpen om de zweefvlieger te worden die je nu bent. Zij hebben je niet alleen laten zien dat zweefvliegen een leuke sport is, maar ze hebben je ook geleerd dat je het zweefvliegen vooral veilig moet beoefenen. De manier waarop er binnen je vereniging wordt omgegaan met veiligheid heeft daaraan zeker bijgedragen. In de volgende paragraaf staan we daarom kort stil bij de veiligheidscultuur binnen een zweefvliegvereniging.

2.10 Veiligheidscultuur



Binnen een vereniging is er een collectieve houding tegenover veiligheid die blijkt uit de manier waarop er binnen de vereniging wordt gesproken over en wordt omgegaan met veiligheidszaken. Deze collectieve houding of *veiligheidscultuur* is zeer bepalend of er (veel) vergissingen worden gemaakt en als gevolg daarvan ook incidenten en ongevallen plaatsvinden. Heerst er binnen jouw vereniging een cultuur waarin veiligheid centraal staat? Houdt men zich aan de regels en procedures, worden afwijkingen van de regels getolereerd of gecorrigeerd, wordt het materiaal naar behoren gecontroleerd en onderhouden en hoe staat het met de opleiding en training in veiligheidsaspecten?

Bij vrijwel alle verenigingen wordt inmiddels gewerkt aan het veiligheidsbewustzijn van de leden door middel van:

- een veldboek waarin alle afspraken en procedures rond een vliegdag zijn vastgelegd;
- het organiseren van veiligheidsbijeenkomsten;
- een meldprocedure voor incidenten;

➢ een *veiligheidsmanagementsysteem* = VMS (eng: *Safety Management System* = SMS).

Een veiligheidsmanagementsysteem en een meldprocedure voor incidenten zijn verplicht voor zweefvliegverenigingen. Sommige verenigingen organiseren veiligheidsdagen waarbij de leden kunnen oefenen met bijzondere vliegsituaties, zoals een kabelbreuk, of waarbij noodsituaties en ongevallen worden gesimuleerd.

2.11 Samenvatting

Het model van redenerend en intuïtief gedrag laat zien hoe gedrag ontstaat en welke factoren daarbij een rol spelen. De onderdelen van dit model zijn: waarneming, aandacht, verbeelding, geheugen en referentiekader, het intuïtief systeem en het redenerend systeem.
Met je aandacht filter je de zintuiglijke prikkels en op basis van je referentiekader geef je betekenis aan deze prikkels. Zo neem je je omgeving waar. De waargenomen informatie komt via je korte termijn geheugen terecht in je lange termijn geheugen en maakt dan deel uit van je referentiekader. Je waarneming schiet tekort als je je aandacht onvoldoende richt op je omgeving of juist teveel richt op één aspect van de omgeving. Vergissingen in de waarneming leiden tot zinsbegoocheling of illusies.

Je gebruikt je verbeelding om je een voorstelling te maken van situaties die je (nog) niet kunt waarnemen. Je waarneming en je verbeelding vormen de input voor je denken en handelen. Het denken verloopt via twee elkaar aanvullende systemen: het intuïtief systeem en het redenerend systeem. Met je intuïtief systeem reageer je snel en vrijwel onbewust op waargenomen of verbeelde situaties. Je intuïtief systeem bevat onbewuste gedragspatronen, zoals reflexhandelingen, routinehandelingen, vaardigheden en vaste gewoontes. Het effect van het gedrag koppelt als nieuwe input (feedback) terug naar het intuïtief systeem en/of naar het redenerend systeem.

Door veelvuldige herhaling worden de gedragspatronen en hun verbindingen met vertrouwde situaties opgebouwd. De gedragspatronen en hun verbindingen verzwakken, als ze weinig worden geactiveerd. Met de ervaringsbarometer kun je nagaan in hoeverre je zweefvliegvaardigheden nog voldoende op peil zijn. Als je vliegvaardigheden en hun verbindingen nog onvoldoende aanwezig zijn, versleten zijn of anderszins te kort schieten, dan kunnen er in het intuïtief systeem onbewuste vergissingen ontstaan.

Met je redenerend systeem kies je bewust voor gedrag dat het beste past in een bepaalde situatie. Je kunt daarbij gebruik maken van bestaande procedures of zelf zoeken naar de 'beste' aanpak door logisch na te denken, heuristisch te denken of creatief te werk te gaan. Net als het intuïtief systeem is ook je redenerend systeem niet ongevoelig voor vergissingen. De mogelijke verstoringen zijn een onjuiste beoordeling van de feitelijke situatie, onrealistische wensen en verwachtingen en denkfouten bij de afweging van de mogelijke oplossingen. De menselijke geest kan maar in beperkte mate de veiligheidsrisico’s van een situatie inschatten, waardoor de mogelijke gevaren worden onderschat. Positieve en catastrofale illusies zijn voorbeelden van onjuiste verwachtingen en de voorkeur voor bevestiging is een veel voorkomende denkfout. Bij al deze vergissingen spelen je motivatie, emoties en je houding een rol op de achtergrond. Deze aspecten komen aan bod in het volgende hoofdstuk.

Je hebt je redenerend systeem vooral nodig om vooruit te denken. Vooruit denken gebruik je onder meer bij het maken van een risico inventarisatie en -evaluatie, waarbij je de mogelijke veiligheidsrisico's systematisch in kaart brengt en maatregelen bedenkt om deze risico's te voorkomen of beheersbaar te houden. Vooruit denken maakt deel uit van je omgevingsbewustzijn.

Omgevingsbewustzijn houdt in dat je weet wat er in je omgeving gebeurt, dat je de situatie begrijpt en overziet en dat je voorziet hoe de situatie op korte termijn verandert. Hiervoor moet je het luchtruim voortdurend scannen, je vluchten goed voorbereiden, je niet laten afleiden en telkens een paar stappen vooruit denken. Je kunt je omgevingsbewustzijn net als alle andere zweefvliegvaardigheden verbeteren door deze vaardigheid zo vaak mogelijk bewust te oefenen. De veiligheidscultuur binnen je vereniging speelt daarbij een belangrijke rol.

Hoofdstuk 3: Motivatie, emotie, houding en communicatie

3.0 Inleiding

In hoofdstuk 2 hebben we aan de hand van het model van redenerend en intuïtief handelen besproken hoe gedrag tot stand komt en welke factoren daarbij een rol spelen. Volgens dit model sturen je motivatie, emoties en houding je aandacht en je bewuste en onbewuste handelen aan. In dit hoofdstuk bespreken we werking van deze drie factoren en hoe zij van invloed kunnen zijn op de vliegveiligheid. We besluiten dit hoofdstuk met een paragraaf over gedrag dat ons hele leven en dus ook de vliegveiligheid bepaalt: communicatie.

3.1 Motivatie

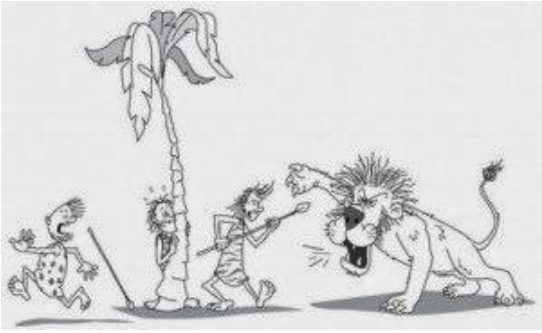
Motivatie kun je zien als een innerlijke kracht die er voor zorgt dat je bepaald gedrag vertoont en volhoudt. De richting en sterkte van deze innerlijke kracht of drijfveer wordt bepaald door je belangen en verwachtingen. Je belangen kunnen voortkomen uit natuurlijke behoeften zoals voeding, veiligheid en sociaal contact, uit aangeleerde behoeften zoals materiële welvaart, aanzien, maatschappelijke prestaties of culturele ervaringen, en uit zelf geformuleerde doelen zoals een overlandvlucht maken van tenminste 200 kilometer. Je verwachtingen die de motivatierichting en motivatiesterkte bepalen, komen voort uit:

- de beloning als je wensen uitkomen. Deze beloning kan bestaan uit de bevrediging van je fysieke, materiële of sociale behoeften met als resultaat een positieve beleving;
- de gevolgen als je wensen niet uitkomen, resulterend in een negatieve beleving;
- de reacties uit je sociale omgeving, waarbij je vooral beoordeelt of dit steunende (positieve) of afwijzende (negatieve) reacties zullen zijn;
- hoe moeilijk het is en hoeveel inzet het vraagt om je wensen te laten uitkomen;
- de inschatting van je eigen vermogens, zoals je vaardigheden, ervaring en doorzettingsvermogen, om je wensen te laten uitkomen.

De sterkte van een motivatie uit zich op twee manieren. In de eerste plaats leidt motivatie tot een algemeen niveau van paraat zijn dat je zowel fysiek als mentaal voorbereidt om in actie te komen. Deze algemene staat van fysieke en mentale spanning noemen we *arousal*. Je bent waakzaam, je concentreert je op wat je moet gaan doen en je lichaam bereidt zich zo nodig voor op het leveren van een inspanning. In paragraaf 3.3 gaan we wat dieper in op arousal en het effect hiervan op je gedrag. Daarnaast activeert een motivatie de intentie om het gedrag te vertonen dat leidt tot het gewenste resultaat.

3.1.1 Toenadering en vermijding

Toenadering en *vermijding* zijn de twee basisrichtingen van motivatie. De verwachting van een positieve beleving (beloning) leidt tot toenadering en de verwachting van een negatieve beleving (straf) leidt tot vermijding.



Een bedreigende situatie leidt in principe tot vermijding en kan drie reacties oproepen: je gaat de bedreiging te lijf (eng: *fight*), je vlucht voor de bedreiging (eng: *flight*) of je houdt je stil in de hoop dat de bedreiging aan je voorbij gaat (eng: *freeze*).

In het intuïtieve systeem komen de koppelingen tussen situaties en gedragspatronen vrijwel geheel tot stand op geleide van deze basisrichtingen. Het leren van thermiekvliegen is hiervan een voorbeeld.

Aangezien je thermiek niet kunt zien, moet je grotendeels door 'vallen en opstaan' leren hoe je op de bewegingen van het vliegtuig en op het geluid van de variometer moet reageren. Je zoekt de zintuiglijke prikkels op die wijzen op stijgen, en probeert de zintuiglijke prikkels die wijzen op dalen, te vermijden. Daarbij zijn vooral de zintuiglijke prikkels over je lichaamshouding en bewegingen (*propriocepsis*, zie paragraaf 5.5) belangrijk. De aanwijzingen van je instructeurs zijn daarbij zeker behulpzaam, maar je zult zelf moeten ontdekken hoe het voelt en wat de beste reactie is bij het in- of uitvliegen van thermiek. Door veel te oefenen leer je op deze manier "*seat-of-the-pants*" (letterlijk: op-je-zitvlakgevoel) te vliegen.

In het redenerend systeem gaat de motivatie genuanceerder te werk en kun je je belangen en verwachtingen tot op zekere hoogte bewust aanpassen. Steun uit de sociale omgeving kan daarbij van doorslaggevende betekenis zijn. Steun van anderen kan je helpen om verder te studeren voor een examen waar je erg tegenop ziet, of om nogmaals te proberen om vijf doellandingen achter elkaar te maken, hoewel de voorgaande pogingen telkens zijn mislukt.

3.1.2 Motivatie en mislukking

Niet iedere motivatie leidt uiteindelijk tot een succes. In de eerste plaats kan iemand niet voldoende gemotiveerd zijn om een situatie te veranderen, ondanks dat de situatie ingaat tegen zijn belangen. Dit gebrek aan motivatie blijkt vooral te worden bepaald door de negatieve inschatting van de eigen vermogens om de situatie te verbeteren. De prijs die men daarvoor betaald, is mentale spanning en onrust. In de tweede plaats kan de motivatie te zwak zijn om het gedrag vol te houden of het gedrag levert niet het gewenste resultaat op. De mislukking leidt tot teleurstelling en levert eveneens mentale spanning op. In de derde plaats zijn motivaties niet altijd eenduidig en kunnen ze zelfs met elkaar in conflict zijn. Onveilig gedrag is hiervan een goed voorbeeld. Veiligheid is een sterke, natuurlijke behoefte en mensen proberen gevaarlijke en angstwekkende situaties dan ook te vermijden, tenzij een andere, sterkere motivatie daar tegenin gaat. Sociale druk, de behoefte om te voldoen aan sociale verwachtingen en geldingsdrang, maar ook de behoefte om mensen in nood te helpen of onrecht te bestrijden kunnen een sterke motivatie zijn die ingaat tegen de behoefte aan veiligheid. Dit soort conflicterende motivaties leiden eveneens tot mentale spanning.

In het algemeen proberen mensen de mentale spanning te verminderen door een aanvaardbaar compromis te zoeken tussen de feitelijke situatie en de gewenste situatie of door voor zichzelf een 'verklaring' te bedenken waarom de ongewenste situatie blijft bestaan. Als dit echter niet lukt en de mentale spanning langdurig aanhoudt, dat wil zeggen chronisch wordt, dan kan de voortdurende spanning leiden tot lichamelijke en geestelijke schade. In hoofdstuk 7 bespreken we de effecten van deze *chronische stress*.

3.2 Emoties

Emoties zijn een bijzonder soort drijfveren. Emoties zijn de gevoelens die ontstaan wanneer er persoonlijke belangen op het spel staan, zoals je eigen welzijn of het welzijn van personen en het behoud van zaken die belangrijk voor je zijn. Emoties leiden net als een motivatie tot actiebereidheid (arousal) en gedragssturing. Via het intuïtieve systeem kunnen emoties een snelle reactie oproepen, zoals een vreugdekreet of een schrikreactie. Via het redenerend systeem geven emoties kleuring aan je beoordeling van de situatie en de mogelijke oplossingen.

De begrippen emoties en gevoelens worden vaak door elkaar gebruikt. Het begrip 'gevoelens' heeft in het algemeen een ruimere betekenis dan het begrip emoties. Tot de gevoelens worden

ook gerekend de lichamelijke sensaties zoals pijn, warmte, kou enzovoorts en waarderende belevingen zoals schoonheid, aantrekkelijkheid en rechtvaardigheid.

Emoties gaan vaak gepaard met lichamelijke reacties zoals hartkloppingen, versnelde ademhaling, zweten, blozen of tranen. Emoties kunnen zonder woorden (*non-verbaal*) worden getoond, zoals met een gezichtsuitdrukking of stemklank, maar ook expliciet onder woorden worden gebracht (*verbaal*). Een ander kenmerk van emoties is dat ze zich grotendeels onttrekken aan de verstandelijke wilscontrole. Daarom lijken emoties vaak onredelijk en onvoorspelbaar te zijn. Toch houden emoties zich in het algemeen aan enkele eenvoudige regels.

In de eerste plaats worden emoties als werkelijkheid ervaren zelfs als er in de werkelijkheid geen aanleiding is voor de emotie. Mensen kunnen zich van alles in hun hoofd halen en daarbij heftige emoties ervaren, zoals angstvisioenen of intens verdriet. Ook kan de herinnering aan een gebeurtenis die in het verleden bepaalde emoties opriep, dezelfde emoties weer oproepen. Je kunt bijvoorbeeld weer boos worden over iets dat je lang geleden is aangedaan.

In de tweede plaats zijn emoties kortzichtig. Emoties over gebeurtenissen of situaties die op korte termijn spelen, worden veel sterker ervaren dan emoties over de verre toekomst. Iedereen gaat dood, maar echt bang voor de dood word je pas bij een onmiddellijke levensbedreiging, zoals een pistool dat op je wordt gericht. Emoties zijn ook het sterkst bij een plotselinge verandering in een situatie en ze doven uit naarmate de tijd verstrijkt. Een nieuwe verliefdheid wordt onstuimig beleefd en een plotseling verlies leidt tot heftig verdriet, maar beide gevoelens slijten in de loop der tijd.

In de derde plaats versimpelen emoties je oordeelsvermogen. Je richt je volledig op het belang dat de emotie opriep, en je andere belangen verdwijnen even naar de achtergrond.

3.2.1 Zweefvliegen en emoties

Ook bij het zweefvliegen spelen emoties een belangrijke rol. In de eerste plaats is zweefvliegen een vrijetijdsbesteding en daar horen plezierige gevoelens bij. De plezierige gevoelens kunnen bij bijzondere vliegprestaties echter overgaan in *euforie*, dat wil zeggen een gevoel van opperste geluk en onaantastbaarheid. Het gevoel van onaantastbaarheid kan leiden tot onachtzaamheid of het bagatelliseren van gevaren. Zweefvliegen is echter een 'onnatuurlijke' manier van voortbewegen en is niet zonder risico's, waarbij onoplettendheid desastreuze gevolgen kan hebben.

Vooral beginnende vliegers kunnen daarnaast angst en onzekerheid ervaren, maar ook ervaren vliegers kunnen schrikken van een onverwachte gebeurtenis. Schrik en angst kunnen leiden tot een 'natuurlijke', maar gevaarlijke reactie, zoals het trekken aan de stuurknuppel (vermijdingsgedrag). Zo is er een ongeval geweest, waarbij een passagier in paniek het voetenstuur blokkeerde en de gezagvoerder het vliegtuig niet meer uit een tolvlucht kon halen.

Tenslotte is zweefvliegen een sport die je niet alleen beoefent. Je bent afhankelijk van anderen en zweefvliegen heeft dan ook altijd een sociale kant waarbij alle emoties kunnen optreden die in sociale situaties voorkomen. Dat zijn hopelijk vooral positieve emoties, maar minder aangename gevoelens komen zeker ook voor. Vooral sociale spanningen binnen een club kunnen de veiligheid in gevaar brengen.

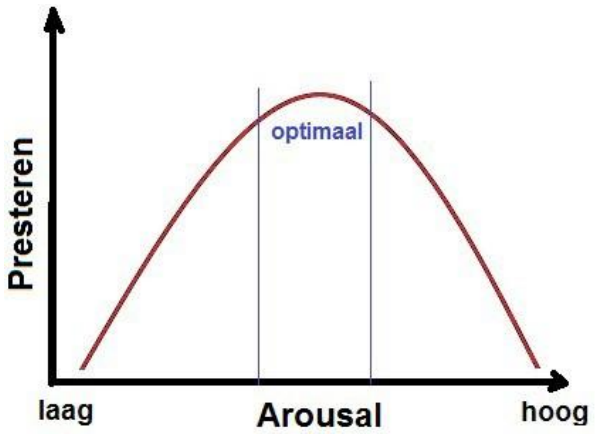
Samengevat, zolang de sterkte van de emoties beperkt blijft en alleen maar leidt tot een matig activatieniveau, brengen ze de vliegveiligheid niet direct in gevaar. Heftige emoties vormen echter een bedreiging voor de vliegveiligheid, omdat ze de aandacht beperken, de waarneming

vertroebelen, illusies oproepen, de toegang tot het geheugen blokkeren, het denken verstoren en het gedrag ontregelen. In de volgende paragraaf over arousal gaan we hier dieper op in.

3.3 Arousal

Je hele leven is ingesteld op een afwisseling tussen spanning en ontspanning. Spanning heb je nodig om te kunnen functioneren en aan je behoeften te voldoen. Ontspanning heb je nodig voor herstel. Dat geldt voor je zenuwcellen en zintuigen, je spieren en je spijsvertering, maar ook voor je hele lichaam en geest. Je bent overdag wakker en actief en je komt 'snachts in je slaap tot rust. Als je intensief bezig bent met je werk, studie of liefhebberij, dan neem je als het goed is nu en dan ook even pauze. Je intensieve contacten met anderen wissel je af met perioden van alleen zijn. De behoefte aan spanning leidt tot nieuwsgierigheid en het verlangen om nieuwe uitdagingen aan te gaan. De behoefte aan ontspanning laat je terugkeren naar je eigen vertrouwde omgeving en een avondje lekker niets doen.

De fysieke en mentale spanning die we arousal noemen, kan variëren van een volledige ontspanning in diepe slaap tot de extreme spanning van bijvoorbeeld de ontsnapping uit een brandend huis. Mensen functioneren en voelen zich vaak het beste bij een matig niveau van arousal. Op dit niveau ben je waakzaam, dat wil zeggen dat je open staat voor de indrukken uit je omgeving. Je waarneming is optimaal, je aandacht is gericht op waar je mee bezig bent, maar je staat nog wel open voor andere prikkels, je geheugen werkt optimaal, je kun goed nadenken en je hebt de controle over je motoriek. Beneden dit niveau ben je minder waakzaam, zijn je aandacht en waarneming minder gefocust, onthoud je minder goed, denk je minder helder na en zijn je handelingen ook minder nauwkeurig. Boven dit matige arousalniveau gebeurt er min of meer hetzelfde, behalve dan dat een hoog arousalniveau leidt tot een overmatige gerichtheid op bepaalde prikkels en een volledig negeren van andere prikkels (prikkelfixatie). Onderstaande grafiek laat dit verband tussen het arousalniveau en presteren zien.



Hierboven hebben we al aangegeven dat een motivatie het arousalniveau doet toenemen. Emoties hebben eenzelfde effect en sterke emoties en dan vooral de sterke, onaangename emoties als woede, angst en verdriet, laten het arousalniveau dan ook ver voorbij het optimale niveau schieten. Bij heftige emoties heb je nauwelijks nog in de gaten wat er om je heen gebeurt, kun je je niet meer concentreren, kun je niet meer helder denken en ook je bewegingen verlopen niet meer soepel. Vergissingen zijn dan snel gemaakt. Indien je tijdens een vliegdag om welke reden dan ook sterk geëmotioneerd raakt, dan is het verstandig om een time-out te nemen en weer tot bedaren te komen, voordat je in een zweefvliegtuig stapt.

Mensen verschillen sterk in de mate van arousal die zij prettig vinden en waarop zij het beste functioneren. Sommige mensen zijn tevreden met een rustig en regelmatig leven zonder veel opwinding. Anderen hebben juist enige spanning nodig om zich gelukkig te voelen. Dat geldt

voor veel beoefenaars van uitdagende sporten zoals zweefvliegen, onderwatersport, bergbeklimmen of kite-surfen. Mensen die de spanning in extreme mate opzoeken zoals bungeejumpers, basejumpers of rotsklimmers zonder veiligheidslijn (free soloing), noemen we *adrenaline junkies*. Hun sterke behoefte aan risicovol gedrag bepaalt hun houding tegenover gevaren en maakt hen meer kwetsbaar voor ongelukken (eng: *accident-prone*).

Behalve de behoefte aan risicovol gedrag zijn er nog een aantal andere houdingen die mensen kwetsbaarder maken voor ongelukken. Helaas komen deze houdingen ook voor bij zweefvliegers. In de volgende paragraaf bespreken we vijf gevaarlijke houdingen van zweefvliegers.

3.4 Houding en persoonlijkheid

Mensen verschillen van elkaar in hun reactie op dezelfde situatie. Motivatie en emoties spelen daarbij zeker een rol, maar ieder mens heeft ook z'n eigenaardigheden. In de psychologie worden deze eigenaardigheden toegeschreven aan iemands kenmerkende *houding* (eng: *attitude*) en *persoonlijkheid*. Het zou te ver voeren om hier uitgebreid in te gaan op de psychologische theorieën over persoonlijkheid, houding en gedrag. We volstaan met enkele opmerkingen.

Je persoonlijkheid is je karakteristieke manier van denken, voelen en handelen in uiteenlopende situaties waardoor je je onderscheidt van anderen. Je persoonlijkheid bestaat uit stabiele belevings- en gedragskenmerken die diep verankerd liggen in je referentiekader, dat wil zeggen in het geheel van je kennis, ervaringen en opvattingen dat jouw beeld van de werkelijkheid vormt. Je persoonlijkheid 'kleurt' de manier waarop je uiteenlopende situaties beleeft en daarin handelt. Mensen verschillen bijvoorbeeld in hun manier van omgaan met anderen en worden dan op-anderen-gericht (*extravert*) of op-zichzelf-gericht (*introvert*) genoemd. Je persoonlijkheid is deels genetisch bepaald, maar is grotendeels gevormd door de ervaringen in de loop van je leven. Vooral je sociale ervaringen waren belangrijk. Omdat je persoonlijkheid zeer stabiel is, leiden alleen langdurige en/of ingrijpende ervaringen tot persoonlijkheidsverandering.

Een houding is een globale beoordeling van een persoon of situatie die je denken, voelen en handelen jegens die persoon of situatie bepaalt. Een houding is een soort samenvatting van al je opvattingen over en ervaringen met vergelijkbare personen en situaties die je in de loop van je leven hebt meegemaakt, waarbij je persoonlijkheid kleuring aanbrengt in deze houding. Deze houding bepaalt wat je van een persoon of situatie vindt en hoe je je daar in het algemeen tegenover gedraagt. Een houding is te beschouwen als een globale motivatie. Net als bij een motivatie kun je een positieve houding hebben ten opzichte van iets of iemand en toenadering zoeken of je kunt een negatieve houding hebben en de persoon of situatie afwijzen. Houdingen zijn vrij stabiel, maar kunnen veranderen als de achterliggende opvattingen of overtuigingen veranderen.

3.4.1 Gevaarlijke houdingen van zweefvliegers

Men heeft in kaart gebracht welke houdingen van (zweef)vliegers met hun achterliggende persoonlijkheidskenmerken gevaarlijk zijn. Men heeft tevens de kenmerkende gedachten van deze houdingen beschreven, zodat een zweefvlieger kan onderkennen dat hij een gevaarlijke houding heeft, wanneer hij een kenmerkende gedachte bij zichzelf ontdekt. Ook heeft men de '*tegengedachten*' geformuleerd die kunnen helpen om de achterliggende opvattingen van de houding ten goede te veranderen. Onderstaand schema toont vijf gevaarlijke houdingen met hun kenmerkende gedachten en hun 'tegengedachten'.

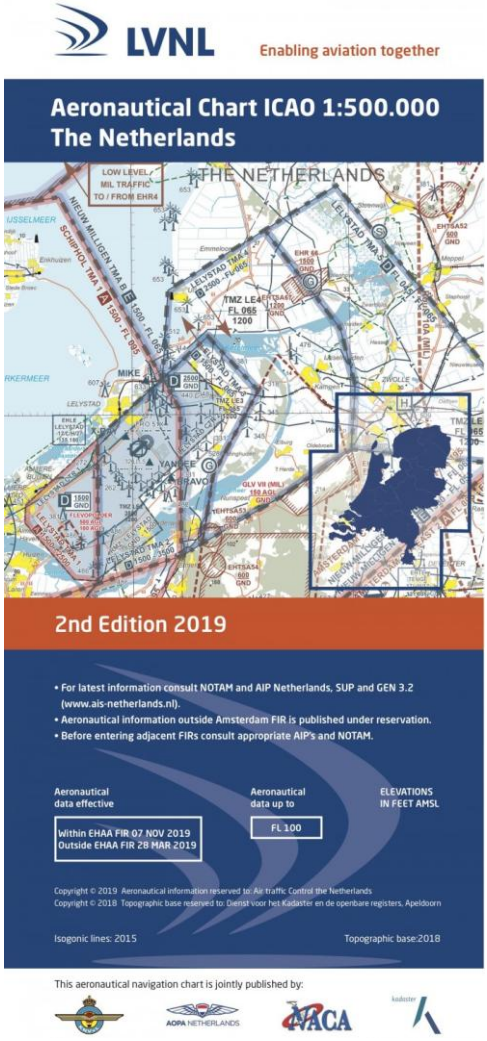
De vijf gevaarlijke houdingen	Kenmerkende gedachten	Tegengedachten
Anti-autoritaire zweefvlieger Deze zweefvliegers houden er niet van als anderen hen vertellen hoe ze (veilig) moeten vliegen. Ze trekken zich weinig aan van regels en procedures, maar zoeken liever zelf uit hoe ze het beste kunnen vliegen.	"Je kunt me wat" "Dat bepaal ik zelf".	"Houd je aan de regels. De regels zijn gebaseerd op grondige kennis en jarenlange ervaring en ze zijn meestal juist".
Impulsieve zweefvlieger Deze zweefvliegers denken dat alles onmiddellijk moet gebeuren en gunnen zichzelf niet de tijd om even rustig na te denken voordat ze in actie komen. Ze laten zich leiden door het impulsieve systeem, ook als de situatie vraagt om reflectie en afweging van mogelijke oplossingen.	"Het moet snel" "Eerst doen, dan pas denken"	"Eerst denken, dan doen" "Haastige spoed is zelden goed"
Onkwetsbare zweefvlieger Deze zweefvliegers kennen de gevaren en risico's wel, maar denken dat alleen andere zweefvliegers vergissingen maken en zij niet. Door deze positieve illusie (zie paragraaf 2.6.6) nemen ze vaak meer risico, dan verantwoord is.	"Dat overkomt mij niet"	"Een ongeluk kan ook mij overkomen" "Steek je kop niet in het zand"
Macho zweefvlieger Deze zweefvliegers hebben een sterke behoefte om indruk te maken op anderen, zelfs als ze hun eigen leven en dat van anderen daarmee in gevaar brengen. Vaak betreft dit de adrenaline junkies waarover we in paragraaf 2.3 hebben gesproken.	"Dat kan ik" "Kijk eens hoe goed ik ben"	"Onnodig risico's nemen laat alleen zien dat je dom bent" "Zoek de grenzen niet op"
Berustende zweefvlieger Deze zweefvliegers hebben weinig zelfvertrouwen en denken dat het meer geluk is dan wijsheid als ze weer veilig aan de grond staan. Deze zweefvliegers hebben last van catastrofale illusies (zie paragraaf 2.6.6). Als het mis gaat, dan ligt dat niet aan hen, maar aan de omstandigheden of aan anderen. Bovendien zijn ze vaak gevoelig voor sociale druk. Daardoor gaan ze vliegen in omstandigheden die hun bekwaamheid te boven gaan.	"Het maakt niet uit wat ik doe"	"Ik heb mijn veiligheid in eigen hand" "Als ik me niet prettig voel, dan moet ik niet gaan vliegen"

3.5 Communicatie

Je bent een sociaal wezen en wisselt voortdurend informatie uit met anderen. Je hebt directe gesprekken, maar veel van de informatieoverdracht gaat schriftelijk en tegenwoordig via elektronische media, zoals het internet en de smartphone. Nu heeft de uitgewisselde informatie de eigenschap dat ze staat voor iets anders. Het is *symbolische informatie*. Als je met iemand praat over een zweefvliegtuig, dan zijn de woorden waarmee je in het gesprek een beschrijving geeft van het zweefvliegtuig, niet het zweefvliegtuig zelf, zoals ook een foto van een zweefvliegtuig niet het zweefvliegtuig zelf is.

Het beeld dat de symbolische informatie oproept ligt niet zonder meer vast. Het berust grotendeels op onderlinge afspraken en is altijd een beperkte en gekleurde weergave van de werkelijkheid. Hoe vertrouwd de begrippen waarmee je communiceert, ook zijn, het blijven altijd interpretaties van je indrukken en ervaringen die zijn vastgelegd in je referentiekader. Bij de beoordeling van kunstvoorwerpen komen de verschillen in interpretatie het duidelijkst naar voren.

In het algemeen kunnen we ervan uitgaan dat de betekenis van de symbolische informatie voor iedereen hetzelfde is. Zo niet, dan zou de onderlinge communicatie erg moeizaam verlopen. Je zou dan bij alles wat je zegt, uitvoerig moeten uitleggen wat je precies bedoelt. Communicatie wordt daarom ook wel gedefinieerd als het scheppen van gemeenschappelijke betekenis. Je merkt dit bijvoorbeeld als je met andere mensen praat die niet vertrouwd zijn met het zweefvliegen. Je moet hen dan allerlei zaken uitleggen die voor jou vanzelfsprekend zijn.



In de luchtvaart en dus ook bij het zweefvliegen gebruikt men veel begrippen, afkortingen en symbolen die specifiek zijn voor het (zweef)vliegen. Voor de vliegveiligheid is het uiteraard nodig dat alle zweefvliegers dezelfde betekenis toekennen aan deze symbolische informatie. De luchtvaartkaart van Nederland die hiernaast is afgebeeld, laat bijvoorbeeld zien met hoeveel symbolische informatie je te maken hebt als zweefvlieger. De kaart is een symbolische weergave van Nederland en het luchtruim erboven. In het luchtruim zijn indelingen gemaakt die met symbolen worden onderscheiden. De kaart bevat bovendien symbolische informatie over je verplichtingen als vlieger. In sommige gebieden mag je niet vliegen, in de meeste gebieden moet de transponder aanstaan, in bepaalde gebieden moet je radiocontact kunnen maken op een bepaalde frequentie, enzovoort. De terreinkenmerken en de licht- en grondsignalen zijn eveneens met symbolen op de kaart weergegeven.

3.5.1 Communicatiekanalen

De symbolische informatie kan worden overgedragen via verschillende *communicatiekanalen*. De bovenstaande plaatjes van het zweefvliegtuig en de luchtvaartkaart zijn voorbeelden van visuele (gezicht) informatieoverdracht. In een gesprek communiceer je direct met iemand en gebruik je zowel visuele als auditieve (gehoor) informatieoverdracht. Smaak (voedsel), geur (voedsel, parfum) en aanraking (streling) kunnen eveneens als communicatiekanaal worden gebruikt. In een gesprek is de communicatie over het algemeen ook *tweezijdig* en *interactief*. De gesprekspartners reageren op elkaar, ze hebben ieder hun inbreng en ze vervullen om en om de rol van *zender* en *ontvanger*.

Veel van onze communicatie vindt plaats met behulp van hulpmiddelen (*media*). We gebruiken smartphones en computers met internetaansluiting, we lezen boeken en kranten, we kijken naar films en televisie en gebruiken bij het zweefvliegen de radio. Deze indirecte communicatie met behulp van media (*gemedieerde communicatie*) beperkt zich tot één of twee communicatiekanalen (gezicht en/of gehoor). Bij telefoneren en radiogebruik is er alleen auditieve informatieoverdracht. Bij lezen is er alleen visuele informatieoverdracht. Veel gemedieerde communicatie is ook *eenzijdig*. Er is maar één zender en de ontvangers kunnen niet direct reageren op de boodschap van de zender.

3.5.2 Communicatieniveaus

Met communicatie brengen we elkaar boodschappen over. Een boodschap is een afgeronde hoeveelheid informatie die van een zender naar een ontvanger gaat. Het aardige van menselijke communicatie is dat we heel veel informatie in één boodschap kunnen verpakken. Stel bijvoorbeeld dat de instructeur achter je tijdens het rugwindbeen van het landingscircuit vrij kortaf zegt: "Je snelheid is 80". In deze mededeling zitten verpakt:

- de inhoudelijke informatie over je snelheid;
- de mening van de instructeur dat je te langzaam vliegt en zijn oproep om beter op je circuitsnelheid (gele driehoek) te letten. We noemen deze informatie het *betrekkingsniveau* van de boodschap. Het betrekkingsniveau vertelt je hoe je de boodschap moet opvatten;
- de mededeling dat de instructeur als gezagvoerder de eindverantwoordelijkheid heeft en dat jij zijn aanwijzingen dient op te volgen. We noemen deze informatie het *relationele niveau* van de boodschap. Het relationele niveau vertelt je hoe je gesprekspartner jullie onderlinge relatie ziet.

De inhoudelijke informatie over je snelheid werd met woorden overgedragen (*verbale communicatie*). Het betrekkingsniveau en het relationele niveau van de boodschap haal je uit de *woordenloze* (*non-verbale*) communicatie zoals de stemklank, snelheid, luidheid en toonhoogte waarmee de instructeur spreekt, en uit de context waarin de boodschap wordt gebracht. Andere vormen van non-verbale communicatie in een gesprek zijn het oogcontact, de gezichtsuitdrukking, gebaren en lichaamshouding. Deze vormen van non-verbale communicatie in een gesprek behoren tot de *lichaamstaal*. In het algemeen versterkt de non-verbale

communicatie de inhoudelijke boodschap en/of levert daar een aanvulling op. De emoticons die worden gebruikt in het internetverkeer, zijn daarvan een mooi voorbeeld.

Verbale communicatie beperkt zich overigens niet tot inhoudelijk informatie. Je kunt bijvoorbeeld expliciet zeggen wat je van iemand verlangt of wat je van iemand vindt. Evenzeer kan non-verbale communicatie inhoudelijke informatie bevatten. De beeldtaal met pictogrammen in het verkeer en op stations is daarvan een goed voorbeeld.

3.5.3 Misverstanden

Hoewel je als zweefvlieger vaak alleen en soms met z'n tweeën in de lucht bent, is zweefvliegen een sport waarbij over en weer goed moet worden gecommuniceerd met mede luchtgebruikers en met de ondersteuning op de grond. Ter wille van de veiligheid moet deze communicatie zo duidelijk mogelijk zijn, zodat misverstanden worden voorkomen. Helaas liggen er tijdens het zweefvliegen vele misverstanden op de loer, wanneer de boodschappen worden verstoord bij het uitzenden, ontvangen, begrijpen en onthouden.

Een boodschap kan onduidelijk zijn door teveel informatie, te weinig informatie of door verwarrende informatie. In een gesprek kan iemand zoveel vertellen dat je gaandeweg niet meer begrijpt wat hij/zij eigenlijk wil zeggen. Het omgekeerde komt ook voor. Je begrijpt iets niet, omdat het verhaal onvolledig is of omdat de verteller kennis veronderstelt die je niet hebt. Soms bevat een boodschap strijdige (*paradoxale*) informatie. Iemand zegt bijvoorbeeld met een opgewonden, luide stem: "Ik ben heel rustig!".

Verlies van informatie is onvermijdelijk als de communicatie via een medium verloopt. Bij radiocontact blijft de verbale informatie meestal wel intact, maar verdwijnt een groot deel van de non-verbale informatie en daarmee het betrekkingsniveau en het relationele niveau van de boodschap. Omdat bij radiocontact de boodschap voor iedereen duidelijk moet zijn, bestaan er regels om overbodige informatie, gebrek aan informatie en tegenstrijdige informatie te vermijden. Zo worden er in het radioverkeer standaarduitdrukkingen gebruikt en zijn er regels voor de volgorde waarin de informatie wordt overgebracht. In het vak Communicatie van het LAPL brevet komen deze standaarduitdrukkingen en regels ter sprake.

In paragraaf 2.1 hebben we gezien dat belangrijke informatie een plek moet krijgen op de voorgrond en dat onbelangrijke informatie op de achtergrond moet blijven. Je aandacht is hierbij het belangrijkste, sturende proces. Bij communicatie dient de boodschap als opvallend *signaal* op de voorgrond te staan en dient verstorende informatie als *ruis* op de achtergrond te blijven. Wanneer het signaal te zwak is of zelfs wegvalt en/of wanneer de ruis het signaal gaat overstemmen, dan komt een boodschap niet of vertekend over. Een voorbeeld uit het dagelijks leven is een gesprek in een lawaaiige omgeving. Het kost dan moeite om de ander te verstaan en te begrijpen. Je mist soms een deel van het verhaal of je hoort iets anders dan wat hij/zij feitelijk zegt. Wanneer je met je gezicht in de wind gaat staan als je in een radiomicrofoon spreekt, dan valt een groot deel van je boodschap weg in het windgeruis.

Je boordradio heeft een *squelch* (SQL) knop om de achtergrondruis te onderdrukken. Daarmee maak je de ontvangst van het signaal wel duidelijker, maar niet sterker. Een zwak signaal valt soms weg in de ruis of is door de afstand of slechte radioverbinding helemaal niet meer te ontvangen. Ook kan het signaal wegvallen als twee radio's tegelijk uitzenden op dezelfde frequentie. Hoe je

moet omgaan met de boordradio wordt eveneens besproken in het vak Communicatie van het LAPL brevet.

Hierboven hebben we aangegeven dat we dezelfde taal moeten spreken om elkaar te kunnen begrijpen. In de LAPL vakken Luchtvaartwetgeving, Meteorologie, Operationele Procedures, Communicatie en Navigatie komen de begrippen, symbolen en afkortingen aan bod waarmee (zweef)vliegers met elkaar communiceren. Een volledig begrip hiervan vraagt studie. Zo kost het enige tijd om de luchtvaartkaart te leren lezen, aangezien de luchtvaartkaart een tweedimensionale weergave is van drie dimensies met een grote hoeveelheid afkortingen en symbolen die kenmerkend zijn voor de luchtvaart. Bij een overlandvlucht moet je de kaart bij je hebben en wordt je geacht deze te kunnen lezen.

Om belangrijke informatie te kunnen gebruiken, moet je de boodschap niet alleen goed ontvangen en begrijpen, maar ook onthouden. Bij de voorbereiding en uitvoering van een zweefvlucht krijg je veel informatie te verwerken en het is de vraag of je je alle informatie kunt herinneren op het moment dat je deze nodig hebt. De informatie is wellicht opgeslagen in je lange termijn geheugen, maar je herinnering kan je in de steek laten door allerlei factoren zoals vermoeidheid of emotionele spanning. Niet voor niets gebruikt men in de luchtvaart checklijsten en geheugensteuntjes om alle belangrijke informatie paraat te hebben als het nodig is. Tijdelijke informatie, zoals NOTAM's, METAR's en TAF's, kun je vastleggen op papier of in je digitale kladblok.

3.6 Samenvatting

Motivatie is een innerlijke kracht of drijfveer die voortkomt uit je belangen en verwachtingen. Motivatie leidt tot een algemene staat van fysieke en mentale spanning (arousal) en tot de intentie om het gedrag te vertonen dat leidt tot het gewenste resultaat. Toenadering en vermijding zijn de twee basisrichtingen van motivatie. Als het gedrag dat is voortgekomen uit een motivatie, niet leidt tot het gewenste resultaat of als er conflicterende motivaties zijn, dan ontstaat mentale spanning. Langdurige mentale spanning resulteert in chronische stress.

Emoties zijn een bijzonder soort drijfveren. Emoties gaan vaak gepaard met lichamelijke reacties en kunnen zowel non-verbaal als verbaal worden getoond. Heftige emoties gaan gepaard met lichamelijke opwinding en verminderen het geestelijk functioneren. Mensen functioneren het beste bij een matig niveau van lichamelijke en geestelijke opwinding (arousal). Bij een te laag arousalniveau zijn je waarneming en aandacht onvoldoende gefocust, ben je niet alert en denk je ook niet helder na. Bij een te hoog arousalniveau ben je te zeer gefocust en denk je evenmin helder na. Sommige mensen voelen zich het prettigst bij een vrij laag arousalniveau, terwijl anderen juist op zoek zijn naar een hoog arousal niveau om zich gelukkig te voelen.

Een sterke behoefte aan opwinding en enkele andere houdingen vormen een bedreiging voor de vliegveiligheid. Men heeft vijf gevaarlijke houdingen in kaart gebracht: anti-autoritair, impulsief, onkwetsbaar, macho en berusting. Door deze houdingen bij jezelf te herkennen en door de achterliggende opvattingen te veranderen met tegengedachten, kun je een veiliger vlieger worden.

Communicatie is de onderlinge uitwisseling van beeldoproepende informatie. De betekenis van de beeldoproepende informatie berust op afspraken. Om veilig te kunnen zweefvliegen dienen de betekenissen van de begrippen en symbolen die worden gebruikt in de luchtvaart, voor iedereen duidelijk en bekend te zijn. Voor de uitwisseling van de informatie kunnen verschillende kanalen worden gebruikt, zoals het gezicht en het gehoor. In een direct gesprek wordt verbale en non-verbale informatie uitgewisseld. De communicatie via een medium verloopt in het algemeen via één of twee communicatiekanalen. Daardoor verliest de boodschap een deel van zijn betekenis. De inhoud van de boodschap blijft meestal wel in stand, maar het betrekkingsniveau en het relationele niveau van de boodschap gaan deels verloren. Hierdoor kunnen misverstanden ontstaan. Bij het gebruik van de radio moeten overbodige informatie en tegenstrijdige informatie

worden vermeden en moet de boodschap met zo min mogelijk achtergrondverstoring (ruis) worden overgebracht.

Hoofdstuk 4: Zien en gezichtsbedrog

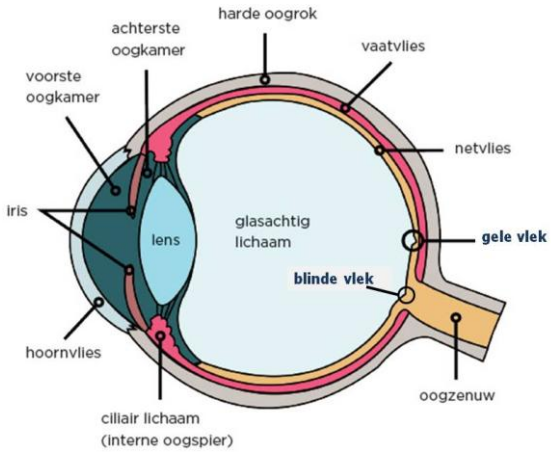
4.0 Inleiding

De ogen zijn verreweg het belangrijkste zintuig voor een zweefvlieger. Meer dan 90% van alle informatie over de omgeving komt via je ogen binnen. Je gezichtsvermogen kent echter ook zijn beperkingen. Een zweefvlieger moet daarom weten hoe het oog werkt en weten wanneer hij wel en wanneer hij niet kan vertrouwen op *gezichtsinformatie* (*visuele informatie*). In dit hoofdstuk bespreken we eerst de bouw van het oog. Vervolgens komen aan bod het veraf en dichtbij scherp zien (accommoderen), aanpassen aan de lichtsterkte (adapteren), gezichtsveld, gezichtsscherpte, diepte zien en kleuren zien. Daarna bespreken we enkele vormen van gezichtsbedrog (visuele illusies) waarmee je als zweefvlieger te maken kunt krijgen.

4.1 De bouw van het oog

Je ogen zijn twee bolvormige organen die worden beschermd door je oogkassen. Een oogbol heeft een doorsnede van ongeveer 23 mm. Met de oogspieren die vastzitten aan je oogbol, kun je de stand van je ogen veranderen.

De werking van het oog wordt wel vergeleken met de werking van een foto- of videocamera. Net als een camera heeft het oog een variabele lichtopening (*diafragma*), een *lenssysteem* dat de lichtstralen breekt, een oppervlakte dat gevoelig is voor lichtprikkels en een mechanisme om een scherp beeld op dit oppervlak te verkrijgen (*focussen*). Onderstaand figuur toont een dwarsdoorsnede van het oog met de belangrijkste onderdelen.



Het *hoornvlies* is een relatief harde, doorzichtige laag aan de voorkant van je oog. Het hoornvlies is gebold en werkt daardoor als een lens. Achter het hoornvlies bevindt zich de voorste oogkamer, gevuld met een doorzichtige vloeistof (*kamerwater*).

Het *regenboogvlies* (*iris*) is het gekleurde gedeelte van het oog dat door samentrekken of verwijden de hoeveelheid licht dat het oog binnenkomt, regelt. De kleur van de iris is genetisch bepaald. De *pupil* is de zwarte opening in de iris waardoor het licht het oog binnenkomt. Tussen het regenboogvlies en de ooglens ligt de achterste oogkamer, gevuld met kamerwater.

De *ooglens* bevindt zich achter de iris en is opgebouwd uit doorzichtig, elastisch bindweefsel. De lens is met dunne, elastische draadjes opgehangen aan de binnenkant van de oogbol. Samen met het hoornvlies buigt de lens de binnenkomende lichtstralen zodanig af dat er een scherp beeld op het netvlies wordt geprojecteerd. Het hoornvlies zorgt voor ongeveer 2/3 en de lens zorgt voor ongeveer 1/3 van deze lichtbreking. De afstand tussen de lens en het netvlies is ongeveer 16 mm.

Als de lichtstralen evenwijdig op het oog vallen, zoals in de linkertekening in paragraaf 4.2, dan moet de lichtbreking van het *lenssysteem* (hoornvlies en lens) zo sterk zijn, dat er op 16 mm (= 0.016 meter) afstand een scherp beeld wordt gevormd. Deze afstand is de *brandpuntsafstand* (f) van het lenssysteem. De sterkte van het lenssysteem wordt weergegeven in *dioptrieën* (D = 1/f). Het lenssysteem van het oog met een brandpuntsafstand van 16 mm heeft een sterkte van 1000 mm/16 mm = 62,5 dioptrie.

Achter de lens bevindt zich het *glasachtig lichaam* gevuld met het *glasvocht*. Het glasvocht bestaat voor 98% uit water en zorgt er voor dat de lichtstralen zonder verdere breking het netvlies bereiken. Het glasvocht staat onder druk en zorgt er zo voor dat de oogbol mooi rond blijft.

Het *netvlies* (*retina*) bedekt de achterste helft van de binnenkant van de oogbol. In het netvlies bevinden zich de lichtgevoelige zenuwcellen (*fotoreceptoren*), bestaande uit de kegeltjes en de staafjes. Het netvlies bevat tevens zenuwvezels, pigmentcellen en bloedvaatjes.

De ongeveer vijf miljoen *kegeltjes* per oog zijn verdeeld in drie soorten die vooral reageren op de kleuren blauw, groen en groen-geel. Door verwerking van de informatie van de drie soorten kegeltjes kun je alle kleuren zien tussen violet en rood. Gelijktijdige prikkeling van de drie soorten kegeltjes in elkaars nabijheid leidt tot de "kleurwaarneming" wit. De informatie van de kegeltjes bereikt vrijwel ongewijzigd je hersenen. Met de kegeltjes kun je dan ook scherp zien en fijne details waarnemen.

De ongeveer 120 miljoen *staafjes* per oog zijn het meest gevoelig voor licht in het blauw-groene gebied, maar ze geven alleen (verschillen in) lichtsterkte door aan de hersenen. Met de staafjes zie je alleen licht-donker verschillen en hun signalen worden sterk gefilterd voordat deze je hersenen bereiken. Het beeld dat je door prikkeling van de staafjes verkrijgt, is daarom altijd zwart-wit en vrij vaag. Met de staafjes kun je geen details waarnemen.

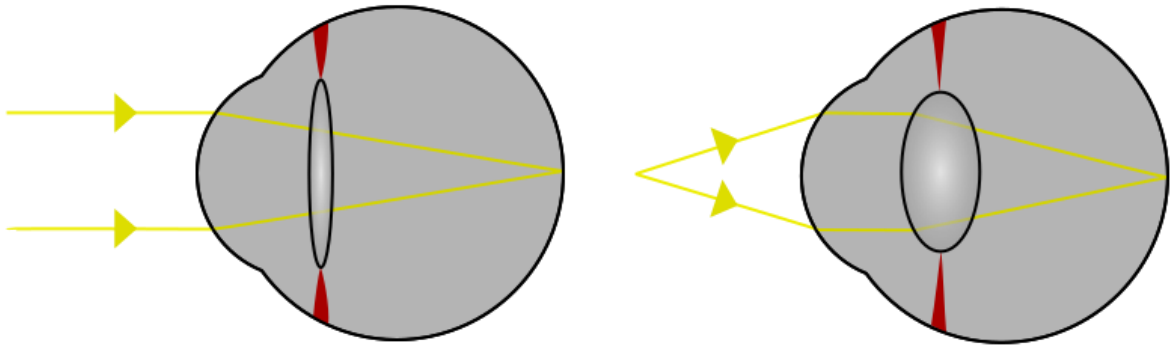
De kegeltjes en staafjes zijn ongelijk verdeeld over het netvlies. In het centrum van het netvlies, recht tegenover de lens, bevindt zich de *gele vlek* (*macula lutea*) met een doorsnede van ongeveer 5,5 mm. Hierin bevinden zich vrijwel uitsluitend kegeltjes. Dit is het gebied waarmee je scherp ziet en kleuren ziet als je je blik ergens op richt. Het middendeel van de gele vlek, de *fovea*, bevat alleen kegeltjes die daar heel dicht op elkaar staan. Met dit deel van je netvlies kun je fijne details waarnemen.

Naast de gele vlek ligt een gebied waar de zenuwvezels van de fotoreceptoren samenkomen en als dikke oogzenuw van 1,2 miljoen zenuwvezels het oog verlaten. In dit gebied liggen geen staafjes of kegeltjes en de lichtstralen die op dit gebied vallen, worden dan ook niet waargenomen. Dit gebied is de *blinde vlek* (*papilla*).

De *harde oogrok* (*sclera*) is de buitenste laag van de oogbol. Deze witte laag beschermt het oog en houdt het oog in model. Aan de voorkant van het oog gaat de harde oogrok over in het hoornvlies. Tussen de harde oogrok en het netvlies ligt een netwerk van bloedvaatjes.

4.2 Accommodatie

In ruststand is de lens vrij plat. Voorwerpen op grotere afstand (meer dan 5 meter) worden dan scherp waargenomen. Rond de lens ligt een kringspier die door samen te trekken de lens doet bollen. De lenssterkte neemt daardoor toe, de brandpuntsafstand van de lens wordt kleiner en zo kan er een scherp beeld op het netvlies worden geprojecteerd van voorwerpen dichtbij. Deze lensaanpassing noemen we *accommodatie*. Onderstaande tekening toont de lichtbreking van het hoornvlies en de lens als je kijkt naar een voorwerp veraf en naar een voorwerp dichtbij.



Accommoderen kost tijd. Het duurt ongeveer 2 seconden voordat je je oog hebt ingesteld van dichtbij naar veraf en omgekeerd. Bij jongeren gaat dit iets sneller dan bij ouderen. Ook vermoeidheid vertraagt de accommodatie.

Tijdens het zweefvliegen moet je voortdurend de horizon en je omgeving goed in de gaten houden. Uitkijken is veiligheidsregel nummer één! Daarnaast moet je nu en dan een blik werpen op je instrumenten. De vaste scanmethode die in paragraaf 2.8 is beschreven, voorkomt dat je je teveel focust op je instrumenten en dat je ogen onvoldoende zijn ingesteld op wat er in het luchtruim om je heen gebeurt. Met deze scanmethode voorkom je tevens de *leegveldbijziendheid* (eng: *empty field myopia*). Leegveldbijziendheid doet zich voor als er in de omgeving geen objecten zijn waarop je ogen kunnen scherp stellen. Je ogen 'focussen' zich dan op ongeveer 50 centimeter voor de kap, waardoor je alles in het luchtruim vaag ziet. Door te scannen en daarbij regelmatig naar de grond te kijken, dwing je je ogen om ook te focussen op objecten in de verte.

4.3 Adaptatie

Adaptatie wil zeggen dat je ogen zich aanpassen aan de hoeveelheid licht in de omgeving. Het regenboogvlies werkt daarbij als een diafragma. De spiertjes in het regenboogvlies vergroten of verkleinen de doorsnede van de pupil en regelen daarmee de hoeveelheid licht die de lens passeert. Deze pupilreactie gaat in een fractie van een seconde en verloopt volledig automatisch (autonoom). Echter, de doorsnede van de pupil varieert van ongeveer 1,5 mm in fel licht tot 8 mm in het donker. De pupil laat in het donker dus maximaal ($8^2/1.5^2=$) 28 maal meer licht door dan in fel licht. Dit verschil in lichtsterkte is maar een fractie van het verschil in lichtsterkte tussen het helderste licht en het zwakste licht dat je kunt waarnemen. Het helderste licht dat je kunt waarnemen is namelijk 1 miljard (10^9) maal sterker dan het zwakste licht dat je kunt waarnemen. De hoofdfunctie van de pupilreactie is dan ook een snelle aanpassing van de binnenkomende lichthoeveelheid, zodat het netvlies wordt beschermd tegen te sterke prikkeling bij een plotselinge toename van de lichtsterkte.

Het belangrijkste adaptatiemechanisme bevindt zich in de fotoreceptoren van het netvlies. Bij daglicht kijk je vooral met de kegeltjes in de gele vlek. Wanneer je van een lichte omgeving naar het donker gaat, dan passen de kegeltjes zich ook als eerste aan (*donkeradaptatie*). Na ongeveer 10 minuten hebben de kegeltjes hun maximale lichtgevoeligheid bereikt. De maximale donkeradaptatie van de staafjes duurt 30 tot 40 minuten, maar de staafjes zijn dan wel 10 miljoen maal lichtgevoeliger geworden en ze zijn dan 2000 maal lichtgevoeliger dan de kegeltjes. In donkere omstandigheden, zoals in de schemering of ‘snachts, kijk je dus met de staafjes en je ziet dan alleen zwart-wit beelden en geen details. Omdat de gele vlek vrijwel geen staafjes bevat, zie je in het donker weinig in het centrum van je blikveld. De gele vlek is dan een *nachtblinde vlek* geworden. Door je ogen te bewegen omzeil je het gemis aan visuele informatie van deze nachtblinde vlek.

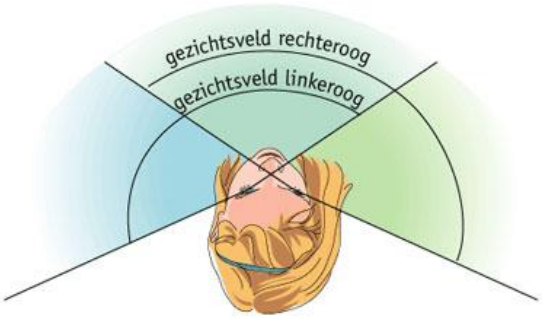
De kegeltjes zijn niet alleen minder lichtgevoelig dan de staafjes, maar ze zijn ook gevoeliger voor een slechte zuurstof- en bloedvoorziening dan de staafjes. Bij zuurstoftekort (zie paragraaf

6.3.3) of bij een slechte doorbloeding door G-krachten (zie paragraaf 6.4.4), door roken of door andere aandoeningen van de bloedvoorziening valt je centrale gezichtsveld dan ook eerder uit dan je perifere gezichtsveld. Je hebt dan eerder last van de verschijnselen van nachtblindheid.

De *lichtadaptatie*, dat wil zeggen de aanpassing van donker naar licht, gaat veel sneller dan de donkeradaptatie en duurt ongeveer 5 minuten. Bij heel veel licht, zoals op een zonnige dag, werken de staafjes en kegeltjes voortdurend op de grens van hun maximale lichtgevoeligheid. Ze raken daardoor uitgeput en geven lichtverschillen (contrasten) minder goed weer. Je ogen worden moe. Een zonnebril vermindert de hoeveelheid licht op je ogen en neemt hinderlijke schitteringen weg. Daarom worden je ogen minder snel moe, als je een zonnebril draagt.

4.4 Gezichtsveld

Je *gezichtsveld* is het gedeelte van je omgeving dat je kunt zien zonder je ogen of hoofd te bewegen. Aangezien je ogen min of meer in een frontaal vlak liggen, overlappen de gezichtsvelden van je beide ogen elkaar voor het grootste gedeelte. Je *blikveld* is het gedeelte van je omgeving dat je kunt zien als je je ogen laat ronddraaien, maar je hoofd stilhoudt.



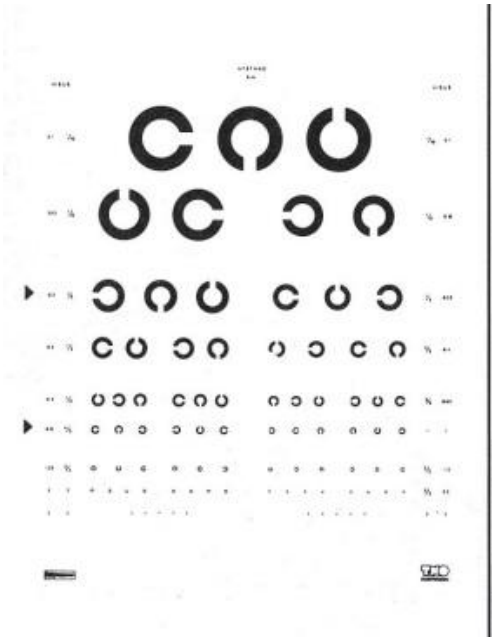
Een voorwerp wordt alleen scherp gezien, als de lens de lichtstralen projecteert op de gele vlek waar zich voornamelijk kegeltjes bevinden. Dit is je *centrale gezichtsveld*. Voor een scherp beeld is niet alleen de juiste lensbolling nodig, maar ook een draaiing van de oogbol en eventueel ook van je hoofd, zodat het beeld van het voorwerp precies op de gele vlek valt. Zo focus je je ogen op het voorwerp. De projecties op het netvlies buiten de gele vlek waar zich alleen staafjes bevinden, vallen in je *perifere gezichtsveld*. Je perifere gezichtsveld is groter dan je centrale gezichtsveld. In je perifere gezichtsveld zie je vrij onscherp en geen kleuren.

Wanneer je met één oog focust op een voorwerp, dan valt een klein gebied in je perifere gezichtsveld precies op de blinde vlek in je netvlies. Dit gebied kun je dan niet zien. Onderstaand figuur demonstreert deze blinde vlek.

Kijk vanaf ongeveer 30 cm naar de tekening en sluit je rechteroog. Wanneer je nu met je linkeroog focust op het kruis rechts, dan zie je het vliegtuig links niet meer. Het beeld van het vliegtuig wordt dan geprojecteerd op de blinde vlek van je linkeroog. Wanneer je met twee ogen kijkt, dan zie je het vliegtuig wel, omdat de blinde vlekken van je beide ogen verschillende delen van je gezichtsveld beslaan. Door het luchtruim te scannen, zoals in paragraaf 2.8 is beschreven, voorkom je dat je iets niet goed ziet, omdat dit in een blinde vlek van je gezichtsveld valt.

4.5 Gezichtsscherpte

De *gezichtsscherpte* (*visus*) geeft aan in hoeverre je details op enige afstand scherp kunt waarnemen en is een belangrijke grootheid voor de beoordeling van het gezichtsvermogen. Een 'normaal' oog is in staat om bij goed licht op een afstand van 5 meter details van 1,5 mm groot te zien. De gezichtsscherpte is dan 100%



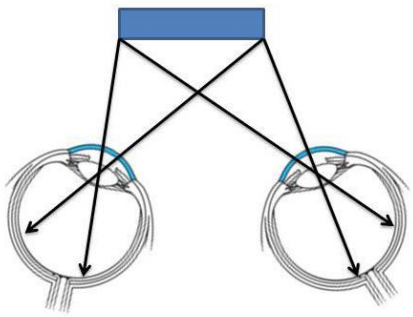
Met de welbekende letterplaat of met een plaat met daarop ringen die aan één kant open zijn wordt bij de medische keuring vastgesteld of je ogen voldoende scherp kunnen zien.

De gezichtsscherpte wordt uitgedrukt in een percentage ten opzichte van de normaalwaarde. Een zweefvlieger dient met beide ogen een gezichtsscherpte te hebben van tenminste 67% (6/9) en van 50% (6/12) voor ieder oog afzonderlijk. Diverse oogafwijkingen of oogaandoeningen verminderen de gezichtsscherpte (zie paragraaf 4.8).

Zoals gezegd, kun je alleen scherp zien met je centrale gezichtsveld. De beeldprojectie valt dan op de gele vlek met kegeltjes. In je perifere gezichtsveld zie je onscherp, omdat daar alleen staafjes worden geprikkeld. Wanneer er een voorwerp in je perifere gezichtsveld verschijnt, dan beweeg je je ogen en eventueel ook je hoofd om het voorwerp toch scherp te kunnen zien. Beweging is een belangrijke aandachttrekker. Vooral bewegende voorwerpen leiden daarom tot een vrijwel automatische reactie om het bewegende voorwerp in je centrale gezichtsveld te krijgen.

4.6 Diepte zien

De beelden die op je netvlies worden geprojecteerd zijn tweedimensionaal. Het visueel systeem gebruikt daarom diverse aanwijzingen om de afstand tot objecten en diepte te kunnen zien. De aanwijzingen betreffen de stand van de ogen, de verschillen in de beelden die beide ogen ontvangen van hetzelfde voorwerp, de beweging van het voorwerp en de herkenning van voorwerpeigenschappen (*associatie*). Deze aanwijzingen worden naadloos geïntegreerd tot een driedimensionaal beeld waaruit diepte en afstand worden afgeleid.



Voor het bepalen van diepte en afstand tot ongeveer 6 meter gebruik je de verschillen in de stand van je ogen en de plaats waarop het beeld van een voorwerp wordt geprojecteerd op je beide netvliezen. Voor het waarnemen van diepte en afstand moet je dus met beide ogen kijken (*binoculair zien*). Als je met beide ogen kijkt naar hetzelfde voorwerp, dan zijn je ogen allebei iets naar binnen gericht. Je oogspieren registreren deze stand en je

hersenen bepalen aan de hand van de hoek tussen de beide oogassen de afstand tot het object, zoals de tekening laat zien. Tevens zien je ogen hetzelfde voorwerp vanuit een andere hoek. Daardoor wordt het voorwerp in het ene oog op een andere plaats op het netvlies geprojecteerd dan in het andere oog (*binoculaire dispariteit*). Uit de verschillen in deze projectieplaatsen maken je hersenen eveneens een inschatting van de afstand tot het voorwerp.

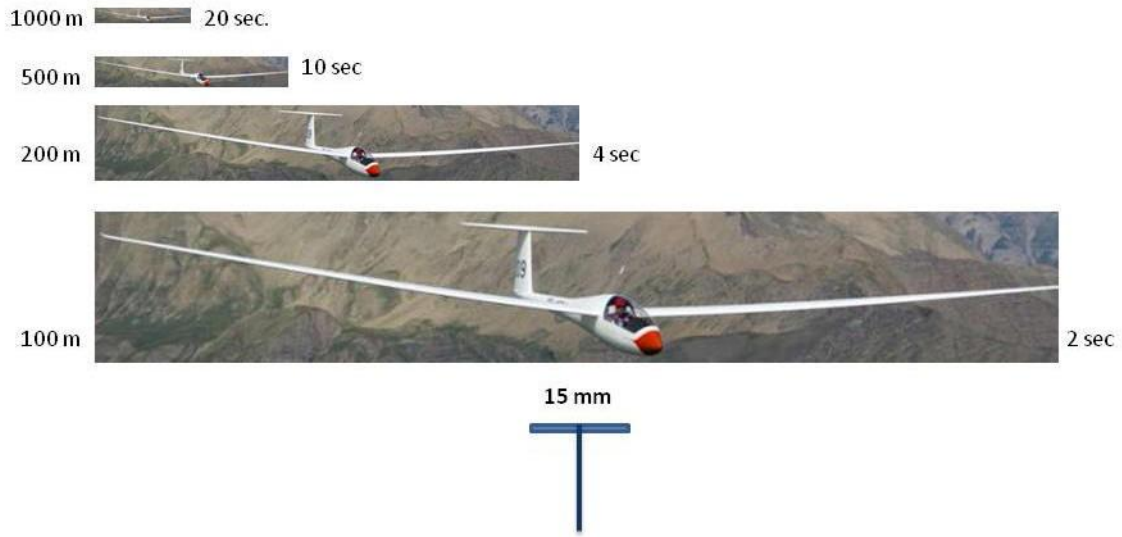
Als je met één oog (*monoculair*) kijkt, dan werken de beschreven mechanismen niet. Ook bij afstanden groter dan 6 meter werken de mechanismen niet meer voldoende, omdat de beide oogassen dan vrijwel evenwijdig lopen. Voor de dieptewaarneming gebruik je dan andere aanwijzingen zoals perspectief, relatieve positie en beweging.

Bovenstaande foto bevat een aantal perspectief aanwijzingen:

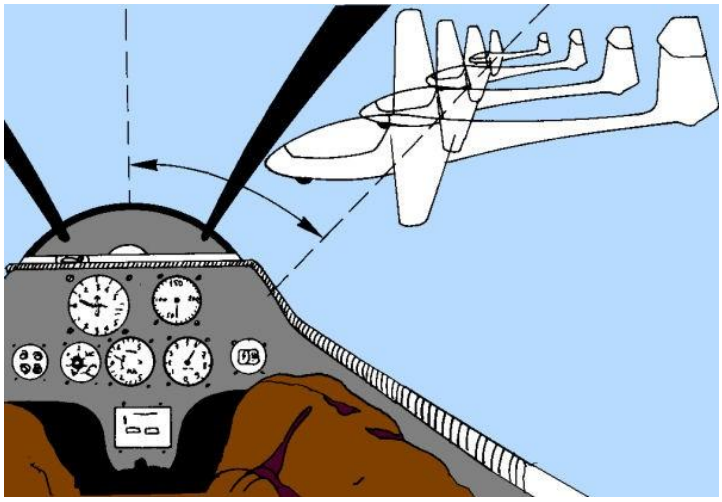
- lineair perspectief. De lijnen die naar de horizon toelopen, zoals de vaartkanten, komen steeds dichter bij elkaar;
- horizon perspectief. De voorwerpen in de verte, zoals de verste bomenrij, staan dichter bij de horizon dan de voorwerpen dichtbij;
- grootte. Voorwerpen, zoals de bomen, en personen, zoals de schaatsers, geven dichtbij een groter beeld op het netvlies dan veraf;
- detail. Op de voorgrond zijn details, zoals de krassen in het ijs, goed te zien; de details in de verte zijn vaag;
- positie. De voorwerpen die dichtbij zijn, staan voor de voorwerpen die verder weg zijn;
- kleur. Naarmate de voorwerpen verder weg zijn, tonen hun kleuren minder contrast.

De beweging van voorwerpen geeft eveneens aanwijzingen over hun afstand tot een waarnemer. Voorwerpen die snel bewegen ten opzichte van de achtergrond, zoals een auto die je rakelings passeert, zijn dichterbij dan vergelijkbare voorwerpen die zich minder snel verplaatsen ten opzichte van de achtergrond. De afstand tot een stilstaand voorwerp kun je inschatten door met je hoofd of met je hele lichaam te bewegen. Hoe verder een voorwerp van je af is, hoe meer het met je lijkt mee te bewegen. Dit verschijnsel heet de *bewegingsparallax*. Verandering in afstand kun je onder meer afleiden uit de verandering in grootte. Een bewegend voorwerp kan dezelfde grootte aanhouden, groter worden of juist kleiner worden. Mede aan de hand hiervan bepaal je of het voorwerp op dezelfde afstand tot je blijft, dichterbij komt of zich van je

verwijdert en met welke snelheid dit gebeurt. Een voorbeeld hiervan is het zweefvliegtuig dat recht op je afkomt. Dergelijke vliegtuigen zie je vaak pas laat, omdat ze weinig opvallen tegen de achtergrond, en ze komen verraderlijk snel dichterbij.



De frontale nadering van twee zweefvliegtuigen met elk 90 km/uur betekent een gecombineerde naderingssnelheid van (180/3,6 =) 50 m/sec. Op 1 km afstand is de schijnbare grootte van het naderende vliegtuig met een spanwijdte van 15 meter gelijk aan het 15 mm brede plakbandje van het piefje op 1 meter van je oog. Je hebt dan nog 20 seconden om te reageren. Na 10 seconden is de afstand 500 meter en is de schijnbare grootte van het naderende zweefvliegtuig twee maal zo groot als het plakbandje. Op 100 meter afstand is de schijnbare grootte van het zweefvliegtuig 10 maal zo groot als het plakbandje en vindt over twee seconden de botsing plaats.



Een vergelijkbare situatie doet zich voor als een zweefvliegtuig je van links of rechts nadert en wel in schijnbare grootte, maar niet in positie verandert, zoals de tekening laat zien.
Hieruit volgt dat je zo snel mogelijk moet uitwijken voor ieder vliegtuig waarvan de schijnbare grootte toeneemt, maar waarvan de positie in de kap niet verandert. Zo'n vliegtuig ligt op botsingskoers!

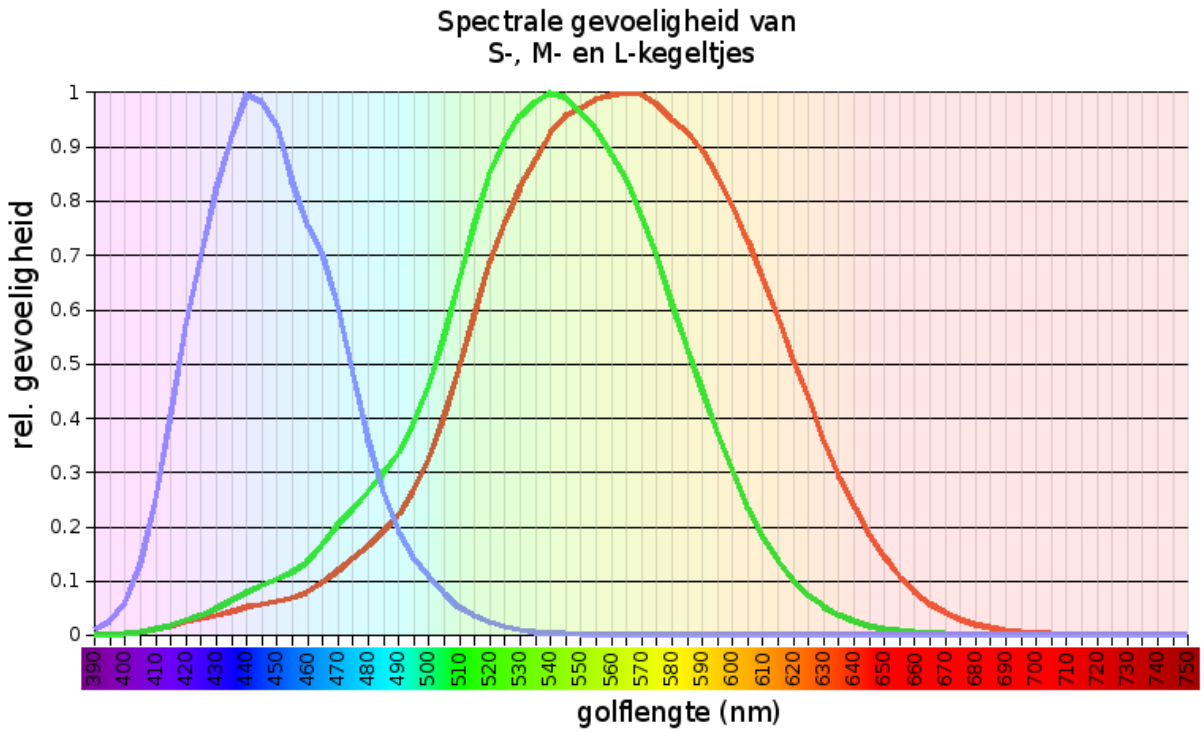
De genoemde aanwijzingen voor het zien van diepte en afstand veronderstellen dat je de vorm, grootte en beweging van de waargenomen voorwerpen kunt waarnemen en herkennen. Is dat niet het geval, dan kunnen je hersenen in de war raken en een verkeerde inschatting maken van de grootte van en afstand tot de waargenomen voorwerpen. In paragraaf 4.9 bespreken we enkele voorbeelden van dergelijke visuele illusies.

4.7 Kleuren zien

Licht bestaat uit elektromagnetische straling (energie) die zich in een golfbeweging voortplant met de *lichtsnelheid* van 300.000 km per seconde. De lichtgolven hebben verschillende

golflengten en verschillende sterkten (*lichtintensiteit*). Iedere golflengte komt overeen met een bepaalde *golffrequentie*. De golflengte maal de golffrequentie is gelijk aan de lichtsnelheid. Elektromagnetische straling met golflengten tussen de 380 nanometer en 750 nanometer (1 nanometer = 10^{-9} meter) is voor ons zichtbaar. Dit komt overeen met de frequenties tussen 790 en 380 teraHerz (1 teraHerz = 10^{12} Hertz). We noemen dit gebied het *lichtspectrum* of *kleurenspectrum*.

Kleuren zien is het kunnen waarnemen van de verschillen in de golflengten van het licht. Je netvlies bevat, zoals gezegd, drie soorten kleurgevoelige kegeltjes. Iedere soort is gevoelig voor een bepaald golflengte gebied (*spectrale gevoeligheid*). Onderstaand figuur geeft het lichtspectrum weer met daarin de relatieve spectrale gevoeligheid van de drie soorten kegeltjes.



De *S-kegeltjes* (small wavelength) zijn maximaal gevoelig in het blauwe gebied (450 nm), de *M-kegeltjes* (medium wavelength) zijn maximaal gevoelig in het groene gebied (540 nm) en de *L-kegeltjes* (long wavelength) zijn maximaal gevoelig in het groen-gele gebied (570 nm). De L-kegeltjes zijn dus niet maximaal gevoelig in het rode gebied, zoals vaak wordt gedacht.

Mensen kunnen tussen de 120 en 160 kleuren van elkaar onderscheiden, mits je ze naast elkaar ziet en kunt vergelijken. Zonder vergelijking herkennen we maar 10 tot 14 afzonderlijke kleuren. De kleurherkenning en kleuronderscheiding komt voort uit de gelijktijdige prikkeling van de drie soorten kegeltjes. Het deel van het lichtspectrum dat een voorwerp weerkaatst en dat je ogen bereikt, bepaalt de kleur van het voorwerp. Iedere kleur heeft daarbij zijn eigen kenmerkende verhouding in prikkelsterkte oftewel relatieve lichtintensiteit. Je ziet blauw bij een sterke prikkeling van de S-kegeltjes en weinig prikkeling van de M en L kegeltjes, je ziet geel bij een sterke prikkeling van de L kegeltjes, gecombineerd met een iets minder sterke prikkeling van de M-kegeltjes en je ziet rood bij prikkeling van alleen de L kegeltjes. Een kleur is dus een mengsel van licht van verschillende golflengten met verschillende lichtintensiteit. Wit licht bestaat uit een mengsel van alle golflengten met vrijwel dezelfde sterkte. Daarnaast kunnen kleuren en wit licht, verschillen in absolute intensiteit, dat wil zeggen de totale hoeveelheid lichtenergie waardoor de kegeltjes worden geprikkeld. Bij een lage lichtintensiteit ervaar je donkerder kleuren dan bij een hoge lichtintensiteit. Grijs is wit licht met een lage lichtintensiteit.

Een oppervlak dat alle golflengten volledig absorbeert, geeft geen straling af en noemen we zwart.

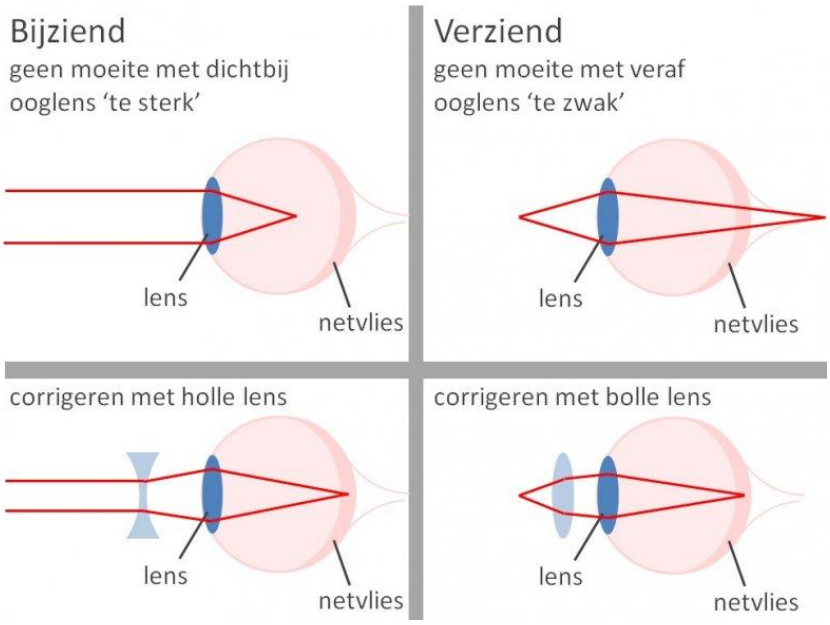
4.8 Oogafwijkingen en oogaandoeningen

Bij het zweefvliegen is meer dan 90% van de informatie over je omgeving gebaseerd op visuele prikkels. Je ogen zijn dan ook verreweg je belangrijkste zintuig en stoornissen in je gezichtsvermogen kunnen het veilig vliegen in gevaar brengen. Deze stoornissen in je gezichtsvermogen kunnen van tijdelijke aard zijn, maar ook blijvend zijn. We behandelen in deze paragraaf enkele veel voorkomende afwijkingen en aandoeningen.

4.8.1 Bijziendheid en verziendheid

Verminderde gezichtsscherpte komt veel voor. Bij ongeveer een kwart van de bevolking zijn het hoornvlies en de lens niet in staat om een scherp beeld op het netvlies te projecteren van voorwerpen die veraf staan. De beeldprojectie komt voor het netvlies te liggen en we spreken dan van *bijziendheid* (*myopie*). Myopie kan twee oorzaken hebben. Het brekend vermogen van het lenssysteem kan te sterk zijn en/of de oogas kan te lang zijn. Bij mensen met myopie is meestal het laatste het geval (as-myopie). Bijziendheid kan worden verholpen met een negatieve (holle) bril of contactlens.

Bij *verziendheid* (*hypermetropie*) is er sprake van te weinig lichtbreking door het lenssysteem en/of een te korte oogas. Wanneer bij iemand met verziendheid de ooglens ontspannen is, dan valt de beeldprojectie achter het netvlies. Zo iemand moet voortdurend zijn ooglenzen aanspannen om een scherp beeld op het netvlies te krijgen en kan bovendien voorwerpen die dichtbij zijn, niet scherp zien. Verziendheid kan worden verholpen met een positieve (bolle) bril of contactlens.



Omdat de elasticiteit van de lens in de loop der jaren afneemt, neemt het vermogen om de ooglens te bollen af naarmate mensen ouder worden. Oudere mensen kunnen daarom voorwerpen die dichtbij zijn, niet meer scherp waarnemen. Zij lijden aan *oudziendheid* (*presbyopie*) en hebben een leesbril nodig.

Mits goed gecorrigeerd, zijn bijziendheid of verziendheid geen reden om te worden afgekeurd voor het zweefvliegen. Op de medische verklaring staat dan aangegeven dat de houder van de verklaring een bril of lenzen nodig heeft en de houder van de verklaring dient dan tijdens het vliegen een reservebril bij zich te dragen.

4.8.2 Kleurenblindheid

De term *kleurenblindheid* suggereert dat iemand in het geheel geen kleuren kan zien. Helemaal geen kleuren kunnen zien (*achromatopsie*) komt echter zelden voor. De meest voorkomende afwijking in het kleuren zien is rood-groen *kleurenzwakte*. De M-kegeltjes en/of de L-kegeltjes werken dan minder goed en je kunt daardoor de rood- en groentinten niet goed onderscheiden. Het betreft een genetische afwijking die bij ongeveer 8% van alle mannen en bij slechts 0,4% van alle vrouwen voorkomt. Afwijkingen van de blauwe S-kegeltjes zijn zeldzaam.

Tijdens een medische keuring kan met bepaalde kleurentesten de mate van kleurenzwakte worden vastgesteld. Kleurenzwakte is geen reden om iemand af te keuren voor het zweefvliegen, maar leidt bij een keuring voor het LAPL brevet wel tot een aantekening op de medische verklaring dat alleen mag worden gevlogen bij daglicht.

4.8.3 Overige oogaandoeningen

Staar is een aandoening waarbij de ooglens is vertroebeld. Staar leidt tot een onscherp beeld op het netvlies en vermindert daarmee de gezichtsscherpte. Staar komt vooral voor bij ouderen en is vaak te verhelpen met een kunstlens.

Glaucoom is een ziekte die vaak ontstaat door een verhoogde oogdruk. De oogdruk wordt geregeld door de aan- en afvoer van het kamerwater. Wanneer dit evenwicht is verstoord, dan leidt de verhoogde oogdruk tot een slechtere doorbloeding in het netvlies en tot beschadiging en uitval van zenuwvezels met als gevolg de uitval van een deel van het gezichtsveld. Meestal betreft de uitval het perifere gezichtsveld en blijft het centrale gezichtsveld het langst intact. De patiënt ziet wazige of zwarte vlekken in zijn gezichtsveld of ziet alles door een wazige of zwarte tunnel (*kokerzien*).

Er bestaan verschillende aandoeningen van het netvlies waarvan de bekendste zijn de macula degeneratie en de netvliesloslating. Bij een *macula degeneratie* is er sprake van 'veroudering' van het netvlies in en rond de gele vlek. De gezichtsscherpte en het kleuren zien nemen daardoor af. Het perifere gezichtsveld blijft meestal intact. De patiënt ziet alles wazig en ziet vaak ook een vlek in het centrum van het gezichtsveld.

Netvliesloslating ontstaat meestal doordat het glasachtig lichaam loslaat van het netvlies. Dit leidt tot scheurtjes in het netvlies en uitval van de fotoreceptoren. De patiënt ziet een donkere, wazige vlek aan de rand van zijn gezichtsveld die zich bij verergering uitbreidt naar het midden. Macula degeneratie en netvliesloslating komen voornamelijk voor bij ouderen.

De vier genoemde aandoeningen zijn onverenigbaar met veilig zweefvliegen en leiden dan ook tot medische ongeschiktheid.

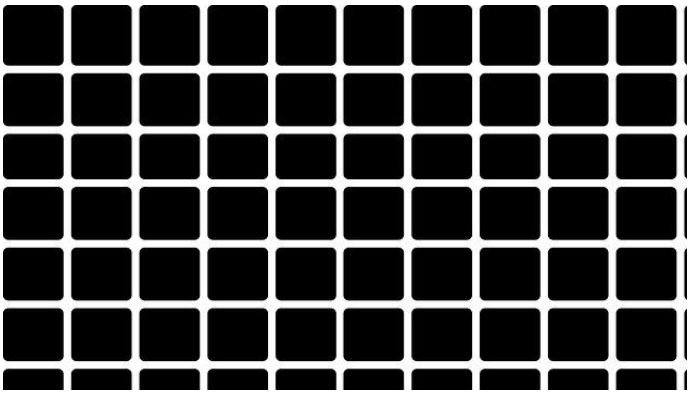
4.9 Visuele illusies (gezichtsbedrog)

Een *visuele* of *optische illusie* (*gezichtsbedrog*) is een onjuiste interpretatie van de visuele prikkels die op je netvlies vallen. Een bekend voorbeeld van een visuele illusie is de luchtspiegeling of fata morgana. Deze vorm van gezichtsbedrog heeft te maken met de breking van het licht door de temperatuurverschillen in de luchtlagen boven de grond op een hete dag. De luchtlagen gaan als lens werken en het scheidingsvlak tussen de luchtlagen kan als een spiegel gaan werken. Op een hete dag lijkt het of er water ligt op het asfalt van een weg en als er in de verte een auto over de weg rijdt, zie je ook een weerspiegeling van de auto. Tijdens een hete vliegdag kunnen er luchtspiegelingen optreden op een start- en landingsbaan van zwart asfalt. Tijdens de start zal de luchtspiegeling wellicht in de verte zichtbaar zijn, maar tijdens de landing zul je er geen last van hebben, omdat het effect verdwijnt als je vanaf enige hoogte neerkijkt op de start- en landingsbaan.

Andere vormen van gezichtsbedrog zijn gebaseerd op de werking van het oog (*fysiologische of perifere illusie*) of op de wijze waarop de visuele prikkels in je hersenen worden verwerkt tot waarnemingen (*psychologische of centrale illusie*). In paragraaf 4.9.1 bespreken we enkele voorbeelden van fysiologische illusies. In paragraaf 4.9.2 komen enkele voorbeelden aan bod van psychologische illusies die van belang zijn voor het zweefvliegen. In paragraaf 4.9.3 bespreken we een bijzonder verschijnsel, de lichtsflitsduizeligheid (*flicker vertigo*).

4.9.1 Perifere visuele illusies

Wanneer je zonder te focussen kijkt naar het rooster in onderstaand figuur, dan verschijnen er zwarte vlekjes op de kruispunten van de witte lijnen. Deze illusie ontstaat, omdat de staafjes in je netvlies die worden geprikkeld door de witte lijnen, de vlak daarnaast gelegen staafjes afremmen. Deze afgeremde staafjes zenden dan een 'zwart' signaal uit. Dit verschijnsel heet *laterale inhibitie*.



Een *nabeeld* is eveneens een fysiologische illusie. Wanneer je gedurende een halve minuut je blik focust op de vier zwarte punten in het midden van de onderstaande tekening en vervolgens kijkt naar het witte vlak naast de tekening, dan zie je daarin het gezicht van Christus verschijnen.

Deze illusie is het gevolg van de gewenning van de staafjes die door de witte gebieden in de tekening werden geprikkeld. Kijk je vervolgens naar het witte vlak dan zullen de staafjes die zijn geprikkeld door de witte vlakken in de tekening, minder sterk reageren dan de staafjes die niet

zijn geprikkeld (de zwarte vlakken in de tekening). Je ziet daarom even een nabeeld van een donker gezicht tegen een lichte achtergrond. Als zweefvlieger zou je een nabeeld kunnen zien als je langere tijd kijkt naar de witte wijzers en cijfers van één van je instrumenten en vervolgens kijkt naar een witte wolk.

Het autokinetisch effect is de schijnbare beweging van een stilstaand voorwerp in het donker of bij slecht zicht. *Autokinese* ontstaat door de kleine bewegingen die je ogen voortdurend maken. Als je ogen focussen op een voorwerp dat zich in een verder contrastloze omgeving bevindt, zoals een lichtpunt tegen een donkere achtergrond, dan interpreteren je hersenen de oogbewegingen als een beweging van het voorwerp. Je ziet een autokinese als je bij een heldere hemel langdurig naar één ster kijkt. De ster lijkt dan te bewegen. Aangezien zweefvliegen alleen overdag plaatsvindt en bij goede zichtcondities (visual flight rules = VFR), komt zo'n autokinese niet voor bij het zweefvliegen.

Perifere visuele illusies vormen normaliter dus geen probleem voor zweefvliegers. Centrale illusies kunnen daarentegen wel een probleem vormen, zoals blijkt uit de volgende paragraaf.

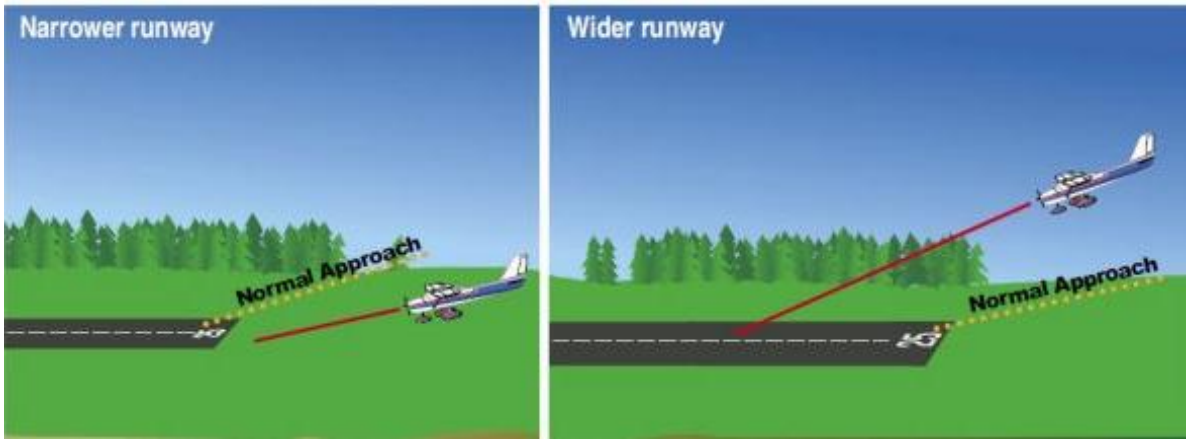
4.9.2 Centrale visuele illusies

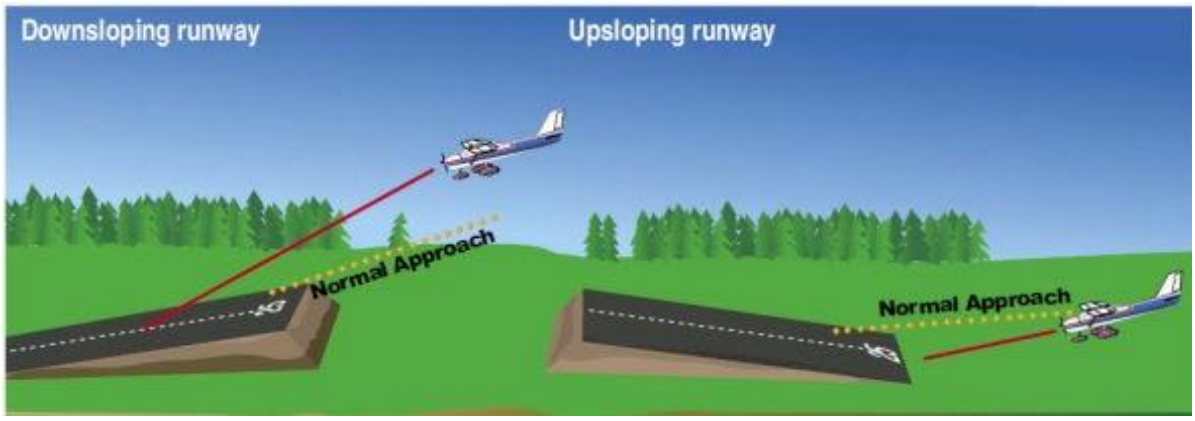
In hoofdstuk 2 hebben we besproken dat er bij de verwerking van de visuele prikkels diverse centrale processen zoals aandacht, herkenning, verbeelding, motivatie en emoties, zijn betrokken. Bij centrale illusies is deze prikkelverwerking verstoord, zodat je niet waarneemt wat er feitelijk gebeurt in je omgeving.

Er bestaan veel centraal visuele illusies. De website https://www.alletop10lijstjes.nl/top-10-optische-illusies/ laat een aantal bekende illusies zien. We beperken ons hier tot enkele visuele illusies waarmee je als zweefvlieger te maken kunt hebben.

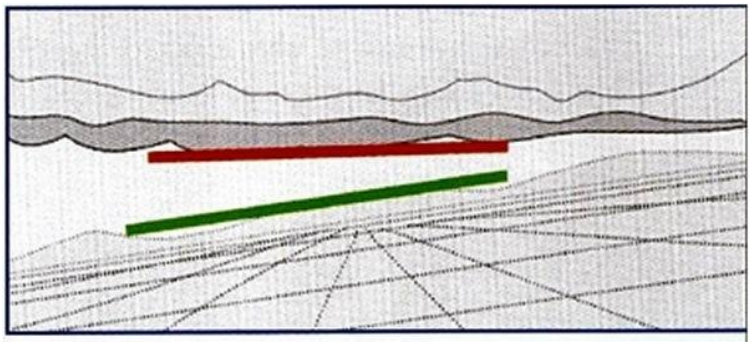
Perspectief illusies zijn voor zweefvliegers de belangrijkste centraal visuele illusies, omdat deze illusies leiden tot een onjuiste inschatting van de afstand tot voorwerpen in de lucht of tot de grond. Een veel voorkomende perspectief illusie is het ontbreken van voldoende aanwijzingen om een juiste inschatting te kunnen maken van afstand en hoogte, zoals bij het landen op een brede landingsbaan van zwart asfalt, op een besneeuwd veld, in heiige condities of in de schemering. Je schat je hoogte dan hoger in dan deze in feite is, je komt daardoor te laag binnen en/of je rond te laat af (eng: *black-hole approach*). Landen in de regen kan eenzelfde illusie geven.

Perspectief illusie treedt ook op wanneer het landingsveld afwijkt van het veld dat je gewend bent. Dit kan leiden tot een te hoge of te lage nadering van het veld. De onderstaande tekeningen laten de verschillende mogelijkheden zien.





Bij een landingsbaan die smaller is dan wat je gewend bent, lijkt het alsof je hoger zit en verder weg bent. Daardoor kun je de landingsbaan te laag naderen en bij veel tegenwind de baan niet halen (eng: *undershoot*). Bij een landingsbaan die breder is dan wat je gewend bent, schat je de afstand en hoogte te laag in. Je landt over je doellandingsveld heen (eng: *overshoot*). Bij een korte baan en rugwind kan de baan dan te kort blijken te zijn. Een vergelijkbare situatie doet zich voor bij een landingsbaan die oploopt of naar beneden loopt. Bij een aflopende baan schat je de afstand en hoogte te laag in en kom je te hoog binnen (overshoot). Bij een oplopende baan schat je de afstand en hoogte te hoog in en kom je feitelijk te laag binnen (undershoot).



Daarnaast kun je last hebben van een horizon illusie. Als je vlak onder de wolken vliegt en de wolk is aan een kant lager, dan kun je zonder het te merken niet horizontaal, maar evenwijdig aan de onderkant van de wolk gaan vliegen, zoals de tekening laat zien.

Een vergelijkbare horizon illusie doet zich voor bij een buitenlanding op een veld dat in de dwarsrichting oploopt. Je kunt dan de landing met dwarshelling aanvliegen, omdat je het landingsveld als horizon gebruikt.

4.9.3 Lichtflitsduizeligheid

Flicker vertigo betekent duizeligheid door lichtflitsen. Sommige mensen hebben last van deze lichtflitsgevoeligheid, wanneer ze kijken naar vrij felle lichtflitsen tussen de 1 en 20 keer per seconde (1 - 20 Hz). Een draaiende propeller waar de zon doorheen schijnt, een bomenrij langs een zonverlichte weg of een anti-collision licht in het donker geven dit soort lichtflitsen. De visuele prikkels die door de lichtflitsen worden opgeroepen, hebben een verstorend effect op een aantal gebieden in de hersenen. Mensen die gevoelig zijn voor lichtflitsen, worden duizelig, krijgen hoofdpijn en worden soms ook misselijk. Sommige mensen krijgen zelfs verlammingsverschijnselen of spiertrekkingen. De verschijnselen verdwijnen vrijwel direct nadat de lichtflitsen zijn gestopt. Mensen met epilepsie zijn vaak gevoelig voor flicker vertigo. De lichtflitsen kunnen bij hen een epileptische aanval uitlokken.

4.10 Samenvatting

De ogen zijn verreweg het belangrijkste zintuig voor een zweefvlieger. De onderdelen van het oog zijn het hoornvlies, de voorste oogkamer, het regenboogvlies met de pupil, de achterste oogkamer, de ooglens, het glasachtig lichaam, het netvlies, de oogzenuw en de oogrok. De

blinde vlek is de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat. Op het netvlies liggen staafjes en kegeltjes (fotoreceptoren). De kegeltjes liggen geconcentreerd in de gele vlek en zorgen voor het scherp zien van details en het zien van kleuren. Dit is je centrale gezichtsveld. Er zijn drie soorten kegeltjes die ieder gevoelig zijn voor een specifiek deel van het lichtspectrum. De relatieve lichtintensiteit van het lichtspectrum dat een voorwerp naar je ogen terugkaatst, bepaalt de kleur van het voorwerp. De totale intensiteit van het teruggekaatste licht bepaalt de helderheid van de kleur. De staafjes liggen verspreid over het hele netvlies in je perifere gezichtsveld. De staafjes geven alleen contrasten (zwart-wit) weer en leveren een vrij vaag beeld op. Met de staafjes kun je details niet scherp waarnemen. De staafjes zijn veel lichtgevoeliger dan de kegeltjes en zijn nodig om bij zwak licht te kunnen zien.

Het hoornvlies en de ooglens vormen samen het lenssysteem dat zorgt voor een scherp beeld op het netvlies. De ooglensspieren kunnen de ooglens boller maken, zodat voorwerpen dichtbij scherp kunnen worden gezien (accommoderen). De verkleining van de pupil vermindert de hoeveelheid licht dat op het netvlies valt. Het belangrijkste adaptatiemechanisme bevindt zich echter in de fotoreceptoren van het netvlies.

Je gezichtsscherpte geeft aan in hoeverre je details op enige afstand scherp kunt waarnemen. Je kunt alleen scherp zien met je centrale gezichtsveld. In je perifere gezichtsveld zie je onscherp. Uit de stand van je ogen en uit de plaats waarop het beeld wordt geprojecteerd op je beide netvliezen kunnen je hersenen tot ongeveer 6 meter de afstand tot een voorwerp afleiden. Voor diepte zien en het inschatten van grotere afstanden gebruik je perspectief aanwijzingen en de relatieve bewegingssnelheid. Om botsingen te voorkomen moet je je afstand en beweging ten opzichte van andere zweefvliegtuigen tijdig en goed waarnemen.

Bijziendheid en verziendheid zijn veel voorkomende oogafwijkingen die goed zijn te corrigeren met een bril of contactlenzen. Bijziendheid betekent dat voorwerpen veraf vóór het netvlies worden geprojecteerd. Bij verziendheid worden voorwerpen dichtbij achter het netvlies geprojecteerd. Oude mensen hebben vaak last van verziendheid, omdat hun ooglens niet meer voldoende kan accommoderen. Rood-groen kleurenzwakte komt eveneens vaak voor en dan vooral bij mannen. Andere oogaandoeningen, zoals staar, glaucoom en netvliesafwijkingen zijn onverenigbaar met veilig zweefvliegen.

Bij een visuele of optische illusie is er sprake van een onjuiste interpretatie van visuele prikkels. Bij perifere of fysiologische illusies, zoals laterale inhibitie, een nabeeld en autokinese, geven de zintuigcellen onjuiste prikkels door. Bij centrale of psychologische illusies is er sprake van een onjuiste interpretatie van op zichzelf correcte visuele prikkels. Voor het zweefvliegen zijn vooral perspectief illusies van belang. Bij het ontbreken van visuele prikkels of bij verwarrende visuele prikkels kunnen de hoogte en afstand tot de grond onjuist worden ingeschat met als gevolg een te hoge of te lage nadering van het landingsveld.

Sommige mensen zijn gevoelig voor lichtflitsen met een frequentie van 1 tot 20 Hertz. Bij hen leidt de lichtflitsgevoeligheid tot duizeligheid, hoofdpijn en misselijkheid. Epilepsie patiënten zijn vaak extra gevoelig en bij hen kunnen de lichtflitsen een epileptische aanval uitlokken.

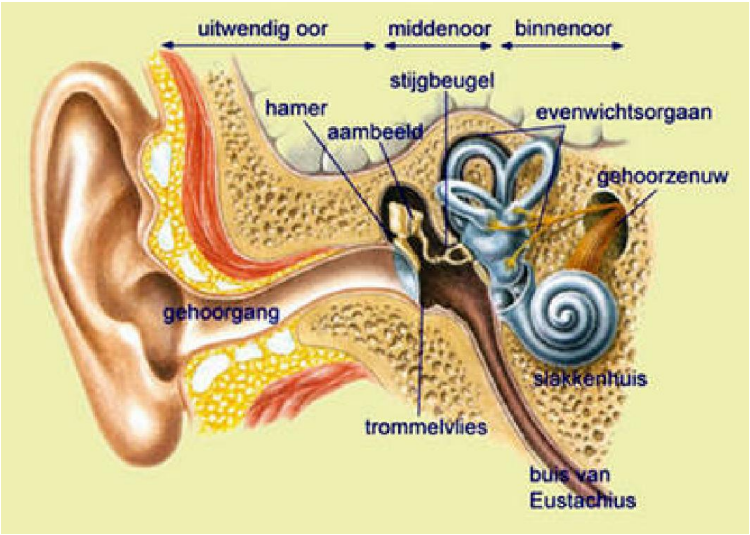
Hoofdstuk 5: Gehoor, evenwicht en bewegingsillusies

5.0 Inleiding

Je ogen zijn weliswaar het belangrijkste zintuig voor zweefvliegen, maar je gehoor en je evenwichtsorgaan heb je eveneens nodig om veilig te kunnen zweefvliegen. Kennis van je gehoor en evenwicht maakt dan ook onderdeel uit van het vak "Menselijke prestaties en beperkingen". In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk bespreken we de bouw van het oor en het evenwichtsorgaan. In de daarop volgende paragrafen gaan we in op het belang van het gehoor voor zweefvliegen, gehoorbeschadiging en gehoorstoornissen en maken we een uitstapje naar de problemen die door de luchtdrukveranderingen tijdens het vliegen kunnen ontstaan in de luchthoudende holtes in je hoofd. Vervolgens gaan we uitgebreid in op de functie en werking van het evenwichtsorgaan en op de evenwichts- en bewegingsillusies.

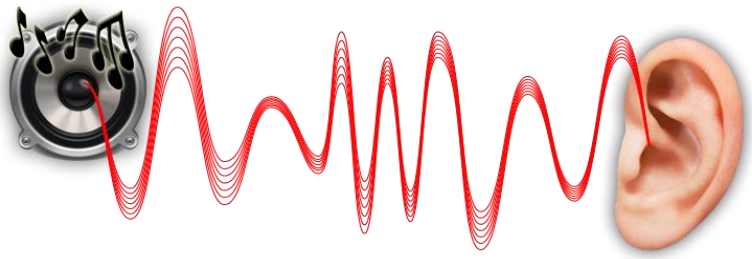
5.1 De bouw van het gehoor

Je oren aan de zijkant van je hoofd zijn maar een klein deel van je gehoor. Onderstaande figuur laat het hele plaatje zien.



Het oor bestaat uit drie gedeelten. Het *uitwendige oor* omvat het gedeelte dat je kunt zien: de *oorschelp* en de *gehoorgang*. Geluidstrillingen in de lucht worden opgevangen door je oorschelp en bereiken via de gehoorgang het *trommelvlies*. De geluidstrillingen worden omgezet in trillingen van het trommelvlies. Het trommelvlies geeft de trillingen door aan de drie *gehoorbeentjes* (hamer, aambeeld en stijgbeugel) in het *middenoor*. Het laatste gehoorbeentje, de stijgbeugel, drukt tegen het *ovale venster* dat het binnenoor afsluit. De drie gehoorbeentjes werken als een soort versterker, zodat er een voldoende sterke trilling ontstaat in het ovale venster. Het middenoor is een luchthoudende holte die met de neus/keelholte is verbonden via de *buis van Eustachius*. Het *binnenoor* ligt in een holte in de schedel en bestaat uit het *slakkenhuis* met daarin trillingsgevoelige zintuigcellen die de geluidstrillingen omzetten in zenuwprikkels. Vanuit het slakkenhuis loopt de gehoorzenuw naar de hersenen.

5.2 Geluid en horen



Geluid ontstaat door de trilling van luchtdeeltjes. Geluid plant zich voort met een snelheid van ongeveer 340 m/sec (1225 km/uur). De geluidstrillingen gaan een aantal malen per seconde heen en weer (*frequentie*) en hebben een bepaalde sterkte (*amplitude*). Het menselijk oor kan geluid waarnemen tussen 20 Hertz en 20.000 Hertz (1 Hertz is 1 trilling per seconde). Iedere frequentie staat voor een bepaalde toonhoogte. De geluidssterkte wordt gewoonlijk uitgedrukt in decibel (1 dB = 0,1 Bel) en is een maat voor de energie van de geluidstrillingen (*geluidsdruk*). 0 decibel is de geluidssterkte van een toon van 1000 Hertz die een gezond oor nog net kan waarnemen (*geluidsdrempel*). De decibelschaal loopt op in logaritmische stappen. Een gesprek heeft een geluidssterkte van ongeveer 60 decibel dat wil zeggen ongeveer 10^6 = 1 miljoen maal meer geluidsdruk dan de geluidsdrempel. Autoverkeer heeft een geluidssterkte van ongeveer 100 decibel. Dat is 10^{10} = 10 miljard maal meer geluidsdruk dan de geluidsdrempel. Een opstijgend straalvliegtuig heeft een geluidssterkte van ongeveer 140 decibel dat wil zeggen 10^{14} maal meer geluidsdruk dan de geluidsdrempel. De pijngrens voor geluid ligt bij ongeveer 135 decibel.

Om te kunnen zweefvliegen heb je je gehoor nodig. Je overlegt met andere clubleden tijdens de briefing, op het veld en als je in een tweezitter vliegt, ook in de lucht. Tijdens het vliegen heb je radiocontact met het grondstation en eventueel ook met de verkeersleiding van vliegvelden. Bij de meeste zweefvliegclubs is er tevens radiocontact tussen de lierist en de startplaats of tussen de sleepvlieger, de startplaats en de zweefvlieger. In de cockpit hoor je allerlei geluiden. Als je bijvoorbeeld de remkleppen in de 'lock' duwt, geeft dat een kenmerkend geluid. Het windgeraas langs de cockpit is een globale snelheidsindicator, die je waarschuwt als je te snel of te langzaam vliegt. Geluiden betekenen ook vaak een waarschuwing voor een gevaar dat je niet ziet, zoals een kabelwagen die je van achteren nadert.

5.2.1 Gehoorvermindering

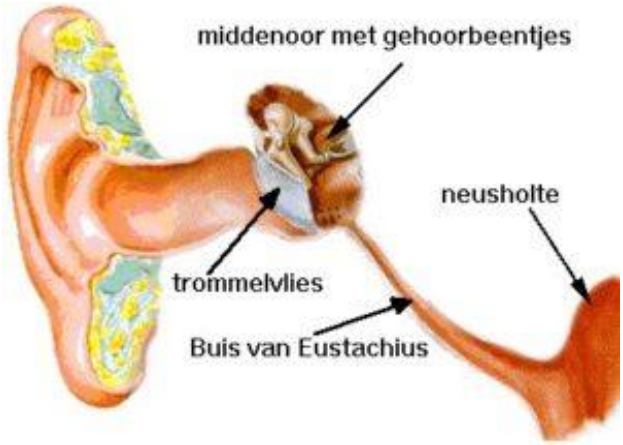
Langdurige blootstelling aan geluid van 85 decibel, dat wil zeggen $10^{8.5}$ = 316 miljoen maal de drempelwaarde, en meer leidt tot *gehoorschade* (eng: *Noice Induced Hearing Loss*). Het is dan ook raadzaam om blootstelling aan harde geluiden zo veel mogelijk te vermijden. Gebruik zo nodig oordoppen of nog beter gehoorbeschermers, zoals bij het rijden op een tractor en in de buurt van de lier. Volgens de arbeidsomstandighedenwet (ARBO wet) moet een zweefvliegvereniging zorgen voor gehoorbescherming bij blootstelling aan meer dan 80 decibel en is het dragen van gehoorbescherming verplicht bij blootstelling aan meer dan 85 decibel.

Naarmate je ouder wordt, wordt je gehoor slechter. De geluidsdrempel voor de verschillende toonhoogten (frequenties) neemt toe en het frequentiebereik neemt af. Oudere mensen kunnen met name de hoge tonen boven 16.000 Hertz niet meer waarnemen.

Tijdens de medische keuring beoordeelt de keuringsarts of je een gesprek op twee meter afstand goed kunt verstaan. Oorontstekingen of andere ooraandoeningen die je gehoor ernstig verminderen, leiden tot (tijdelijke) ongeschiktheid voor zweefvliegen.

5.3 Druk in het middenoor

Het middenoor is een luchthoudende holte in je schedel die van het buitenoor is afgesloten door het trommelvlies. Volgens de *gaswet van Boyle* neemt in een afgesloten ruimte het volume af als de druk toeneemt en omgekeerd (Druk x Volume = Constant). Het middenoor is echter niet elastisch en kan veranderingen in de omgevingsdruk niet vereffenen door groter of kleiner te worden.



Via de buis van Eustachius die het middenoor verbindt met je keel/neusholte, kan er echter lucht het middenoor in- en uitstromen en blijft de druk in je middenoor gelijk aan de druk in de buitenlucht.

Bij een forse verkoudheid, griep of een keelontsteking is de buis van Eustachius vaak verstopt. Een verstopping van de buis van Eustachius blokkeert de luchtdoorstroming en leidt bij drukveranderingen in de buitenlucht tot irritatie en beschadiging van het weefsel in het middenoor. Er is sprake van een drukletsel (*barotrauma*) en je oor doet pijn.

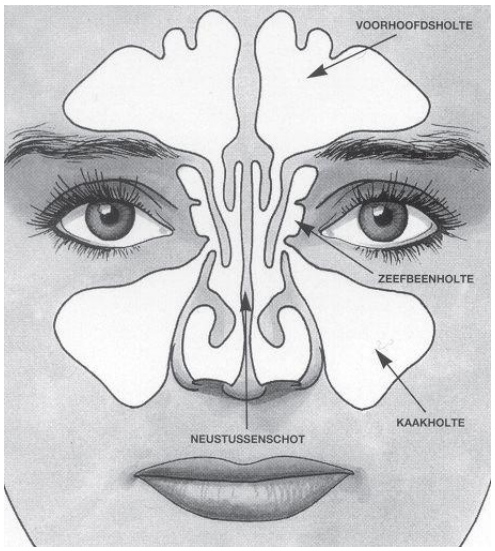
Het binnenoor waartoe ook het evenwichtsorgaan behoort, is met beweeglijke vliezen afgesloten van het middenoor. Plotselinge drukveranderingen in het middenoor kunnen het naastgelegen evenwichtsorgaan prikkelen. Prikkeling van het evenwichtsorgaan aan één kant zonder gelijktijdige prikkeling van het evenwichtsorgaan aan de andere kant, leidt tot duizeligheid en desoriëntatie. Dit verschijnsel heet *alternobaro vertigo* en kan optreden als de druk in één van beide middenoren niet kan worden vereffend, omdat de buis van Eustachius is verstopt.

Als de irritatie van het middenoor lang aanhoudt, vult het middenoor zich met weefselvocht dat kan gaan ontsteken. Vocht in het middenoor geeft gehoorverlies. Bij een langdurige ontsteking kan blijvende gehoorschade optreden, omdat dan de gehoorbeentjes worden aangetast. Door een plotselinge drukverandering kan bovendien het trommelvlies scheuren en ook dan treedt gehoorschade op. Scheuring van een trommelvlies is zeer pijnlijk en je kunt bovendien last krijgen van duizeligheid, omdat de plotselinge drukverandering in het kapotte oor het naastgelegen evenwichtsorgaan prikkelt.

Je kunt testen of je beide buizen van Eustachius open zijn door je *oren te klaren*. Knijp je neus dicht, houd ook je mond dicht, kijk iets omhoog en pers lucht in je neus alsof je je neus snuit. Als de buizen open zijn, dan voel je je trommelvliezen bewegen en hoor je gepiep, gesis en/of een plofje. Indien een buis van Eustachius blijvend is afgesloten, dan kan met een buisje in het trommelvlies een verbinding worden gemaakt tussen het middenoor en de buitenlucht. Vooral bij kinderen wordt vaak zo'n buisje geplaatst, omdat bij hen de buis van Eustachius nog niet is volgroeid.

5.4 Druk in de hoofdholtes

Behalve je beide middenoren heb je nog twee voorhoofdsholtes en twee kaakholtes (*sinus)* die eveneens met lucht zijn gevuld. Net als je middenoren zijn deze holtes gevoelig voor luchtdrukveranderingen. De holtes staan echter in verbinding met je neusholte en de luchtdrukveranderingen kunnen zo worden vereffend. Wanneer de uitgangen naar je neusholte verstopt zijn (eng: *sinus block*) door een verkoudheid, luchtweginfectie of allergie, dan krijg je bij drukveranderingen hoofdpijn boven je ogen en/of pijn in je bovenkaak die lijkt op kiespijn. Je kunt dan tevens een bloedneus krijgen. Aangezien de voorhoofds- en kaakholtes meestal pas



gaan opspelen tijdens het dalen (druktoename) en je uiteindelijk toch moet landen, ontkom je dan niet aan de pijn als de verbindingen tussen je neusholte en de hoofdholtes verstopt zijn.

Tijdens het vliegen verandert de luchtdruk om je heen voortdurend, zoals je kunt zien op je hoogtemeter en variometer. Om als zweefvlieger geen last te hebben van je oren en je hoofdholtes, moet de verbinding tussen deze holtes en de buitenlucht open zijn. Het klaren van je oren is daarvoor een betrouwbare test. Lukt het klaren niet, dan moet je niet gaan vliegen.

De verstoppingen zouden wellicht kunnen worden opgeheven met neussprays of neusdruppels, maar het gebruik hiervan wordt afgeraden, omdat deze middelen relatief kortdurend werken en bovendien bijwerkingen kunnen hebben die je vliegprestaties beïnvloeden.

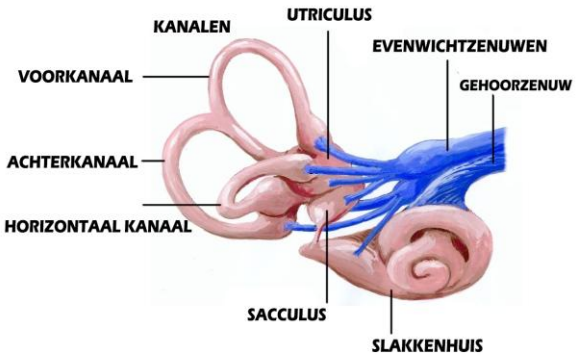
Tot slot wijzen we op de kiespijn die kan ontstaan door drukveranderingen, omdat er zich lucht bevindt onder de vulling van een kies. De enige oplossing hiervoor is om de kies opnieuw te laten vullen.

5.5 Ervaren van beweging en evenwicht

Je evenwichtsgevoel en het ervaren van bewegingen berust op een samenwerking tussen je ogen (*visueel systeem*), je evenwichtsorganen (*vestibulair systeem*) en de terugkoppeling vanuit je spieren, pezen en huid (tastzin) over de stand van je hoofd en lichaam ten opzichte van de zwaartekracht en andere versnellingskrachten (*somatosensorisch systeem* = lichaamsgevoel). De informatie van het somatosensorisch systeem wordt *propriocepsis* (zelfwaarneming) of *kinesthesie* (bewegingsgewaarwording) genoemd. Je voelt bijvoorbeeld dat je in je stoeltje wordt gedrukt tijdens de versnelling aan het begin van een lierstart. De propriocepsis is zeer belangrijk om bewegingen op een gecontroleerde en vloeiende manier te kunnen uitvoeren.

Als alle zintuigen voldoende informatie leveren en de informatie ook met elkaar in overeenstemming is, dan kun je erop vertrouwen dat je waarneming van je oriëntatie en bewegingen in de ruimte klopt met de werkelijkheid. Je maakt gebruik van alle informatie om optimaal te vliegen. Je voelt bijvoorbeeld wanneer je een thermiekbel binnenvliegt en wanneer je er weer wordt uitgeduwd nog voordat je dit ziet op de variometer. Ervaren zweefvliegers spreken van "*seat-of-the-pants*" (op-je-zitvlakgevoel) vliegen. Wanneer echter een van de betrokken zintuigen onvoldoende of onduidelijke informatie biedt, dan kan je evenwichts- en bewegingsgevoel je misleiden. Vooral het ontbreken van visuele informatie leidt tot allerlei oriëntatie- en bewegingsillusies die we bespreken in paragraaf 5.7. Ook de propriocepsis is volstrekt onbetrouwbaar als de informatie hiervan niet wordt ondersteund door informatie van je visueel en vestibulair systeem.

5.6 Het evenwichtsorgaan



In de schedelholte boven het slakkenhuis ligt het *evenwichtsorgaan* (*vestubulaire systeem*). Het evenwichtsorgaan bestaat uit drie *halfcirkelvormige kanalen* (voorkanaal, achterkanaal en horizontaal kanaal) die loodrecht op elkaar staan, en de *otolietorganen* (*oorsteenorganen*). Dit zijn twee uitstulpingen aan de basis van het evenwichtsorgaan die *sacculus* en *utriculus* (zakjes) worden genoemd. De evenwichtszenuw loopt samen met de gehoorzenuw naar de hersenen.

Je evenwichtsorganen vervullen een belangrijke rol in de samenwerking. In de eerste plaats signaleren je evenwichtsorganen de stand en positieveranderingen van je hoofd en lichaam. Daarnaast sturen je evenwichtsorganen mede onder invloed van de propriocepsis de reflexen aan die je lichaam in evenwicht houden (*steunmotoriek*). Ook sturen je evenwichtsorganen je oogspieren aan, zodat je ogen zich kunnen blijven focussen op voorwerpen in de omgeving ongeacht de stand en beweging van je hoofd en je lichaam (*blikmotoriek*).

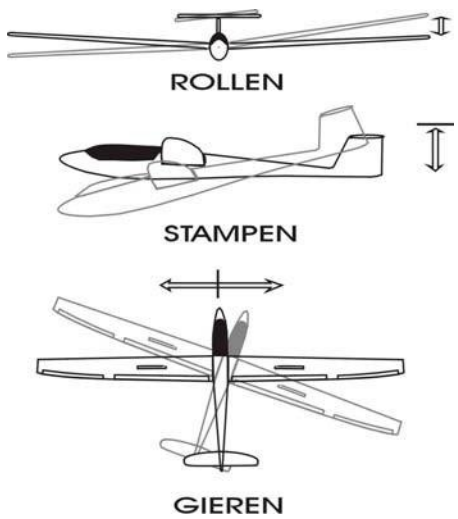
De *nystagmus* (*oogsiddering*) is het duidelijkste voorbeeld van de blikmotoriek en bestaat uit een afwisselend langzame en snelle oogbeweging die wordt aangestuurd door je evenwichtsorganen. Tijdens een beweging van je hoofd en/of lichaam focussen je ogen telkens op een voorwerp dat door je gezichtsveld beweegt. Je ogen volgen het voorwerp tijdens de beweging totdat het uit je gezichtsveld verdwijnt en maken vervolgens een zeer snelle beweging terug om op een volgend voorwerp te kunnen focussen. Op deze manier kun je bijvoorbeeld bomen langs de weg scherp zien, ondanks dat je er met grote snelheid langsrijdt.

Iedere beweging heeft een richting en snelheid en je evenwichtsorganen registreren de veranderingen in de bewegingsrichting en de bewegingssnelheid. Veranderingen in de bewegingsrichting zijn *draai-* of *hoekversnellingen* en deze worden vooral geregistreerd door de *halfcirkelvormige kanalen*. Veranderingen in de bewegingssnelheid zijn *lineaire versnellingen* en deze worden vooral geregistreerd door de *otolietorganen*.

Je beide evenwichtsorganen liggen gespiegeld ten opzichte van elkaar in je hoofd. De zintuiglijke prikkels die in je evenwichtsorganen worden opgewekt, bereiken dan "gespiegeld" ten opzichte van elkaar je hersenen. Als je bijvoorbeeld je hoofd naar links draait, dan gaat je linker evenwichtsorgaan naar achteren en je rechter evenwichtsorgaan naar voren. Je evenwichtsorganen geven deze tegengestelde signalen aan je hersenen door en je hersenen maken hiervan gebruik om de draairichting en draaisnelheid nauwkeurig vast te stellen.

5.6.1 De halfcirkelvormige kanalen

De halfcirkelvormige kanalen zijn gevuld met een heldere vloeistof (*endolymfe*). De onderzijde van ieder kanaal is verdikt (*ampulla* = buisverwijding) en bevat bewegingsgevoelige zintuigcellen. Bij een verandering van de bewegingsrichting van je lichaam en/of je hoofd draaien de halfcirkelvormige kanalen mee. Ook de vloeistof in de kanalen gaat meebewegen, maar door de massatraagheid blijft de vloeistof achter bij de beweging. Er ontstaat daardoor een stroming van de vloeistof in het kanaal. Deze stroming wordt door de zintuigcellen in de ampullae geregistreerd en doorgegeven aan de hersenen. Vooral de vloeistof in het halfcirkelvormige kanaal dat in hetzelfde vlak ligt als de draaibewegingsrichting, blijft het meeste achter en zal ook het sterkste gaan stromen. In de ampulla van dit kanaal ontstaan dan ook de sterkste zenuwprikkels. Zo registreer je niet alleen dat er een verandering is in de bewegingsrichting, maar ook in welke richting deze verandering plaatsvindt. Aangezien er drie halfcirkelvormige



kanalen zijn die loodrecht op elkaar staan, kun je een bewegingsverandering in iedere draairichting registreren: helling (rollen), omhoog-omlaag (stampen) en links-rechts (gieren), zoals de tekening laat zien.

5.6.2 De otolietorganen: sacculus en utriculus

De *otolietorganen* dienen voor het registreren van rechtlijnige (lineaire) veranderingen in de bewegingssnelheid en van de stand van het hoofd ten opzichte van de zwaartekracht. Als je je hoofd rechtop houdt, ligt de sacculus verticaal en ligt de utriculus horizontaal. In beide otolietorganen liggen zintuigcellen ingebed in een geleiachtige laag (*otolietmembraan*) met daarop heel kleine steentjes (*otolieten = oorstenen*). De zwaartekracht duwt de steentjes naar beneden en de zintuigcellen registreren deze 'druk' van de steentjes. De otolietorganen geven op deze manier aan je hersenen door hoe op elk moment de stand van je hoofd is ten opzichte van de zwaartekracht. Bij een verandering van deze stand schuiven de steentjes over de membraan en prikkelen daarmee de zintuigcellen.

Een snelheidsverandering (versnelling of vertraging) is het gevolg van een kracht. Deze kracht grijpt aan op de oorsteentjes. De resultante van deze kracht en de zwaartekracht brengt de oorsteentjes op het otolietmembraan in beweging en prikkelt de zintuigcellen. Zo registreren de otolietorganen de rechtlijnige snelheidsveranderingen die het hoofd ondergaat. Een horizontale snelheidsverandering (voorwaarts-achterwaarts en zijwaarts) wordt vooral door de *utriculus* geregistreerd en een verticale snelheidsverandering (omhoog-omlaag) wordt vooral door de *sacculus* geregistreerd.

5.7 Beperkingen van het evenwichtsorgaan

De halfcirkelvormige kanalen en de otolietorganen kunnen geen constante bewegingen (snelheid), maar alleen bewegingsveranderingen (versnellingen) detecteren. Als na een draaibewegingsverandering de beweging voortgaat met een constante draaisnelheid, dan komt de vloeistof in de halfcirkelvormige kanalen tot rust en worden de zintuigcellen in de ampullae niet meer geprikkeld. Wanneer vervolgens de draaiing stopt, dan gaat de vloeistof in de kanalen in de tegengestelde richting stromen en registreren de zintuigcellen in de kanalen een draaiing de tegengestelde kant op.

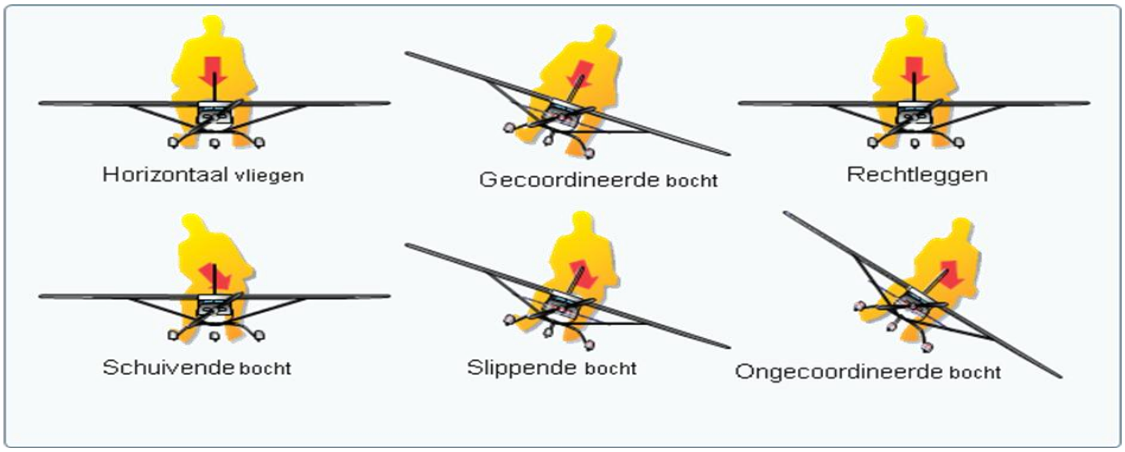
Een vergelijkbaar mechanisme doet zich voor in de otolietorganen. Als na een rechtlijnige versnelling de beweging voortgaat met een constante snelheid, dan zullen de oorsteentjes terugkeren naar hun oorspronkelijke positie. Wanneer de beweging stopt, dan registreren de otolietorganen deze vertraging als een versnelling de andere kant op.

Een bijkomend probleem van de otolietorganen is dat een beweging van de oorsteentjes kan duiden op een verandering van de stand van het hoofd ten opzichte van de zwaartekracht, maar ook kan voortkomen uit de resultante van een versnellingskracht en de zwaartekracht. De zintuigcellen in de otolietorganen en daarmee ook je hersenen kunnen dit onderscheid niet goed maken, zoals de onderstaande tekening laat zien.

Het herstel van de vloeistof in de halfcirkelvormige kanalen en van de steentjes in de otolietorganen duurt ongeveer 10 seconden na het beëindigen van de (draai)bewegingsverandering. Daarna registreert je evenwichtsorgaan geen bewegingsverandering en dus ook geen positieverandering meer. Je hersenen houden het signaal van je evenwichtsorgaan echter wat langer vast, maar na ongeveer 20 seconden ervaar je ook geen bewegingsverandering en positieverandering meer.

De gevoeligheid van het evenwichtsorgaan is eveneens een beperkende factor. De zintuigcellen in de halfcirkelvormige kanalen en in de otolietorganen reageren alleen als de bewegingsverandering boven een zekere *drempelwaarde* uitkomt. Je evenwichtsorgaan detecteert geen (draai)bewegingen die heel langzaam op gang komen. Je otolietorganen registreren ook geen kleine veranderingen in de (zwaarte)kracht die op de oorsteentjes werkt. Je evenwichtsorganen reageren dan ook niet als je een flauwe bocht maakt.

Als je gecoördineerd horizontaal vliegt (piefje recht), dan grijpt de zwaartekracht loodrecht aan op de dwarsas van het zweefvliegtuig. Bij het maken van een gecoördineerde bocht staat de resultante van de zwaartekracht en de middelpuntvliedende bochtkracht eveneens loodrecht op de dwarsas, zoals de onderstaande figuur laat zien.



De halfcirkelvormige kanalen registreren dan wel het inzetten van de bocht, maar de otolietorganen registreren geen helling als de helling klein is (flauwe bocht). Pas bij een helling van meer dan 20^0 (= 5% krachttoename), reageren de otolietorganen op de toegenomen kracht loodrecht op de dwarsas en voel je ook dat je meer in je stoeltje wordt gedrukt. De otolietorganen reageren wel als je niet gecoördineerd vliegt (piefje scheef). De resultante van de zwaartekracht en de middelpuntvliedende kracht staat dan niet meer loodrecht op de dwarsas van

het zweefvliegtuig, je somatosensorische systeem (priopriocepsis) registreert deze zijwaartse kracht op je lichaam en je voelt dat je naar opzij wordt gedrukt.

Kortom, het evenwichtsorgaan kan geen onderscheid maken tussen bewegingen met een constante (draai)snelheid en stilstand en tussen een verandering van de stand van het hoofd en een rechtlijnige versnelling. Het evenwichtsorgaan is tevens ongevoelig voor kleine bewegingsveranderingen en flauwe bochten. Deze beperkingen kunnen leiden tot illusies die we bespreken in de volgende paragraaf.

5.8 Oriëntatie- en bewegingsillusies

Zoals gezegd, berust het ervaren van je oriëntatie en beweging in de ruimte op een samenwerking tussen je ogen, je evenwichtsorgaan en je propriocepsis. Onvoldoende of strijdige informatie van de verschillende zintuigen kunnen echter tot vergissingen en *ruimtelijke desoriëntatie* leiden. Met name als de visuele informatie te kort schiet, omdat je onvoldoende naar buiten kijkt, de horizon niet in de gaten houdt en daardoor je *visuele referentie* mist, kun je oriëntatie- en bewegingsillusies ervaren. Sommige illusies zijn vooral te wijten aan de onjuiste interpretatie van de signalen van de otolietorganen over de stand van je lichaam en rechtlijnige bewegingsveranderingen. Dit zijn de *somatografische* (lichaamspositie) en *oculografische* (oogpositie) illusies. Andere illusies hebben te maken met een onjuiste interpretatie van draaiversnellingen en dan zijn vooral de halfcirkelvormige kanalen de boosdoener. Dit zijn de *somatogyrale* (lichaamsbeweging) en *oculogyrale* (oogbeweging) illusies.

5.9 Somatografische illusies

De somatografische illusies zijn stijg- en daalillusies die ontstaan door een onjuiste interpretatie van een lineaire versnelling of vertraging. Tijdens het zweefvliegen kunnen de volgende illusies voorkomen.

5.9.1 Neus-omhoog illusie

Aan het begin van de lierstart of bij het inzetten van een duikvlucht versnelt het zweefvliegtuig. Deze versnelling heeft op de otolietorganen hetzelfde effect als je hoofd achterwaarts buigen. Zonder visuele referentie denk je dat je lichaam en daarmee ook de neus van het zweefvliegtuig achterover en dus omhoog gaat. Als reactie kun je dan de neus (teveel) bijprikken.

5.9.2 Neus-omlaag illusie

Bij een kabelbreuk tijdens de lierstart of bij het optrekken uit een duikvlucht, vermindert de snelheid van het zweefvliegtuig. Op je otolietorganen heeft deze vertraging hetzelfde effect als je hoofd naar voren buigen. Zonder visuele referentie denk je dat je lichaam en daarmee ook de neus van het zweefvliegtuig naar omlaag gaat. Als reactie kun je de neus dan verder omhoog trekken met het gevaar dat je het zweefvliegtuig overtrekt.

5.9.3 Inversie illusie

Een plotselinge verandering van de klimstand tijdens het lieren naar de normale vliegstand met de neus iets onder de horizon heeft hetzelfde effect op de otolietorganen als een voorwaartse versnelling. Ook hierdoor kun je het gevoel krijgen dat je hoofd en lichaam achterover vallen. Je ervaart dan de *inversie illusie* (*op-z'n-kop illusie*). Als reactie hierop kun je de neus nog verder naar beneden drukken. Deze reactie versterkt de inversie illusie.

5.9.4 Oculografische illusies

De *oculografische* of *agrafische illusies* zijn een afgeleide van de somatografische illusies. Je oogspieren reageren op de signalen van de otolietorganen. Bij de neus-omhoog illusie gaat je blik automatisch naar beneden en zie je de cockpit van boven naar onderen door je gezichtsveld bewegen. Dit versterkt de onjuiste indruk dat de cockpit en de neus van het zweefvliegtuig omhoog gaat. Hetzelfde gebeurt bij de inversie illusie. Bij de neus-omlaag illusie gaat je blik automatisch omhoog en zie je de cockpit van onderen naar boven door je gezichtsveld bewegen. Dit versterkt de onjuiste indruk dat de cockpit en de neus van het zweefvliegtuig omlaag gaat.

5.10 Somatogyrale illusies

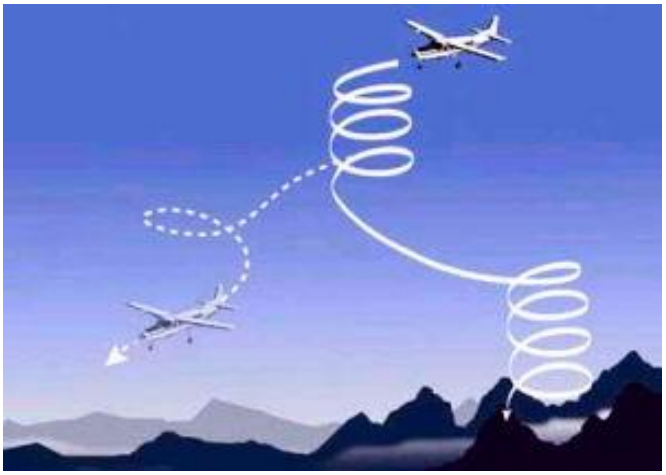
De somatogyrale illusies zijn bochtillusies die ontstaan wanneer je het zweefvliegtuig een bocht laat maken en daarbij onvoldoende let op de horizon en/of op de beweging ten opzichte van de grond (visuele referentie). Voor het zweefvliegen zijn de volgende illusies van belang.

5.10.1 Tegenleunen

Tegenleunen wil zeggen dat je met je hoofd en lichaam gaat hangen in de richting van de bocht die je net hebt beëindigd. Tegenleunen ontstaat wanneer je heel rustig en gecoördineerd een bocht hebt ingezet en aangehouden. De draaiversnelling bleef onder de drempel van de halfcirkelvormige kanalen en ook je otolietorganen reageren niet. Wanneer je vervolgens het zweefvliegtuig horizontaal legt, dan detecteren de halfcirkelvormige kanalen een bocht de andere kant op. Als reactie op deze illusie ga je tegenhangen in de richting van de oorspronkelijke bocht om de gewaarwording dat je naar de andere kant helt, te corrigeren. Zonder visuele referentie kan tegenleunen ertoe leiden dat je een bocht inzet in dezelfde richting als de bocht die je net hebt gemaakt.

5.9.2 Tolvlucht illusie

Als je een tolvlucht naar links inzet, dan ervaar je ook een draaiing naar links. Als je de tolvlucht langere tijd (meer dan 20 seconden) zou aanhouden, dan lijkt de draaiing steeds minder te worden, omdat er geen verandering meer optreedt in de draaisnelheid. Wanneer je vervolgens de tolvlucht beëindigt en het vliegtuig horizontaal legt, dan worden de halfcirkelvormige kanalen weer geprikkeld en heb je het gevoel dat het zweefvliegtuig naar rechts rolt. Als je als reactie hierop je voetenstuur tegentrapt naar links om deze niet bestaande draaiing naar rechts te beëindigen, dan ontstaat er opnieuw een tolvlucht naar links. Het vliegpatroon ziet er dan uit zoals op de bovenstaande tekening.



Bij onvoldoende hoogte heeft een tolvlucht illusie (eng: *graveyard spin*) desastreuze gevolgen. Een tolvlucht oefening moet daarom op voldoende hoogte (meer dan 500 meter) worden uitgevoerd en de tolvlucht mag niet lang worden aangehouden.

5.9.3 Spiraalvlucht illusie

De *spiraalvlucht illusie* werkt min of meer op dezelfde manier als de tolvlucht illusie. Bij het inzetten van een steile bocht naar links, ervaar je ook een

draaiing naar links. Als je deze bocht langere tijd aanhoudt, dan ervaar je steeds minder draaiing. Wanneer je vervolgens het vliegtuig horizontaal legt, dan ervaar je door de prikkeling van de halfcirkelvormige kanalen een rol naar rechts. Om deze niet bestaande rol naar rechts te corrigeren, maak je opnieuw een bocht naar links. Een op lage hoogte lang aangehouden steile bocht kan door de spiraalvlucht illusie (eng: *graveyard spiral*) catastrofaal aflopen.

5.9.4 Coriolis illusie

De *coriolis illusie* ontstaat als je een bocht zo lang aanhoudt dat de vloeistof in de halfcirkelvormige kanalen tot rust is gekomen. Wanneer je vervolgens je hoofd plotseling beweegt in een ander vlak dan de bocht, bijvoorbeeld om over de andere vleugel te kijken of om iets in de cockpit te pakken, dan kun je het gevoel krijgen dat je een andere richting opdraait of naar beneden valt. Je raakt volledig gedesoriënteerd. Hoe het evenwichtsorgaan precies reageert bij de coriolis illusie is niet duidelijk. Waarschijnlijk ontstaat de coriolis illusie door de gelijktijdige prikkeling van de halfcirkelvormige kanalen in verschillende vlakken. Je kunt de coriolis illusie voorkomen door geen plotselinge hoofdbewegingen te maken, terwijl je een bocht vliegt.

5.9.5 Oculogyrale illusies

De oculogyrale illusies zijn een afgeleide van de somatogyrale illusies. Bij de somatogyrale illusies treden automatische oogbewegingen op, zoals de nystagmus (zie paragraaf 5.6). Zonder een visuele referentie buiten het zweefvliegtuig (horizon) waarop je je ogen kunt focussen, zie je voorwerpen in je omgeving die in werkelijkheid stilstaan ten opzichte van jou, zoals je instrumenten, in de tegenovergestelde richting bewegen als de richting die je ervaart door de somatogyrale illusie. Deze schijnbaar bewegende voorwerpen versterken de bijbehorende somatogyrale illusie.

5.11 Luchtziekte

Bij de bovenbeschreven evenwichtsillusies was er sprake van een gebrek aan visuele informatie waardoor je de informatie van je evenwichtsorganen onjuist interpreteerde. De visuele informatie en de informatie van je evenwichtsorganen kunnen ook met elkaar in strijd zijn. Wat je ziet en wat je evenwichtsorganen je laten voelen, kloppen niet met elkaar en je raakt gedesoriënteerd. Daardoor kun je luchtziek worden. *Luchtziekte* is één van de vele vormen van bewegingsziekte (*kinetosis*) en gaat gepaard met de volgende verschijnselen:

- duizeligheid, het gevoel alsof je draait
- lusteloosheid
- onaangenaam gevoel in je maagstreek
- misselijkheid
- bleek worden
- koud en rillerig voelen
- transpireren

Waardoor deze verschijnselen ontstaan is niet geheel duidelijk, maar het heeft waarschijnlijk te maken met een overmaat aan stresshormoon (histamine). Met de volgende maatregelen kun je luchtziekte voorkomen of tegengegaan.

- naar de horizon kijken;
- niet gaan (kaart)lezen;
- actief blijven;

- snelle hoofdbewegingen beperken. Leer je aan om het luchtruim en je instrumenten volgens een vast patroon te scannen, zoals beschreven in paragraaf 2.8;
- regelmatig vliegen om vertrouwd te raken met de bewegingen van het zweefvliegtuig.

Kinderen zijn gevoeliger voor bewegingsziekte dan volwassenen en ouderen hebben er in het algemeen weinig last van. Je groeit er dus overheen. Er zijn diverse medicijnen op de markt tegen bewegingsziekte. Zweefvliegers mogen deze middelen niet gebruiken, omdat de bijwerkingen zoals sufheid en slaperigheid, je ongeschikt maken om te vliegen.

5.11 Samenvatting

Het gehoor bestaat uit drie onderdelen: het buitenoor met de oorschelp en gehoorgang, het middenoor met de gehoorbeentjes en het binnenoor met het slakkenhuis. Het trommelvlies sluit het middenoor af van het buitenoor en draagt de geluidstrillingen van buiten over naar de gehoorbeentjes. De gehoorbeentjes brengen de geluidstrillingen via het ovale venster over naar de zintuigcellen in het slakkenhuis. Het evenwichtsorgaan ligt boven het slakkenhuis en bestaat uit drie halfcirkelvormige kanalen en twee otolietorganen.

Het menselijk oor is in staat om geluidstrillingen waar te nemen tussen 20 en 20.000 Hertz. Ouderen horen vooral de hoge tonen minder goed. De geluidssterkte wordt uitgedrukt in decibel. 0 decibel is de sterkte van een toon van 1000 Hertz die nog net kan worden waargenomen. De pijngrens voor geluid ligt bij ongeveer 135 decibel. Bij langdurige blootstelling aan geluid van meer dan 85 decibel treedt gehoorschade op. Daarom is het dragen van gehoorbescherming verplicht bij blootstelling aan meer dan 85 decibel.

Je middenoor is een luchthoudende holte die via de buis van Eustachius in verbinding staat met de neus/keelholte. Als de buis van Eustachius open is, kan er bij luchtdrukveranderingen lucht in en uit het middenoor stromen. Een verstopping van de buis van Eustachius blokkeert de luchtdoorstroming en leidt bij drukveranderingen in de buitenlucht tot irritatie en beschadiging van het weefsel in het middenoor en zelfs tot scheuren van het trommelvlies (barotrauma). Gezien de voortdurende luchtdrukveranderingen tijdens het zweefvliegen, moeten je buizen van Eustachius open zijn. Je kunt testen of ze open zijn door je oren te klaren.

In je schedel bevinden zich ook twee voorhoofdsholtes en twee kaakholtes. Net als je middenoren zijn deze holtes gevoelig voor luchtdrukveranderingen. Bij een verstopping van de verbinding tussen de holtes en de neusholte, krijg je tijdens het vliegen hoofdpijn, pijn in je bovenkaak en soms ook kiespijn. Bij een verkoudheid, luchtweginfectie of allergie moet je dan ook niet gaan vliegen.

Je evenwichtsgevoel en het ervaren van bewegingen berust op een samenwerking tussen je ogen, je evenwichtsorganen en je lichaamsgevoel (propriocepsis). Je evenwichtsorganen signaleren de stand en positieveranderingen van je hoofd en lichaam. Veranderingen in de bewegingsrichting zijn draai- of hoekversnellingen en deze worden vooral geregistreerd door de halfcirkelvormige kanalen. Aangezien er drie halfcirkelvormige kanalen zijn die loodrecht op elkaar staan, kun je een bewegingsverandering in iedere draairichting registreren: omhoog-omlaag (stampen), links-rechts (gieren) en helling (rollen). Veranderingen in de bewegingssnelheid zijn lineaire versnellingen en deze worden geregistreerd door de otolietorganen.

De halfcirkelvormige kanalen en de otolietorganen kunnen geen constante bewegingen (snelheid), maar alleen bewegingsveranderingen (versnellingen) detecteren. Wanneer de (draai)beweging stopt, dan registreren de halfcirkelvormige kanalen en de otolietorganen deze vertraging als een versnelling de andere kant op. De gevoeligheid van het evenwichtsorgaan is eveneens een beperkende factor. De zintuigcellen in de halfcirkelvormige kanalen en in de otolietorganen reageren alleen als de bewegingsverandering boven een zekere drempelwaarde uitkomt.

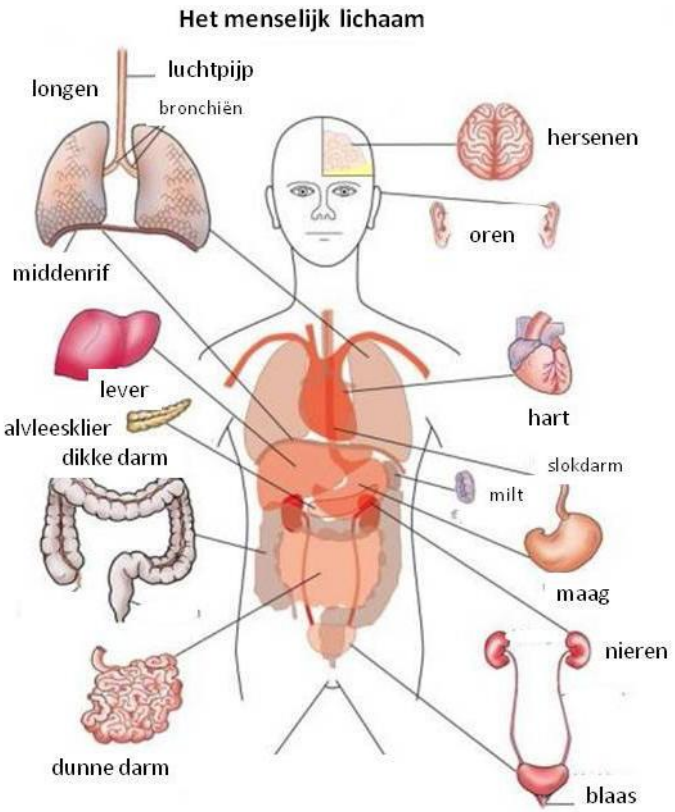
Als de visuele informatie in het evenwichtsysteem te kort schiet, kun je oriëntatie- en bewegingsillusies ervaren. De somatografische illusies zijn vooral te wijten aan de onjuiste interpretatie van de signalen van de otolietorganen. De somatogyrale illusies zijn vooral te wijten aan de onjuiste interpretatie van de signalen van de halfcirkelvormige kanalen. De somatografische illusies waarmee zweefvliegers te maken kunnen krijgen zijn: neus-omhoog illusie, neus-omlaag illusie, inversie illusie en oculografische illusies. De somatogyrale illusies waarmee zweefvliegers te maken kunnen krijgen, zijn: tegenleunen, tolvlucht illusie, spiraalvlucht illusie, coriolis illusie en oculogyrale illusies. Zweefvliegers kunnen daarnaast last hebben van luchtziekte. Bij luchtziekte is er een conflict tussen de visuele informatie en de informatie van je evenwichtsorganen.

Hoofdstuk 6: Gezondheid en veiligheidsrisico's

6.0 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over zweefvliegen en gezondheid en over de factoren die de gezondheid en daarmee de vliegveiligheid in gevaar kunnen brengen. Om te begrijpen welke factoren je lichamelijk functioneren kunnen bedreigen en hoe je gezond kunt blijven is enige kennis van het menselijk lichaam nodig. In de eerste paragraaf bespreken we de stofwisseling, de voeding, overgewicht, vochtbalans en uitdroging. De tweede paragraaf gaat over de ademhaling, de ademregulatie, lucht- en zuurstofgebruik, zuurstoftekort bij toenemende hoogte, hyperventilatie en maken we een uitstapje naar de gevolgen van toenemende hoogte op de stikstof in je lichaam (decompressieziekte). De derde paragraaf gaat over de bloedsomloop. Hierin komen aan bod de samenstelling van het bloed, het bloedvolume, de bloeddruk, de regeling van de bloedsomloop en het effect van versnellingen (G-krachten) op de bloedsomloop. In de vierde paragraaf bespreken we de temperatuurregeling in je lichaam.

6.1 De bouw van het lichaam



Het menselijk lichaam heeft een *skelet* dat zorgt voor stevigheid en bescherming. Het skelet bestaat uit losse beenderen die door spieren en pezen met elkaar zijn verbonden. De gewrichten maken de draaibewegingen van de beenderen ten opzichte van elkaar mogelijk.

In je *schedel* liggen je hersenen en in je *wervelkolom* ligt je ruggenmerg. Je hersenen en ruggenmerg vormen samen het *centrale zenuwstelsel*. Alle zenuwen die buiten je schedel en wervelkolom lopen, behoren tot het *perifere zenuwstelsel*.

Je longen en hart liggen in je *borstholte* die wordt beschermd door je ribbenkast. Het *middenrif* (*diafragma*) is een pezige en gespierde plaat die de borstholte afsluit van de *buikholte*. In je buikholte liggen de spijsverteringsorganen (maag en darmen). In de buikholte liggen tevens

organen voor de energieopslag (lever), bloedzuivering (lever, nieren en milt), vochtafvoer (nieren en blaas), het afweersysteem (milt) en de hormoonhuishouding (alvleesklier). Bij vrouwen liggen de geslachtsorganen in de buikholte (baarmoeder, eierstokken, vagina). Bij mannen liggen de geslachtsorganen buiten de buik (teelballen, penis).

Je lichaam is omhuld met *huid*. Je huid vormt een barrière en beschermt tegen vochtopname, vochtverlies, beschadiging, ziektekiemen en zonlicht. Je huid zorgt tevens voor de vocht- en temperatuurregulatie. Daarnaast bevat je huid tastcellen en produceert je huid onder invloed van licht vitamine D.

6.2 De stofwisseling

Je hebt energie en bouwstoffen nodig om te kunnen groeien, te herstellen, te bewegen, te denken en je desgewenst ook te kunnen voortplanten. De energie en bouwstoffen haal je uit je voeding. Je voeding bestaat uit de energierijke *koolhydraten* (suikers en zetmeel) en *vetten*, uit *eiwitten* die je vooral gebruikt als bouwstof, en uit kleine hoeveelheden *vitamines* en *mineralen*, zoals zouten, ijzer en kalk. In je spijsverteringsorganen wordt het voedsel omgezet in bruikbare voedingsstoffen. Daarnaast heb je *zuurstof* (O_2) nodig om de voedingsstoffen om te zetten in energie. De rest- en afbraakproducten van de stofwisseling scheid je uit via je longen als *koolzuurgas* (CO_2), via je nieren als urine en via je darmen als ontlasting.

De stofwisseling wordt gereguleerd door hormonen en enzymen die je lichaam grotendeels zelf aanmaakt. Hormonen worden in klieren geproduceerd en geven via de bloedbaan boodschappen door in je lichaam. Bekende hormonen zijn insuline dat de suikerhuishouding in je lichaam regelt, en adrenaline dat je lichaam gereed maakt voor snelle actie. Enzymen vergemakkelijken de chemische reacties in je lichaam, zoals de omzetting van koolhydraten in energiedragers, de omzetting van licht- en geluidsprikkels in elektrische signalen en de overdracht van elektrische prikkels tussen de zenuwcellen.

6.2.1 Voeding

Goede voeding is de basis van een goede gezondheid. Daarover is iedereen het wel eens. De meningen lopen echter uiteen over wat goede voeding is. Wij houden ons aan de richtlijnen van het Voedingscentrum (voorheen: Voorlichtingsbureau voor de Voeding). Dit is een onafhankelijke stichting die volledig wordt gesubsidieerd door de overheid en geen commerciële belangen heeft. Het bekendste 'product' van het Voedingscentrum is de *Schijf van Vijf* uit 1953 die in 2016 in een modern jasje is gestoken. De Schijf van Vijf wordt toegelicht op de website www.voedingscentrum.nl. Deze website bevat tevens aanbevelingen voor een gezonde, actieve leefstijl.

Voor zweefvliegers is een goede voeding niet alleen belangrijk voor een algemeen goede gezondheid, maar zeker ook belangrijk om tijdens een zweefvliegdag en tijdens een lange vlucht fit te blijven. Als je actief bent op het veld en zeker als je lang in de lucht bent, dan verbruik je meer energie dan in rust. In rust wil zeggen liggend met een aangename omgevingstemperatuur en met een lege maag. Zweefvliegen is een matig intensieve activiteit met een (geschat) energieverbruik van 3 tot 5 maal het verbruik in rust. Zweefvliegen is zeker geen intensieve duursport waarbij het lichaam in korte tijd veel energie verbruikt en de energievoorraad (*glycogeen*) in het lichaam uitgeput raakt, als deze voorraad niet wordt aangevuld door te eten. Topsporters herkennen dit moment van uitputting als de 'hongerklop' of de 'man met de hamer'. Wel kun je tijdens een

lange vliegdag last krijgen van een lage suikerhoeveelheid in je bloed, als je voor en tijdens een vliegdag te weinig eet. Je herkent een te laag bloedsuikergehalte aan een honger gevoel, moe zijn, hoofdpijn, duizeligheid, zweten en rillingen.

Tijdens een zweefvliegdag kun je je energievoorraad voldoende op peil houden door iets meer te eten dan tijdens een rustige dag thuis. Eet koolhydraatrijke producten die in je lichaam langzaam worden omgezet in suikers, zoals volkerenproducten en fruit. De producten met 'snelle' suikers, zoals koeken en snoeprepen, geven weliswaar een snelle aanvulling van het energietekort, maar zetten je lichaam ook meer aan tot de verwerking van de suikers, zodat je na korte tijd weer een 'suikerdip' krijgt die je opnieuw naar een 'energieboost' doet grijpen. Er ontstaan daardoor sterke schommelingen van het suikergehalte in je bloed die je extra moe maken.

De maaltijd(en) die je nuttigt voordat je gaat vliegen, vraagt/vragen enige aandacht. Een zwaar ontbijt of een copieus diner de avond ervoor is niet verstandig. Je spijsvertering is dan nog enige tijd zeer actief en onttrekt veel zuurstof aan het bloed. Bij een toename van de hoogte neemt de hoeveelheid zuurstof in de atmosfeer af (zie paragraaf 6.3.3). Deze beschikbare zuurstof kun je beter benutten voor het vliegen, dan voor het verteren van je maaltijd, zeker als je op een warme dag veel transpireert en dus ook veel moet drinken (zie paragraaf 6.2.4). Voor zweefvliegers is er tevens het probleem dat er na een zware maaltijd veel gas wordt geproduceerd in je darmen. Gasvormende voedingsmiddelen zijn bijvoorbeeld uien, bonen en vette producten. Door de luchtdrukveranderingen tijdens het stijgen en dalen gaat het gas uitzetten of wordt het samengeperst. Deze gasbewegingen kunnen leiden tot een opgeblazen gevoel en pijnlijke darmkrampen.

6.2.2 Overgewicht

Koolhydraten en vetten in je voeding die je niet direct nodig hebt, sla je op als lichaamsvet. Indien het percentage vet in je lichaam boven een bepaalde waarde ligt, dan is er sprake van *overgewicht*. Een gezond vetpercentage is afhankelijk van geslacht en leeftijd. Mannen hebben gemiddeld minder lichaamsvet dan vrouwen en jonge mensen gemiddeld minder dan ouderen. Voor mannen is afhankelijk van de leeftijd 10% tot 25% een gezond vetpercentage. Voor vrouwen is afhankelijk van de leeftijd 20% tot 35% een gezond vetpercentage. Overgewicht verhoogt het risico op allerlei gezondheidsproblemen, zoals suikerziekte (diabetes), hoge bloeddruk, hart- en vaatziekten, diverse vormen van kanker, gewrichtsaandoeningen en slaapstoornissen.

Omdat het lastig is om het vetpercentage nauwkeurig te meten, gebruikt men meestal een andere maat, zoals huidplooimetingen of de buikomvang. Een buikomvang van meer dan 94 cm voor mannen en van meer dan 80 cm voor vrouwen duidt op overgewicht. Een andere bekende maat is de Body Mass Index (BMI). Je berekent je BMI door je gewicht in kilogram te

delen door het kwadraat van je lengte in meters (BMI = G/L^2). Een BMI van meer dan 25 duidt op overgewicht. De BMI is echter een vrij onbetrouwbare maat voor overgewicht. De BMI van een sterk gespierde krachtsporter kan hoger zijn dan 25.

Voor zweefvliegers is het lichaamsgewicht van belang, omdat zweefvliegtuigen een ondergrens en een bovengrens hebben voor het beladinggewicht in verband met het zwaartepunt en de sterkte van de constructie. De ondergrens is meestal 70 kg en de bovengrens is meestal 110 kg. Lichte zweefvliegers kunnen met loodblokken hun tekort aan gewicht compenseren. Zweefvliegers die zwaarder zijn dan de bovengrens, moeten eerst afvallen.

6.2.3 Vochtbalans

Alle lichaamsprocessen vinden plaats in een waterige omgeving. Afhankelijk van leeftijd en geslacht bestaat het menselijk lichaam voor 45% tot 75% uit water. Kinderen hebben een hoger watergehalte dan ouderen en mannen hebben een iets hoger watergehalte dan vrouwen.

De watertoevoer moet in evenwicht zijn met de waterafvoer. Je onttrekt water uit je voedsel en je stofwisseling produceert eveneens water, maar deze hoeveelheden zijn niet genoeg om het waterverlies van je uitademing, urine, ontlasting en transpiratie te compenseren. Door te drinken houd je de hoeveelheid vocht in je lichaam op peil. Op een dag zonder veel lichamelijke inspanning en zonder hoge temperaturen gaat er ongeveer 3,5 liter water je lichaam in en uit. De helft hiervan (1,7 liter) krijg je binnen door te drinken en je plast per dag ongeveer 1,4 liter water weer uit.

De wateropname wordt geregeld in het dorstcentrum in je hersenen dat reageert op de bloedsamenstelling en bloeddruk. Watertekort geeft een droge mond en de behoefte om te drinken. Je hebt dorst. Bij watertekort gaan de nieren bovendien minder urine produceren. Bij wateroverschot gaan de nieren meer urine produceren en wordt het overschot uitgescheiden met een snelheid van 0,7 tot 1 liter per uur.

6.2.4 Uitdroging

Bij lichamelijke inspanning en/of een hoge omgevingstemperatuur ga je transpireren. Dit leidt tot aanzienlijk meer waterverlies dat je moet compenseren door meer te drinken. Op een warme dag moet je tenminste 4 liter water drinken. Als je te weinig drinkt en de wateropname achterblijft bij de waterafgifte, ontstaat *uitdroging* (*dehydratie*). De verschijnselen van uitdroging zijn in oplopende mate van ernst:

- droge mond, droge keel, droge ogen
- concentratieverlies, sufheid
- weinig plassen en donkere urine
- slappe huid, gebarsten lippen, schorre stem
- slaperigheid
- hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid
- spierkrampen
- snelle hartslag, lage bloeddruk, hartritme stoornissen
- verwardheid, bewusteloosheid

Uitdroging leidt al snel tot concentratieverlies en vormt daarmee een gevaar voor de vliegveiligheid. Tijdens een vliegdag en zeker tijdens een lange vlucht moet je dus regelmatig drinken. Door je liggende positie in een zweefvliegtuig treedt het dorstgevoel echter niet zo snel op. Dwing jezelf daarom om tijdens een vlucht ieder kwartier een paar slokken (± 150 ml) te drinken ook al heb je geen dorst. Een eventuele wens om tijdens het vliegen niet te hoeven plassen, is een slechte reden om niet te drinken. Niet plassen tijdens een lange vlucht betekent dat

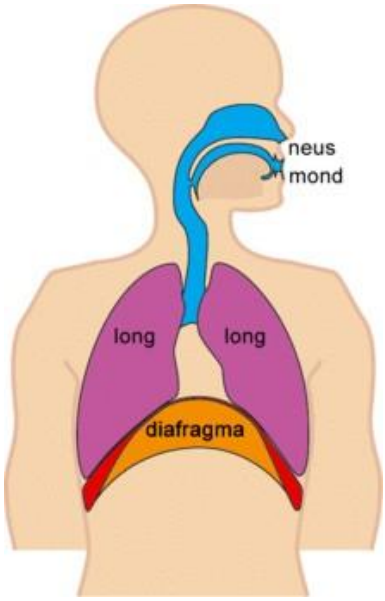
je bent uitgedroogd. Regel daarom je urineopvang. Voor mannen is dit wat gemakkelijker dan voor vrouwen, maar ook voor vrouwen zijn er inmiddels diverse hulpmiddelen in de handel.

Alcoholhoudende dranken, koffie en sommige theesoorten hebben een averechts effect op de vochtbalans, omdat alcohol, cafeïne en theïne, zelfs in lage concentraties, de nieren aanzetten tot urineproductie. Je verliest daardoor meer vocht dan je binnenkrijgt, waardoor je juist sneller uitdroogt. Je kunt nog vele uren na het nuttigen van alcohol zijn uitgedroogd. Zweefvliegen is dan onverantwoord. Frisdranken waarin veel suiker zit, hebben eveneens een averechts effect. De opgeloste suiker komt in de bloedbaan en 'zuigt' water aan uit de weefsels. Je nieren scheiden het water uit en de weefsels drogen nog verder uit. Je krijgt nog meer dorst.

Als je in korte tijd veel water drinkt na een periode van watertekort, bijvoorbeeld na een lange overlandvlucht, dan raakt de vochtregulatie verstoord door de snelle omslag van watertekort naar wateroverschot en kan er *watervergiftiging* optreden. Je wordt misselijk en gaat overgeven. Bovendien kunnen de nieren het extra aanbod niet snel genoeg verwerken en kan er vochtophoping optreden in gevoelige organen zoals de hersenen.

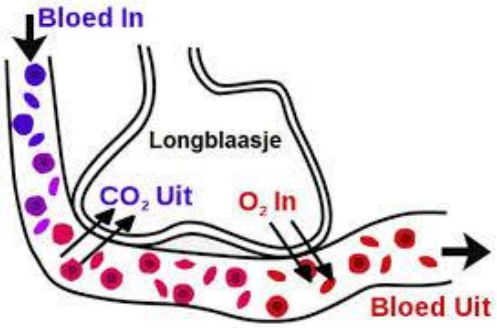
6.3 De ademhaling (ventilatie)

Je ademt in door het vergroten van je borstholte met de ademhalingsspieren van je middenrif (diafragma) en ribben. Daarmee creëer je een onderdruk in je borstholte. Deze onderdruk zuigt de lucht je longen in. Door je borstholte te verkleinen adem je de lucht weer uit. Hiervoor gebruik je je buikspieren, ribspieren en de elasticiteit van je longen.



De lucht die je inademt, bevat ongeveer 21% *zuurstof* (O_2), 79% *stikstof* (N_2), kleine hoeveelheden andere gassen, zoals *koolzuurgas* (*kooldioxide* = CO_2), en stofdeeltjes. Op de weg door je mond, neus, keel en luchtpijpstelsel wordt de ingeademde lucht verzadigd met waterdamp. In je longen bevinden zich *longblaasjes* (*alveoli*) die zijn omringd door kleine bloedvaatjes (*capillairen*). In de ingeademde lucht zit meer zuurstof en minder koolzuurgas dan in het bloed dat om de longblaasjes stroomt. Er is daardoor een drukverval van de zuurstof vanuit de longblaasjes naar het bloed en een drukverval van het koolzuurgas vanuit het bloed naar de longblaasjes. Deze drukverschillen zorgen voor het transport van de zuurstof vanuit de longblaasjes naar het bloed en van het koolzuurgas vanuit het bloed naar de longblaasjes.

De rode bloedlichaampjes bevatten het eiwit *hemoglobine* dat de zuurstof in het bloed aan zich bindt. Tijdens de passage door de longen wordt in normale omstandigheden het hemoglobine in het bloed vrijwel geheel, dat wil zeggen voor 98%, verzadigd met zuurstof. Dit is het percentage *zuurstofverzadiging* (*zuurstofsaturatie*) van het bloed. Daarnaast bevat het bloed nog een klein beetje zuurstof in opgeloste gasvorm.



De bloedsomloop (zie paragraaf 6.4) transporteert het zuurstofrijke bloed naar de diverse organen en weefsels, zoals de hersenen, ingewanden, lever, nieren, spieren en huid. In de weefsels wordt de zuurstof gebruikt voor energieopwekking en andere processen. Ongeveer 80% van de zuurstof wordt omgezet in koolzuurgas (CO_2) en ongeveer 20% wordt omgezet in water (H_2O). De bloedsomloop vervoert het koolzuurgas in opgeloste vorm terug naar de longen.

6.3.1 Het ademcentrum

Het ademcentrum in je hersenen regelt je ademhaling. In de eerste plaats zorgt het ademcentrum voor een afwisseling tussen de inademing en de uitademing. Als je inademt, worden je uitademspieren geremd en omgekeerd. Het ademcentrum regelt tevens de diepte en de frequentie van je ademhaling op basis van de hoeveelheid zuurstof en de hoeveelheid koolzuurgas in het bloed. Je ademhaling wordt sneller en dieper als bij lichamelijke inspanning het zuurstofgebruik stijgt en het koolzuurgehalte in het bloed toeneemt. Andere factoren, zoals emotionele opwinding en lichaamstemperatuur, beïnvloeden via het ademcentrum eveneens de ademhaling. Je kunt je ademhaling ook bewust regelen. Je kunt je adem enige tijd inhouden of je kunt bewust gaan hijgen.

6.3.2 Lucht- en zuurstofverbruik

Iedere ademteug bevat in rust ongeveer 0,5 liter lucht en je haalt in rust ongeveer 12 maal per minuut adem. Je ademvolume is dan 6 liter lucht per minuut. De uitademlucht bevat nog ongeveer 16% zuurstof en ongeveer 4% koolzuurgas. Van alle zuurstof in de inademlucht gebruik je dus ongeveer een kwart (21% - 16%). Je gebruik in rust komt daarmee op 6 liter x (0.21 - 0.16) = 0,3 liter zuurstof per minuut.

Bij lichamelijke inspanning veranderen de getallen aanzienlijk. De weefsels en dan vooral je spieren, vragen om meer zuurstof. Bij getrainde sporters kan de ademhaling oplopen tot 30 maal per minuut en het volume tot 4 liter per ademteug. Het ademvolume is dan 120 liter per minuut. Het percentage zuurstofverbruik, dat wil zeggen het verschil tussen het zuurstofgehalte in de inademlucht en in de uitademlucht, neemt eveneens toe. Een topatleet kan daardoor tot 7 liter zuurstof per minuut verbruiken.

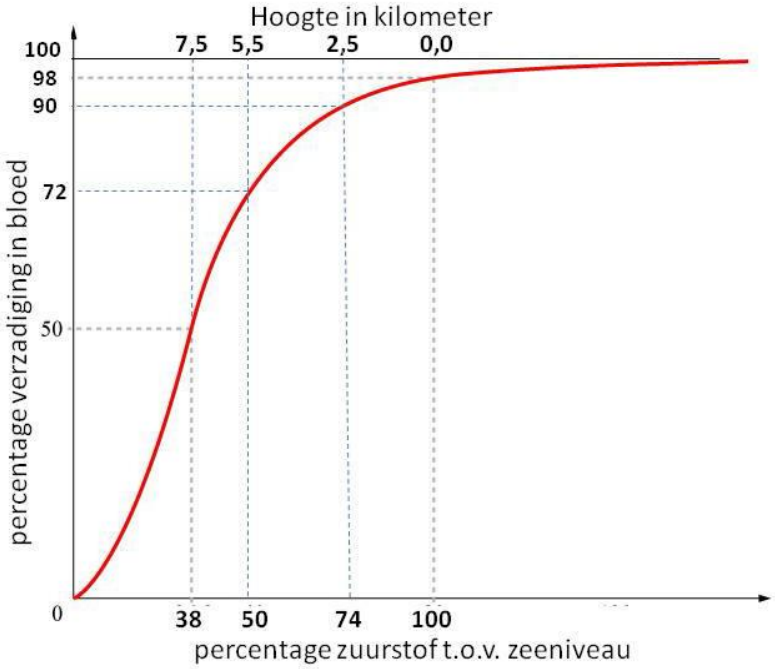
6.3.3 Zuurstoftekort

Op zeeniveau is de (gemiddelde) luchtdruk 1013 hectoPascal (hPa). De totale luchtdruk is gelijk aan de som van de *partiële drukken* van de samenstellende gassen (*gaswet van Dalton*). De lucht bevat 21% zuurstof en de partiële druk van zuurstof (PO_2) is op zeeniveau .21 x 1013 = 213 hPa.

Het vak Meteorologie behandelt uitgebreid de afname van luchtdruk en temperatuur bij toenemende hoogte. Als de hoogte toeneemt, verandert de luchtsamenstelling vrijwel niet en het zuurstofpercentage blijft ongeveer 21%. Onderstaande tabel toont de (standaard)luchtdruk, de partiële zuurstofdruk en het percentage zuurstof in de lucht ten opzichte van zeeniveau tot 10 kilometer hoogte.

Hoogte (meter)	Luchtdruk (hPa)	Partiële zuurstofdruk	% O_2 t.o.v. zeeniveau
0	1013	213	100%
500	955	200	94%
1000	899	189	89%
1500	845	178	83%
2000	795	167	78%
2500	747	157	74%
3000	701	147	69%
3500	658	138	65%
4000	616	129	61%
4500	577	121	57%
5000	540	113	53%
5500	505	106	50%
6000	472	99	47%
6500	441	93	44%
7000	411	86	41%
7500	383	81	38%
10000	266	56	26%

De tabel laat zien dat er op 2500 meter nog 74% zuurstof is ten opzichte van zeeniveau, op 5500 meter is er nog 50% en op 7500 meter is er nog maar 38% Uit de onderstaande grafiek kunnen de bijbehorende waarden van de zuurstofverzadiging in het bloed worden afgelezen.



Op 2500 meter is de zuurstofverzadiging in het bloed nog 90% Op 5500 meter is de verzadiging nog 72% en op 7500 meter is de verzadiging nog maar 50% Bij een zuurstofverzadiging boven 90% kun je goed functioneren. Bij een lager percentage is je lichaam tot op zekere hoogte in staat om het lage zuurstofgehalte in de lucht te compenseren door dieper te ademen en de hartslag te verhogen. Je bloed wordt sneller rondgepompt en je lichaam krijgt voldoende zuurstof ondanks dat je bloed niet volledig is verzadigd met zuurstof. Voor een

ongetraind iemand ligt de grens van deze compensatie rond 3500 meter. De zuurstofverzadiging is dan ongeveer 85% Boven deze hoogte heb je een blijvend *zuurstoftekort* (*hypoxie*). Bergbeklimmers die enkele weken de tijd nemen om zich voor te bereiden op grotere hoogte, kunnen tot 5500 meter acclimatiseren met aanpassingen van hun ademhaling, bloedsomloop en bloedsamenstelling. Daarboven kunnen ook zij het zuurstoftekort nog maar gedeeltelijk compenseren. Boven 7000 meter vindt compensatie vrijwel niet meer plaats en komen bergbeklimmers in de "death zone".

6.3.4 De gevolgen van zuurstoftekort

Zuurstoftekort leidt direct tot een snelle en diepe ademhaling (*hyperventilatie*) en een versnelde hartslag. De overige verschijnselen hangen af van de ernst en de snelheid waarmee het zuurstoftekort optreedt. Op grotere hoogtes en bij snel stijgen heb je er meer last van. Bij een gering zuurstoftekort, dat wil zeggen tussen 90% en 85%, dat enige tijd aanhoudt, kun je last krijgen van hoofdpijn, vermoeidheid en misselijkheid. Je hebt dan last van *hoogteziekte*. De verschijnselen verdwijnen als je minder hoog gaat vliegen.

Bij een matig tot ernstig zuurstoftekort, dat wil zeggen een zuurstofverzadiging van minder dan 85%, nemen je coördinatie, concentratie, geheugen en denkvermogen vrij snel af, omdat je hersenen te weinig zuurstof krijgen. Ook je netvlies met de fotoreceptoren is gevoelig voor zuurstoftekort. De kegeltjes in je netvlies vallen als eerste uit. Daardoor zie je wazig en zie je geen kleuren meer. Je perifere gezichtsveld valt eveneens weg (*tunnelvisie*). Tegelijkertijd ervaar je een euforisch gevoel en wordt je overmoedig. Bijkomende verschijnselen zijn tintelende vingers, gevoelloosheid en blauwe nagels. Na enige tijd verlies je je bewustzijn. Hoe snel je je bewustzijn verliest hangt af van de ernst van het zuurstoftekort en dus van de vlieghoogte. In de luchtvaart hanteert men als maatstaf de (gemiddelde) tijd die je nog hebt om weloverwogen handelingen te verrichten (*Time of Useful Consciousness* = T.U.C.). Onderstaande tabel toont de T.U.C. voor verschillende hoogtes:

Hoogte (meter)	T.U.C. (minuten)
tot 5500	meer dan 30
6500	5 - 10
7500	3 - 5
8500	2 - 3
9500	1 - 2

De gevoeligheid voor zuurstoftekort en hoogteziekte wisselt per persoon. Sommige mensen krijgen er al last van vanaf 2500 meter. De verschijnselen van zuurstoftekort doen zich eerder voor bij bloedarmoede (= te weinig rode bloedlichaampjes), lichamelijke inspanning, koude, stress, overgewicht, slechte gezondheid, roken, alcoholgebruik en sommige medicijnen. In deze situaties is er een grotere behoefte aan zuurstof of is het lichaam minder goed in staat het zuurstoftekort te compenseren en de weefsels te voorzien van voldoende zuurstof.

Voor zweefvliegers gaat men uit van 3500 meter (= 85% zuurstofverzadiging) als de grenshoogte. Zweefvliegers zijn wettelijk verplicht om een zuurstofvoorziening te gebruiken boven 3500 meter. De hoeveelheid zuurstof die de voorziening levert, moet instelbaar zijn. Vanaf 3500 meter tot 6500

meter moet de voorziening tenminste 2 liter zuurstof per minuut leveren en vanaf 6500 meter tot 8000 meter moet de voorziening tenminste 4 liter per minuut leveren. Boven 8000 meter is een systeem met een *vaste uitstroom* (eng: *constant flow*) niet meer geschikt en moet de zweefvlieger een *vraaggestuurde* (eng: *on demand*) zuurstofvoorziening gebruiken. Tijdens de vlucht op grote hoogte dient een zweefvlieger de werking van zijn zuurstofvoorziening voortdurend te controleren en bij eventuele haperingen direct af te dalen naar minder dan 3500 meter. De bovenstaande tabel voor de T.U.C. toont aan dat daarvoor maar weinig tijd is bij vlieghoogten boven de 7500 meter.

6.3.5 Hyperventilatie

Hyperventilatie betekent dat je sneller en dieper ademt dan normaal. Je gaat hyperventileren bij lichamelijke inspanning of op grote hoogte. Er komt meer zuurstof je lichaam in en er gaat meer koolzuurgas uit. Deze hyperventilatie is een normaal fysiologische proces dat stopt wanneer de zuurstofverzadiging in het slagaderlijk bloed boven de 95% komt en het koolzuurgehalte evenredig is gedaald. Wanneer je boven de 3500 meter vliegt en je merkt dat je hyperventileert, dan moet je dalen naar lagere hoogte en je zuurstofvoorziening controleren. Fysiologische hyperventilatie kan ook optreden bij mensen met longaandoeningen, zoals astma, blijvende longbeschadiging (COPD) of stoornissen in de hartfunctie (hartfalen).

Bij niet-fysiologische hyperventilatie adem je sneller en dieper zonder dat er een zuurstoftekort of koolzuurgasoverschot is. Psychische spanning en ongefundeerde angsten (*angststoornis*) kunnen niet-fysiologische hyperventilatie veroorzaken. Bij deze vorm van hyperventilatie is de ademregulatie verstoord. De zuurstofverzadiging in het bloed is al 98% en kan niet verder stijgen. Door de intensievere ademhaling daalt het koolzuurgas gehalte in het bloed echter wel. De zuurgraad in het bloed daalt (hogere pH), het bloed wordt minder 'zuur' en als reactie hierop vernauwen de bloedvaten in onder meer de huid, spieren en hersenen (zie paragraaf 6.4.3). Hoewel er in het bloed voldoende zuurstof aanwezig is, krijgen deze weefsels toch minder zuurstof aangevoerd. Dit geeft vervelende verschijnselen zoals een benauwd gevoel (alsof je niet genoeg lucht krijgt), tintelingen rond je mond en in je vingers, spierkrampen, duizeligheid en uiteindelijk flauwvallen. Deze verschijnselen kunnen de angst versterken, waardoor je nog meer gaat hyperventileren. De angst kan zo sterk worden dat je in paniek raakt. Mensen die veel stress ervaren in hun leven, zich veel zorgen maken en/of niet goed zijn uitgerust, zijn gevoeliger voor een angststoornis met hyperventilatie.

Angst en paniek staan een veilige vluchtuitvoering in de weg. Niet-fysiologische hyperventilatie is echter goed onder controle te krijgen met ademhalings- en ontspanningsoefeningen. Zweefvliegers die last hebben van aanvallen van hyperventilatie, worden daarom geadviseerd zich hiervoor te laten behandelen.

6.3.6 Stikstof in je lichaam

De lucht die je inademt, bestaat zoals gezegd voor 79% uit stikstofgas (N_2). Op zeeniveau is de partiële stikstofdruk dus (1013 hPa x 0.79 =) 800 hPa. Je lichaam verbruikt het stikstofgas niet, maar het stikstofgas wordt wel in je bloedbaan opgenomen. Zo komt het stikstofgas in opgeloste vorm in je organen en weefsels terecht. De hoeveelheid opgelost stikstofgas in je bloed en weefsels is daarbij evenredig met de partiële druk van het stikstofgas in je longen (*gaswet van Henry*). Als de omgevingsdruk daalt, zoals bij het stijgen naar grotere hoogtes, dan daalt ook de partiële stikstofdruk in je longen en zal volgens de wet van Henry de hoeveelheid opgelost stikstofgas in je bloed en weefsels afnemen. In de organen en weefsels is dan echter nog een

hoeveelheid stikstofgas opgelost behorende bij een hogere partiële druk. Het duurt even voordat deze *stikstofdrukgradiënt* is vereffend en de hoeveelheid opgeloste stikstof in de weefsels weer overeenkomt met de partiële stikstofdruk in de longen.

Onderzoek bij duikers heeft uitgewezen dat het stikstofgas niet meer in opgeloste vorm blijft, maar kleine gasbelletjes gaat vormen, als de hoeveelheid opgelost stikstof in de weefsels meer dan twee maal zo hoog is als de hoeveelheid die past bij de partiële stikstofdruk in de longen. Deze belvorming kun je bijvoorbeeld zien als je een flesje met koolzuurhoudende frisdrank opent. De kleine belletjes en bij een grote stikstofdrukgradiënt ook grotere stikstofbellen blokkeren de doorbloeding naar en in de weefsels. Het bloed kan tevens gaan klonteren rond de belletjes, waardoor de afsluiting van de bloedvaten nog erger wordt. De weefsels krijgen te weinig zuurstof, raken beschadigd en sterven zelfs af.

6.3.7 Decompressieziekte

De belvorming en weefselbeschadiging leidt tot diverse verschijnselen die we kennen als de *decompressieziekte*. Vooral de slecht doorbloede weefsels, zoals vetweefsel en gewrichten, zijn gevoelig voor de stikstofbelvorming, omdat in deze weefsels de te hoge stikstofdrukgradiënt het langst blijft bestaan. De verschijnselen van een milde decompressieziekte treden dan ook vooral in deze weefsels op. Bij een ernstige decompressieziekte met de uitgebreide vorming van grote bellen worden ook de sterk doorbloede weefsels aangetast, zoals de longen, het hart en het zenuwweefsel. Vooral het zenuwweefsel is erg gevoelig voor zuurstoftekort en sterft in korte tijd af. De verschijnselen van decompressieziekte zijn in oplopende ernst:

- huidirritatie zoals jeuk, een branderig gevoel en rode vlekken (eng: creeps). Hierbij is vooral het onderhuids vetweefsel aangedaan;
- pijn in de gewrichten (eng: bends);
- zenuwuitval, gevoelloosheid van de huid, verlammingen, spierkrampen, gestoord zicht, spraakstoornissen, duizeligheid, bewusteloosheid (eng: staggers).
- ademhalingsproblemen, pijn op de borst, bloed ophoesten, ademstilstand, hartstilstand (eng: chokes);

Tijdens het zweefvliegen kan de belvorming optreden als de omgevingsdruk minder is dan de helft van de druk op zeeniveau, dat wil zeggen bij het vliegen boven 5500 meter. Bedenk echter dat de zweefvlieger dan in korte tijd vanaf zeeniveau moet zijn opgestegen tot deze hoogte. Bovendien moet de zweefvlieger vanaf 3500 meter zuurstof gebruiken. Deze extra zuurstof versnelt het 'uitwassen' van de overtollige stikstof. In de praktijk komt decompressieziekte dan ook niet voor bij zweefvliegen, tenzij:
de zweefvlieger in zeer korte tijd opstijgt naar een hoogte met een omgevingsdruk die minder is dan de helft van de omgevingsdruk van de startplaats. Dit kan wellicht voorkomen bij golfvliegen in de bergen waarbij hoogtes tot wel 10 km worden bereikt;
de zweefvlieger minder dan 24 uur tevoren heeft gedoken met persluchtapparatuur. De partiële stikstofdruk in zijn weefsels is dan nog hoger dan de partiële stikstofdruk op zeeniveau. De helft van deze hogere partiële stikstofdruk wordt al bereikt op lagere hoogte. Welke hoogte dit is, hangt af van de diepte en duur van de duik(en) die de zweefvlieger heeft gemaakt in de afgelopen 24 uur. Zweefvliegers die hebben gedoken, mogen daarom pas na 24 uur weer vliegen.

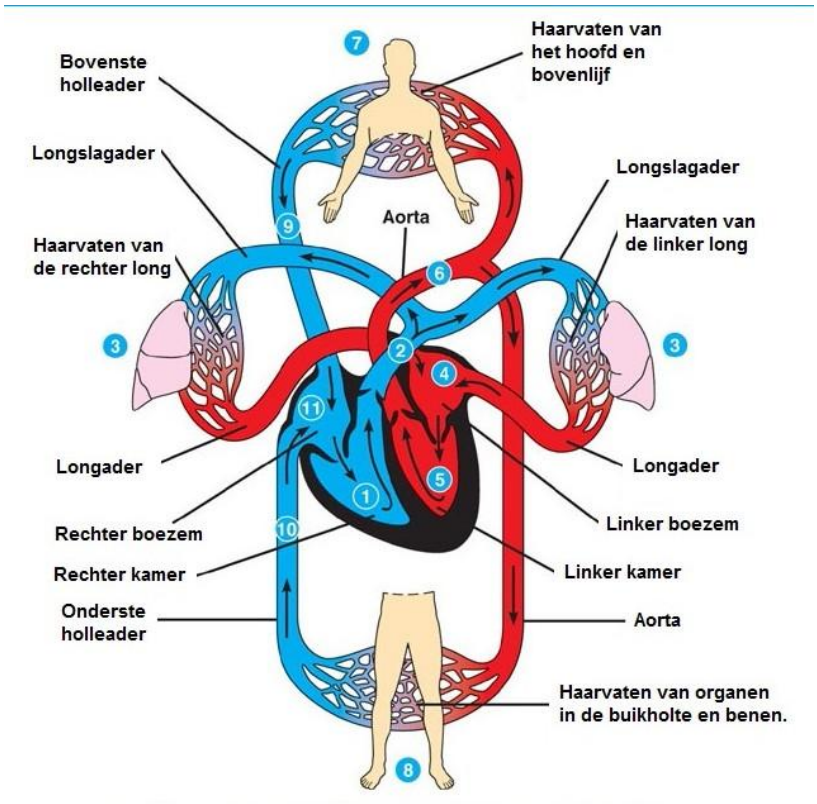
Decompressieziekte treedt eerder op bij overgewicht, roken en onderkoeling, omdat deze factoren de doorbloeding van de kwetsbare weefsels verslechteren. Mocht er tijdens het zweefvliegen decompressieziekte optreden, dan zijn vooral de verschijnselen van milde decompressieziekte, zoals jeuk en gewrichtspijn, te verwachten. Verschijnselen van ernstige decompressieziekte zijn niet waarschijnlijk, omdat deze alleen optreden bij een grote

stikstofdrukgradiënt. Ernstige decompressieziekte treedt wel op als in een verkeersvliegtuig op grote hoogte de cabinedruk wegvalt.

Ook bij milde verschijnselen, zoals jeuk en gewrichtspijn, moet een decompressieziekte altijd zo snel mogelijk worden behandeld in een drukkamer onder medische begeleiding. De duikmedische centra beschikken over zo'n drukkamer. Wachten tot het overgaat is een slecht advies, omdat het aangedane weefsel dan te lang geen zuurstof en voedingsstoffen krijgt en er blijvende (pijn)klachten kunnen ontstaan.

6.4 De bloedsomloop

Het hart en de bloedvaten zorgen samen voor de *bloedsomloop* (*circulatie*). In de onderstaande figuur zijn de onderdelen van de bloedsomloop weergegeven.



Het *hart* is een krachtige spier met vier holtes: de *linker boezem* (4), de *linker kamer* (5), de *rechter boezem* (11) en de *rechter kamer* (1). De linkerkamer van het hart pompt het zuurstofrijke bloed via de *slagaders* (*arteriën*) naar de verschillende organen en weefsels (6). Je organen, zoals je maag, lever en darmen, en je weefsels, zoals je spieren, botten en huid, worden van bloed voorzien door kleine en heel kleine bloedvaatjes, de *haarvaten* of *capillairen* (7 en 8). De organen en weefsels nemen zuurstof en voedingsstoffen op uit het bloed en staan hun afvalstoffen en koolzuurgas weer af. Via de *aders* (*venen*, 9 en 10) komt het zuurstofarme bloed terug in de rechter boezem van het hart. De rechterboezem pompt het zuurstofarme bloed naar de rechter kamer en de rechterkamer pompt het zuurstofarme bloed vervolgens via de *longslagaders* (2) naar de longen (3). In de longen wordt het koolzuurgas uitgescheiden en wordt zuurstof in het bloed opgenomen. Via de *longaders* stroomt het zuurstofrijke bloed terug naar het hart. De linker boezem pompt het bloed naar de linker kamer en de cirkel is rond.

De omloop van het bloed vanaf de linker kamer door het lichaam tot de rechter boezem noemen we de *grote bloedsomloop*. De omloop van het bloed vanaf de rechter kamer door de longen tot de linker boezem noemen we de *kleine bloedsomloop*.

6.4.1 De bloedsamenstelling en bloedvolumes

De totale hoeveelheid bloed in je lichaam is ongeveer 8% van je lichaamsgewicht, dat wil zeggen tussen de 5 en 7 liter. 80% hiervan bevindt zich in de aderen en haarvaten. Bloed bestaat voor ongeveer 55% uit vloeibaar bloedplasma en voor ongeveer 45% uit bloedlichaampjes. Meer dan de helft hiervan zijn rode bloedlichaampjes die zorgen voor het transport van zuurstof naar de weefsels. De rest bestaat uit witte bloedlichaampjes die deel uitmaken van het afweersysteem, en uit bloedplaatjes die een functie vervullen bij de bloedstolling.

Het aantal hartslagen per minuut (*hartfrequentie*) van een gezonde, maar ongetrainde volwassene ligt in rust tussen de 60 en 80. De hartfrequentie wordt vaak opgemeten aan de pols en wordt daarom ook wel de *polsslag* genoemd. Per slag pompt je hart in rust ongeveer 75 ml bloed de slagaderen in. Dit is het *slagvolume* van je hart. Het aantal liters bloed dat per minuut wordt rondgepompt, is het *hartminuutvolume* (HMV). Bij een volwassene is het hartminuutvolume in rust ongeveer 5,5 liter. Bij inspanning neemt de hartfrequentie toe en ook het slagvolume neemt toe. Bij zeer zware inspanning kan de hartfrequentie oplopen tot 200 slagen per minuut en het slagvolume oplopen tot 110 ml. Het hartminuutvolume van een ongetrainde volwassene tijdens zware inspanning is dan (200 x 110 ml =) 22 liter per minuut. Een ongetraind hart houdt deze prestatie echter niet lang vol. Een hartfrequentie van 220 min de leeftijd wordt als draaglijk beschouwd.

Getrainde sporters hebben in rust ongeveer hetzelfde hartminuutvolume als een ongetrainde volwassene, maar hun slagvolume in rust is groter. Zij hebben dan ook een lagere hartfrequentie tot vaak onder de 50 slagen per minuut. Bij inspanning neemt hun hartfrequentie toe tot soms meer dan 200 slagen per minuut en ook het slagvolume neemt toe tot wel 175 ml. Hun hartminuutvolume is dan 35 liter per minuut. Zij hebben dan 60% meer hartcapaciteit dan een ongetraind iemand en zij kunnen deze hartprestatie ook langere tijd volhouden.

Bij bloeddonatie wordt per keer een halve liter bloed afgenomen. Een gezond lichaam kan dit verlies uitstekend compenseren en een bloeddonor merkt dan ook nauwelijks dat hij/zij bloed heeft afgestaan. Bloeddonoren zijn na het afstaan van bloed wel iets gevoeliger voor zuurstoftekort. Zweefvliegers worden daarom geadviseerd om binnen 24 uur na het geven van bloed niet te vliegen.

6.4.2 De bloeddruk

De slagaderen hebben dikke en weinig elastische wanden. In de slagaderen kan daardoor de druk worden opgebouwd die nodig is om het bloed te laten rondstromen. Als de linkerkamer van het hart samentrekt, dan stijgt de bloeddruk tot ongeveer 160 hPa. Dit is de *systolische bloeddruk* (*bovendruk*). In de ontspanningsfase van het hart is de bloeddruk in de slagaders nog ongeveer 107 hPa. Dit is de *diastolische bloeddruk* (*onderdruk*). Als meeteenheid voor de bloeddruk gebruikt men in het algemeen niet de hectoPascal, maar millimeter kwikdruk (*mmHg*), waarbij 1 mmHg gelijk is aan 1,333 hPa. De standaardwaarde voor de systolische bloeddruk is dan 120 mm Hg (160 hPa) en de standaardwaarde voor de diastolische bloeddruk is 80 mm Hg (107 hPa). Bij lichamelijke inspanning en in opwindende situaties (*arousal*) stijgt de systolische bloeddruk, zodat het bloed sneller kan worden rondgepompt.

De aderen hebben een dunne, elastische wand. De druk in deze bloedvaten is dan ook laag en varieert afhankelijk van de plaats in het lichaam tussen de 33 en 13 hectoPascal (hPa) boven de omgevingsdruk.

Overgewicht, sommige ziekten, medicijnen en psychische spanning (*stress*) leiden tot een blijvende bloeddrukverhoging. De bloedruk is licht verhoogd (lichte *hypertensie*) bij een systolische bloeddruk in rust van meer dan 140 mmHg en/of een diastolische bloeddruk in rust van meer dan 90 mmHg. Een bloeddruk in rust van 160/100 wijst op ziekelijke hypertensie en vraagt om medische zorg. Zweefvliegers met een systolische bloeddruk van meer dan 160 mmHg en/of een diastolische bloeddruk van meer dan 100 mmHg worden medisch ongeschikt verklaard. Een langdurig hoge bloeddruk betekent een extra belasting voor het hart en leidt tot beschadiging van het hart, de bloedvaten, het netvlies, de nieren en de hersenen. Een hoge bloeddruk verhoogt ook het risico op hartaandoeningen en op scheuring van bloedvaatjes in de hersenen (CVA = beroerte).

Er is sprake van lage bloeddruk bij een systolische bloeddruk van minder dan 110 mmHg en een diastolische bloeddruk van minder dan 70 mmHg. Veel getrainde sporters hebben zo'n lage bloeddruk. Lage bloeddruk kan ook het gevolg zijn van bloedverlies, uitdroging, een te laag suikergehalte in het bloed of een slecht werkend hart (hartfalen). Bij een (te) lage bloeddruk treedt vaak duizeligheid en vermoeidheid op. Zweefvliegers met een lage bloeddruk zijn extra gevoelig voor zuurstoftekort (paragraaf 6.3.4) en G-krachten (paragraaf 6.4.4).

6.4.3 De regeling van de bloedsomloop

De hoeveelheid bloed die door een orgaan of weefsel stroomt, wordt bepaald door enerzijds het drukverschil tussen de aanvoerende slagader en de afvoerende ader en anderzijds de weerstand in het vaatbed van het betreffende orgaan of weefsel. Hoe hoger het drukverschil en hoe lager de weerstand, des te meer bloed er door het orgaan of weefsel stroomt.

Sommige organen en weefsels worden beter doorbloed dan anderen. Het hartminuutvolume gaat via de kleine bloedsomloop volledig door de longen. Van de grote bloedsomloop gaat in rust 13% van het hartminuutvolume naar de hersenen, 5% naar de hartspier, 24% naar de spijsverteringsorganen, 20% naar de nieren en de rest (± 40%) naar de spieren, huid en andere weefsels. Bij het regelen van de doorbloeding krijgen je hersenen en hart altijd voorrang. Je hersenen en hart zijn niet alleen onmisbaar voor je overleving, maar ze zijn ook zeer gevoelig voor zuurstofgebrek. Bovendien herstellen hersenweefsel en hartspierweefsel niet meer na beschadiging door zuurstofgebrek. De overige weefsels en organen worden van bloed voorzien naar gelang hun behoefte. Na een stevige maaltijd gaat er veel bloed naar je spijsvertering en bij zware fysieke inspanning ontvangen je spieren tot wel 2/3 van het totale hartminuutvolume.

De doorbloeding van je lichaam wordt deels geregeld in de organen en weefsels zelf en deels op centraal niveau in je hersenen. De *doorbloedingsregeling* zorgt ervoor dat:

- de minimale doorbloeding van alle organen en weefsels is verzekerd;
- de bloedstroom zodanig wordt verdeeld over de organen en weefsels dat er bij veel activiteit meer bloed en in rust minder bloed doorstroomt;
- de hartwerking optimaal is aangepast aan de vereiste bloeddoorstroming.

De wanden van de bloedvaten bevatten spierweefsel waarmee de vaatwijdte en daarmee de weerstand in het vaatbed kan worden aangepast. Zo kan de bloedsomloop op ieder moment voorzien in de bloedbehoefte van het betreffende orgaan of weefsel. Deze plaatselijke doorbloedingsregeling is onder meer afhankelijk van de zuurstofbehoefte en aanwezigheid van afvalproducten zoals koolzuurgas. Een laag zuurstofgehalte en een hoog koolzuurgehalte in het weefsel leidt tot ‘zuurder’ bloed (lagere pH) met als gevolg vaatverwijding en dus meer doorbloeding. Daarnaast hebben sommige hormonen, zoals histamine, een vaatverwijdend effect en hebben andere hormonen, zoals adrenaline, een vaatvernauwend effect.

Voor de aansturing op centraal niveau van de bloeddoorstroming maakt het bloedsomloopcentrum in je hersenen onder meer gebruik van *drukreceptoren* in de *lichaamsslagader* (*aorta*), in de halsslagader (*arteria carotis*), in de *holle ader* (*vena cava*) en in

het hart. Tevens heeft het bloedsomloopcentrum verbindingen met andere hersengebieden zoals het ademcentrum, de lichaamstemperatuurregeling en het emotiesysteem.

Het bloedsomloopcentrum past via twee mechanismen de bloeddoorstroming aan. In de eerste plaats stuurt het bloedsomloopcentrum zenuwprikkels en hormonen naar de bloedvaten om deze te verwijden of te vernauwen en daarmee de weerstand van het vaatbed te laten afnemen of toenemen. In de tweede plaats regelt het bloedsomloopcentrum via twee zenuwknopen in het hart de hartfrequentie en daarmee het hartminuutvolume. Aanpassing van het slagvolume vindt automatisch plaats door de toegenomen of afgenomen aanvoer van bloed vanuit het lichaam naar de rechterboezem. Een toename in het hartminuutvolume gaat gepaard met een hogere systolische bloeddruk.

6.4.4 G-krachten

De aarde oefent een kracht uit op alle voorwerpen op het aardoppervlak. Deze zwaartekracht (F) is gelijk aan de massa van het voorwerp (m) maal de valversnelling (g). In formule $F = m.g$ Op het aardoppervlak is de valversnelling ongeveer 9.8 m/sec^2. Deze valversnelling wordt gebruikt als eenheidsmaat G (G van gravitatie) voor de versnellingen die voorwerpen ondervinden. 4 G betekent een versnelling van 4 maal de valversnelling en wordt veroorzaakt door een kracht die 4 maal zo groot is als de zwaartekracht. Hoewel G een dimensieloos verhoudingsgetal is, spreekt men vaak van *G-krachten*. Bij een positieve G-kracht ondervind je een kracht van je hoofd naar je voeten en wordt je in je stoeltje gedrukt. Bij een negatieve G-kracht werkt de kracht van je voeten naar je hoofd en kom je los van je stoeltje. De G-kracht is nul bij gewichtloosheid. Gewichtloosheid ontstaat bij een versnelling die gelijk is aan de valversnelling, maar in tegengestelde richting werkt.
Als zweefvlieger heb je te maken met:

- lineaire versnellingen, zoals bij het begin van een lierstart (positieve G) of bij het remmen na de landing (negatieve G)
- hoekversnellingen bij richtingsveranderingen door de *middelpuntvliedende* (*centrifugale*) en *middelpuntzoekende* (*centripetale*) krachten.

In een bocht ondergaat je lichaam een middelpuntvliedende kracht als tegenpool van de middelpuntzoekende kracht die het vliegtuig de bocht laat maken. De resultante van deze kracht en de zwaartekracht levert een naar buiten gerichte kracht op die je in je stoeltje drukt. In een bocht van 60^0, ervaar je een positieve kracht van 2 G. In een binnenwaartse looping ervaar je eveneens een positieve G-kracht. In een tolvlucht of in een buitenwaartse looping ervaar je een negatieve G-kracht.

Je lichaam en dus ook je bloedsomloop is 'gewend' aan de zwaartekracht. Als je rechtop staat is je hart in staat om het bloed tegen de zwaartekracht in naar je hoofd te pompen en stroomt vanuit je benen het bloed weer omhoog naar je hart. Bij toename van de G-krachten moet je hart meer inspanning verrichten om de bloedsomloop op gang te houden. Een negatieve G-kracht perst het bloed vanuit je benen naar je hoofd. De bloedtoevoer naar je hoofd neemt toe, de bloeddruk in je hoofd neemt toe en je ziet een rode waas voor je ogen (*red-out*). Bij een positieve G-kracht wordt de bloedtoevoer naar je hoofd minder, de bloeddruk in je hoofd daalt en je hersenen krijgen te weinig zuurstof. Gevechtsvliegers en astronauten dragen daarom speciale kleding die de bloedtoevoer naar hun benen beperkt (drukbroek). Onderstaande tabel toont de verschijnselen afhankelijk van de sterkte en duur van de G-krachten.

G-kracht	Verschijnselen bij ongetrainde zweefvliegers
1 - 2	Goed te verdragen
2 - 3	Verkleining van gezichtsveld, tunnelvisie
3 - 4	Grey-out (geen kleuren zien)
4 - 5	Black-out (geheugenverlies)
> 5	Bewusteloosheid (G-LOC = G-induced loss of consciousness)

De tolerantie voor G-krachten wisselt per persoon en is door training te vergroten. Zweefvliegers die niet gewend zijn aan wisselende G-krachten, worden misselijk en gaan braken, omdat de G-krachten hun evenwichtssysteem ontregelen. Zweefvliegers die veel kunstvluchten maken, raken gaandeweg gewend aan de G-krachten. G-krachten worden minder goed verdragen bij een slechte lichamelijke conditie, een slechte hartfunctie, een lage systolische bloeddruk, een hoge diastolische bloeddruk, bloeddrukverlagende medicijnen, roken, oververmoeidheid, uitdroging, alcohol in het bloed en alle andere factoren die de bloedsomloop en daarmee het zuurstoftransport naar de hersenen ongunstig beïnvloeden.

6.5 De lichaamstemperatuur

De mens is een *warmbloedig* (*homeotherm*) wezen, dat wil zeggen dat je lichaam de temperatuur op een vrij constant niveau van 37 ^{0}C houdt. Deze constante temperatuur geldt alleen voor je borst- en buikholte en voor je hersenen (*kerntemperatuur*). De overige delen van je lichaam, zoals je ledematen en je gezicht, verdragen veel grotere variaties in de temperatuur.

Voor een constante kerntemperatuur moeten de warmteproductie en de warmteopname in evenwicht zijn met de warmteafgifte. De lichaamsprocessen, zoals de spijsvertering en spieractiviteit, produceren warmte. Deze warmte wordt door het bloed naar de huid getransporteerd en door de huid aan de omgeving afgestaan door warmtestraling, warmtegeleiding en convectie. Daarvoor moet de omgevingstemperatuur lager zijn dan de huidtemperatuur. Zo niet, dan vindt er warmteopname plaats. Bij hoge buitentemperaturen en bij zware lichamelijke arbeid kan het lichaam niet voldoende warmte afstaan door straling, geleiding en convectie. De warmteafgifte vindt dan plaats door verdamping van zweet op het huidoppervlak. De verdamping leidt tot afkoeling van de huid. De verdamping van vocht in de mond- en neusholte zorgt eveneens voor warmteafgifte.

6.5.1 De temperatuurregeling

Het regelcentrum van de lichaamstemperatuur ligt in je hersenen. Bij stijging van de kerntemperatuur wordt de bloeddoorstroming door de huid vergroot en de zweetproductie geprikkeld. Bij een daling van de kerntemperatuur vermindert de bloeddoorstroming door de huid en wordt de warmteproductie opgevoerd door willekeurige en onwillekeurige (rillen) spierbewegingen. Je lichaam is zo in staat de kerntemperatuur constant te houden ongeacht de omgevingstemperatuur. In zeer droge lucht koel je minder gauw af en warm je ook minder snel op. In een sauna kun je zelfs temperaturen boven 100 ^{0}C verdragen. In koude, vochtige lucht koel je snel af. In warme, vochtige lucht kun je de warmte niet goed kwijt. Om het behaaglijk te houden, draag je in koude omstandigheden isolerende kleding of zet je de verwarming aan. In warme omstandigheden draag je luchtige kleding, zet je de airco aan, ga je in de schaduw zitten of zoek je verkoeling in het water.

6.5.2 Onderkoeling, warmtestuwing en zonnesteek

Bij langdurige blootstelling aan kou of hitte schiet het regelmechanisme te kort. Je raakt onderkoeld of oververhit. Er is sprake van *onderkoeling* (*hypothermie*) als de kerntemperatuur lager is dan 35 ^{0}C. Een kerntemperatuur van minder dan 27 ^{0}C is levensbedreigend. Afhankelijk van de daling van de kerntemperatuur treden de volgende verschijnselen op:

- bleke, koude huid
- rillen
- pijnlijke handen en voeten, krachtverlies
- bloeddrukstijging, snelle en onregelmatige hartslag
- langzame ademhaling
- sufheid, slaperigheid
- verlies coördinatievermogen, desoriëntatie, verwardheid
- bewusteloosheid

Bij een hoge omgevingstemperatuur probeert je lichaam door te zweten het teveel aan warmte kwijt te raken. Je verliest daarbij veel vocht en je droogt uit, tenzij je het vochtverlies aanvult door veel te drinken. In paragraaf 6.2.4 zijn de verschijnselen van uitdroging genoemd. Als er uitdroging optreedt, stopt het zweten en raakt de warmteregulatie uit balans. Er is dan sprake van *warmtestuwing* (*hyperthermie*). De kerntemperatuur loopt op met in volgorde van ernst de volgende verschijnselen:

- hevige dorst
- warm en rood gezicht, *droge* huid
- hoofdpijn
- duizeligheid, misselijkheid, braken
- snelle, oppervlakkige ademhaling
- verminderd gezichtsvermogen
- verwardheid
- spierkrampen
- bewusteloosheid

Een kerntemperatuur van meer dan 41 ^{0}C is levensbedreigend.

Bij een *zonnesteek* treedt niet alleen warmtestuwing en uitdroging op, maar de directe opwarming van je hoofd en nek door de zonnestralen verstoort bovendien je warmteregulatiecentrum. De bovengenoemde verschijnselen van warmtestuwing verergeren dan in snel tempo, waarbij met name hoofdpijn en verwardheid optreden.

6.5.3 Temperatuurbescherming tijdens het zweefvliegen

Tijdens het zweefvliegen kun je te maken krijgen met zowel onderkoeling als warmtestuwing. In het vroege voorjaar kan het nog behoorlijk koud zijn op het veld en als de thermiek je dan gunstig is gezind en je komt lekker hoog, dan daalt de temperatuur nog verder met ongeveer 1 ^{0}C per 100 meter (droogadiabaat). Op 1500 meter is de omgevingstemperatuur dan 15 ^{0}C lager dan op de grond. Als je je niet warm genoeg hebt aangekleed, dan dreigt onderkoeling.

Zweefvliegers in de bergen overbruggen veel grotere hoogteverschillen. Meer dan 5000 meter is geen uitzondering. De omgevingstemperatuur is daar ver onder het vriespunt. Zelfs als op het startveld de temperatuur aangenaam is, dan krijgen zij toch te maken met lage temperaturen, waartegen ze zich goed moeten beschermen.

Warmtestuwing al of niet in combinatie met een zonnesteek is een serieuze bedreiging voor de vliegveiligheid. Op een warme, zomerse dag is er op het veld meestal weinig beschutting te

vinden. Als je dan te weinig drinkt, raak je al enigszins uitgedroogd, zeker als je actief bent op het veld. Wanneer je vervolgens plaatsneemt in een zweefvliegtuig en de kap sluit, dan zit je in een 'broeikastje'. Mocht je ook nog even moeten wachten tot je omhoog wordt gelierd of gesleept, dan heb je al heel veel vocht verloren voordat je eindelijk vliegt. Tijdens de vlucht verlies je nog meer vocht en tegen de tijd dat je gaat landen en daarvoor al je aandacht nodig hebt, ben je zo uitgedroogd dat je concentratie er onder lijdt. Voor het zweefvliegen op zonnige dagen gelden daarom de volgende aanbevelingen.

- Draag altijd een zonnepetje dat je nek geheel bedekt;
- Drink op het veld en voordat je instapt ruim voldoende water. Drink geen koffie of frisdranken met veel suiker (zie boven);
- Neem altijd water mee. Ga uit van tenminste 0,5 liter per uur;
- Bedek de kappen van zweefvliegtuigen die in de rij staan, met witte doeken;
- Laat de kap zo lang mogelijk open, als je bent ingestapt. Ieder zuchtje wind is welkom.

6.6 Samenvatting

Het skelet biedt steun en bescherming. De beenderen van je skelet zijn met elkaar verbonden door pezen en spieren om ze ten opzichte van elkaar te kunnen bewegen. Je hersenen in de schedel en je ruggenmerg in de wervelkolom vormen samen het centrale zenuwstelsel. Het perifere zenuwstelsel bestaat uit de zenuwcellen en zenuwbanen in de rest van je lichaam. In je borstholte liggen je hart en longen. Je buikholte is vooral gevuld met spijsverteringsorganen. Je huid is het beschermende omhulsel van je lichaam.

De voeding zorgt voor energie en bouwstoffen. Een goede, gevarieerde voeding is de basis van een goede gezondheid. Tijdens een zweefvliegdag heb je voldoende voeding nodig, zodat je geen last krijgt van een te lage energievoorraad in je lichaam. Veel eten vlak voor en tijdens een zweefvliegdag is echter niet verstandig, omdat je spijsvertering dan veel zuurstof aan het bloed onttrekt. Bovendien kan door een zware maaltijd veel gas worden geproduceerd in je darmen. Hiervan kun je last krijgen door de luchtdrukveranderingen tijdens het vliegen.

De energierijke voedingsstoffen die je niet direct nodig hebt, sla je op als lichaamsvet. Overgewicht betekent teveel lichaamsvet en verhoogt het risico op allerlei gezondheidsproblemen. Voor zweefvliegers is er een ondergrens en een bovengrens aan het lichaamsgewicht in verband met het beladinggewicht van zweefvliegtuigen.

De wateropname door eten, drinken en de stofwisseling moet in evenwicht zijn met de waterafgifte door urineverlies, transpireren en ontlasting. Watertekort geeft een droge mond en de behoefte om te drinken. Als je te weinig drinkt, ontstaat uitdroging. Omdat uitdroging onder meer leidt tot concentratieverlies en sufheid, is te weinig drinken gevaarlijk voor zweefvliegers. Het drinken van alcohol, koffie en zoete frisdranken stilt de dorst niet en leidt tot nog meer uitdroging.

Met je ademhaling onttrek je zuurstof aan de lucht en scheidt je koolzuurgas uit. De zuurstof wordt in de haarvaatjes van de longen gebonden aan het hemoglobine in de rode bloedlichaampjes. De bloedsomloop transporteert het zuurstofrijke bloed naar de diverse organen en weefsels. Het ademcentrum regelt de diepte en de frequentie van je ademhaling op basis van de hoeveelheid zuurstof en de hoeveelheid koolzuurgas in het bloed. In rust gebruik je ongeveer 0,3 liter zuurstof per minuut. Topsporters kunnen bij zware inspanning tot wel 7 liter zuurstof per minuut gebruiken.

Op zeeniveau is het hemoglobine voor 98% verzadigd met zuurstof. Bij toenemende hoogte daalt de luchtdruk en daarmee ook de partiële zuurstofdruk. Daardoor is op 2500 meter de zuurstofverzadiging in het bloed 90%, op 5500 meter is de verzadiging nog 72% en op 7500 meter is de verzadiging nog maar 50% Een lage zuurstofverzadiging leidt direct tot een snelle en diepe ademhaling en een versnelde hartslag. Zelfs bij een gering zuurstoftekort kun je last krijgen van hoogteziekte. Bij een zuurstofverzadiging van minder dan 85% (3500 m) kan je lichaam het

zuurstoftekort onvoldoende compenseren. Bij een matig tot ernstig zuurstoftekort nemen je coördinatie, concentratie, geheugen en denkvermogen vrij snel af. Na enige tijd verlies je je bewustzijn. In de luchtvaart hanteert men als maatstaf voor de ernst van het zuurstoftekort de tijd die je nog hebt om weloverwogen handelingen te verrichten (Time of Useful Consciousness). Zweefvliegers zijn verplicht om boven de 3500 meter gebruik te maken van een zuurstofvoorziening.

Fysiologische hyperventilatie treedt op als het lichaam meer zuurstof nodig heeft. Bij niet-fysiologische hyperventilatie adem je sneller en dieper zonder dat er een zuurstoftekort of koolzuurgasoverschot is. Niet-fysiologische hyperventilatie wordt vaak veroorzaakt door psychische spanning of angst.

Bij het stijgen naar grotere hoogtes daalt de partiële stikstofdruk in je longen en neemt de hoeveelheid opgelost stikstofgas in je bloed en weefsels af. Als de stikstofdruk snel daalt, dan zal de hoeveelheid opgeloste stikstof in de weefsels in gasvorm vrijkomen in de bloedbaan en daar bellen vormen. De stikstofbellen blokkeren de doorbloeding. Het omringende weefsel krijgt geen zuurstof en voedingsstoffen meer en raakt beschadigd. De verschijnselen die daardoor ontstaan, noemen we decompressieziekte. Decompressieziekte komt bij zweefvliegen niet voor tenzij de zweefvlieger in korte tijd is opgestegen naar een hoogte met een omgevingsdruk die minder is dan de helft van de omgevingsdruk op de startplaats of wanneer de zweefvlieger minder dan 24 uur voor de vlucht met persluchtuitrusting heeft gedoken.

Het hart en de bloedvaten zorgen voor de bloedsomloop. Het hart pompt het bloed rond via de longen (kleine bloedsomloop) en door de rest van het lichaam (grote bloedsomloop). Het zuurstofarme bloed wordt in de longen van zuurstof voorzien en vervolgens als zuurstofrijk bloed via de slagaderen het lichaam ingepompt. Bij de stofwisseling in de weefsels wordt het zuurstof verbruikt en omgezet in koolzuurgas en water. Via de aderen stroomt het zuurstofarme bloed terug naar het hart.

Je hebt 5 tot 7 liter bloed in je lichaam. In rust pompt je hart ongeveer 5,5 liter bloed per minuut je lichaam in. Bij inspanning neemt het hartminuutvolume aanzienlijk toe tot wel 35 liter per minuut bij getrainde sporters. Bij inspanning neemt ook de bloeddruk toe. In rust is de systolische bloeddruk ongeveer 120 mmHg en de diastolische bloeddruk ongeveer 80 mmHg. Bij een systolische bloeddruk in rust van meer dan 160 mmHg en/of een diastolische bloeddruk van meer dan 100 mmHg is er sprake van ziekelijke hypertensie met een verhoogd risico op allerlei aandoeningen.

De doorbloeding van je lichaam wordt deels geregeld in de organen en weefsels zelf en deels op centraal niveau in je hersenen. Voor de aansturing op centraal niveau van de bloeddoorstroming maakt het bloedsomloopcentrum in je hersenen gebruik van drukreceptoren in enkele slagaders en aders. Het bloedsomloopcentrum regelt ook het hartminuutvolume via twee zenuwknopen in het hart.

Als zweefvlieger heb je te maken met lineaire versnellingen en met hoekversnellingen. Deze versnellingen zijn het resultaat van diverse krachten die op je lichaam inwerken. Deze G-krachten kunnen het bloed naar je hoofd stuwen (negatieve G-krachten) of het bloed naar je benen stuwen (positieve G-krachten). Bij negatieve G-krachten zie je een rode waas en bij positieve G-krachten treden afhankelijk van de sterkte van de krachten tunnelvisie, grey-out, black-out en bewusteloosheid op. Factoren die de bloedsomloop en daarmee het zuurstoftransport naar de hersenen ongunstig beïnvloeden, verminderen de tolerantie voor positieve G-krachten.

Je lichaam en dan met name het temperatuurregelcentrum in je hersenen houdt de kerntemperatuur in je hoofd, borstholte en buikholte op een vrij constant niveau van ongeveer 37 ^{0}C. Bij een stijging van de kerntemperatuur wordt de bloeddoorstroming door de huid vergroot en komt de zweetproductie op gang. Bij een daling van de kerntemperatuur vermindert de bloeddoorstroming door de huid en wordt de warmteproductie opgevoerd met willekeurige en onwillekeurige spierbewegingen. Bij langdurige blootstelling aan kou of hitte schiet het regelmechanisme te kort. Je raakt onderkoeld of oververhit. Verschijnselen van onderkoeling zijn rillen, sufheid, verlies van coördinatievermogen, desoriëntatie en verwardheid. Onderkoeling is

dan ook een bedreiging voor de vliegveiligheid. Warmtestuwing is eveneens een bedreiging voor de vliegveiligheid, omdat daarbij verschijnselen als hevige dorst, hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid en verwardheid kunnen optreden. Bij een zonnesteek treedt niet alleen warmtestuwing en uitdroging op, maar wordt de hele warmteregulatie verstoord. Een zonnesteek kan levensbedreigend zijn.

Zweefvliegers moeten zich op koude dagen beschermen tegen afkoeling door isolerende kleding te dragen. Op warme, zonnige dagen moeten zweefvliegers zich beschermen tegen warmtestuwing en een zonnesteek door hun hoofd en lichaam met luchtige kleding te beschermen, ruim voldoende te drinken en de cockpit koel te houden.

Hoofdstuk 7: Gezond zweefvliegen

7.0 Inleiding

Je bent *bevoegd* (eng: *qualified*) om te zweefvliegen, als je voldoet aan de gestelde brevet- en ervaringseisen en als je medisch bent goedgekeurd. *Bekwaam* (eng:*competent* of *proficient*) om te zweefvliegen ben je pas als je werkelijk in staat bent om binnen de grenzen van je brevetbevoegdheden veilig te vliegen in alle situaties die je redelijkerwijs kunt tegenkomen. Bekwaamheid betekent dus niet alleen dat je bevoegd bent, maar ook dat je gezond en fit bent, zodat je zowel lichamelijk als geestelijk in staat bent om alle vliegtaken veilig uit te voeren.

Tijdens de medische keuring wordt bekeken of je lichamelijk en geestelijk voldoet aan de minimale eisen om veilig te kunnen zweefvliegen. De medische keuring komt aan bod in paragraaf 7.1 De medische keuring biedt echter geen garantie dat je in staat bent om veilig te vliegen. Je moet ook fit zijn tijdens een vliegdag. Als je je fit voelt en lekker in je vel zit, dan vlieg je beter, ben je alerter en reageer je sneller. Gezond zijn en je fit voelen is niet alleen nodig om met plezier te vliegen, maar ook om veilig te vliegen. Een eerste voorwaarde hiervoor is een redelijk uithoudingsvermogen. In paragraaf 7.2 bepreken we wat we hieronder verstaan en hoe je je uithoudingsvermogen kunt verbeteren. In paragraaf 7.3 bespreken we de invloed van leeftijd op de vliegveiligheid. Andere factoren die eveneens bepalen of je voldoende fit bent om veilig te vliegen zijn ziekte, voeding en drinken, geneesmiddelengebruik, alcoholgebruik, stress, vermoeidheid en emotionele opwinding. Deze factoren bespreken we in paragraaf 7.4 aan de hand van de I-AM-SAFE checklijst.

7.1 De medische keuring

Zweefvliegers moeten zich medisch laten keuren. Na goedkeuring krijgen ze een *medisch certificaat* dat ze tijdens het vliegen bij zich moeten hebben. Bijlage IV (= Part-MED) van de EU Verordening nr. 1178/2011 gaat over de medische keuring van vliegers. Subdeel A van *Part-MED* bevat de algemene richtlijnen voor de keuring en voor de afgifte en geldigheid van het medisch certificaat. De keuringseisen staan beknopt in Subdeel B van Part-MED en worden uitgebreid toegelicht in de Acceptable Means of Compliance (AMC) bij de verordening. Zie hoofdstuk 4 van de LAPL syllabus over de Luchtvaartwetgeving.

Tijdens de keuring bevraagt de keuringsarts de kandidaat over zijn medische voorgeschiedenis en over aanwezige aandoeningen en beperkingen. De keuringsarts verricht tevens een lichamelijk onderzoek met speciale aandacht voor het hart, de longen, het bewegingsapparaat, de bloeddruk, het gezichtsvermogen, het gehoor, het evenwicht, de zenuwreflexen en de aanwezigheid van eiwit en/of suiker in de urine. Sommige aandoeningen of afwijkingen zijn niet verenigbaar met veilig vliegen, zoals een te hoge bloeddruk, een ernstige hartkwaal, sommige longziekten, diabetes type 1 en enkele neurologische en psychiatrische aandoeningen. Het gebruik van sommige medicijnen en het gebruik van drugs leiden eveneens tot afkeuring. Bij andere aandoeningen, zoals diabetes type 2 of hartritmestoornissen, moet de keuringsarts aanvullend onderzoek (laten) doen om te kunnen beoordelen of de kandidaat in aanmerking komt voor een certificaat. Beperkingen in de gezichtsscherpte of het kleuren zien kunnen leiden tot een aantekening op het medisch certificaat.

Het medische certificaat behorende bij het zweefvliegbrevet LAPL(S) is vijf jaar geldig voor zweefvliegers tot 40 jaar en twee jaar geldig is voor zweefvliegers vanaf 40 jaar. Het medisch certificaat behorende bij het zweefvliegbrevet SPL (ICAO klasse 2) is vijf jaar geldig voor

zweefvliegers tot 40 jaar, 2 jaar voor zweefvliegers van 40 - 50 jaar en 1 jaar voor zweefvliegers ouder dan 50 jaar. In de EU verordening staat tevens dat (zweef)vliegers geen gebruik mogen maken van hun bevoegdheden waartoe zij op grond van het vliegbewijs gerechtigd zijn, wanneer zij:

- zich bewust zijn van een afname van hun medische geschiktheid waardoor zij hun taken niet meer veilig kunnen uitvoeren;
- voorgeschreven of niet voorgeschreven medicatie gebruiken die een veilige uitoefening van de aan het bewijs van bevoegdheid verbonden bevoegdheden kan beïnvloeden;
- een medische, operatieve of andere behandeling (hebben) ondergaan die de vluchtveiligheid kan beïnvloeden.

Als een zweefvlieger na te zijn goedgekeurd

- een ernstige ziekte of ernstig ongeval heeft gehad,
- een ziekenhuisopname of operatie heeft gehad,
- medicijnen is gaan gebruiken,
- voor het eerst corrigerende lenzen is gaan gebruiken,
- zwanger is,

dan dient de zweefvlieger het advies van een luchtvaartgeneeskundig centrum of een bevoegde keuringsarts in te winnen en vindt er een herkeuring plaats. Uit deze beperkingen betreffende het medisch certificaat blijkt dat je zelf de verantwoordelijkheid draagt om te beoordelen of je voldoende gezond en fit bent om te vliegen. Of je voldoende gezond bent en welke factoren je gezondheid kunnen bedreigen, komt aan bod in de volgende paragrafen.

7.2 Uithoudingsvermogen

Zeker als je een lange vlucht maakt, betekent zweefvliegen een behoorlijke belasting voor je lichaam. Je moet voortdurend alert zijn en de omgeving blijven scannen, je lichaam moet zich aanpassen aan de vele bewegingen van het vliegtuig en ook heb je te maken met temperatuurschommelingen in de cockpit waar je lichaam zich op moet instellen. Tevens betekent de luchtdrukafname naarmate je hoger vliegt, een extra belasting voor je ademhaling en bloedsomloop. Al deze activiteiten kosten energie en je raakt vermoeid. Je concentratie, reactievermogen en denkvermogen nemen af en je wordt meer gevoelig voor de gezichtsstoornissen en evenwichtsstoornissen die we hebben besproken in de hoofdstukken 3 en 4. Je moet dan ook beschikken over een redelijk uithoudingsvermogen om veilig te kunnen zweefvliegen. Tijdens de medische keuring bepaalt de keuringsarts op basis van je hart- en longfunctie of je bent opgewassen tegen de lichamelijke belasting van het zweefvliegen.

Door 2½ uur per week, verspreid over diverse dagen, intensief te bewegen kun je je uithoudingsvermogen verbeteren en op peil houden. Intensief bewegen wil zeggen dat je hartslag boven 120 slagen per minuut blijft.

Regelmatig intensief bewegen heeft een zeer gunstig effect op je lichamelijk functioneren en je uithoudingsvermogen. Je ademhaling wordt dieper en efficiënter, je hartspier wordt sterker, je bloedvaten worden elastischer en de doorbloeding van je hart en spieren wordt beter. In rust wordt de bloeddruk lager, neemt de hartslagfrequentie af en ga je langzamer ademen. Andere effecten zijn een betere stofwisseling, verlies van overgewicht en minder vatbaarheid voor ziektes. Met name de kans op hart- en vaatziekten neemt duidelijk af.

Overgewicht, roken, veelvuldig alcoholgebruik en stress hebben een nadelig effect op je uithoudingsvermogen. Zweefvliegers met weinig uithoudingsvermogen kunnen kou en warmte slechter verdragen en zijn gevoeliger voor zuurstoftekort en G-krachten. Dat geldt ook voor oudere zweefvliegers. In de volgende paragraaf staan we daarom kort stil bij de beperkingen die gelden voor zweefvliegen op hogere leeftijd.

7.3 Leeftijd

Zweefvliegen stelt geen extreem hoge lichamelijke eisen aan de beoefenaars. Met een redelijk goed uithoudingsvermogen en zonder lichamelijke klachten of beperkingen kun je tot op hoge leeftijd zweefvliegen. Oudere zweefvliegers zijn wel minder opgewassen tegen omstandigheden die veel eisen van de ademhaling en de bloedsomloop, zoals vliegen op grote hoogte en kunstvliegen.

Hoewel zweefvliegen een sport is voor jong en oud, verminderen je vliegprestaties naarmate je ouder wordt. De beperkingen betreffen vooral de geestelijke vermogens. Naarmate je ouder wordt verminderen je gezichtsvermogen en je gehoor. Je bent toe aan een leesbril, ziet minder scherp en hoort de hoge tonen steeds slechter. Tijdens de medische keuring wordt bekeken in hoeverre je zintuigen nog voldoen aan de minimale eisen. Ouderen kunnen ook minder goed onthouden. Het kost ze meer moeite om kennis en ervaringen in het geheugen op te slaan en het lukt ook minder goed om deze kennis en ervaringen weer op te roepen uit het geheugen. Ouderen leren daardoor minder snel. Ouderen reageren ook minder snel en hun bewegingen zijn minder goed gecoördineerd. Het denken van ouderen gaat ook wat trager en het kost hen meer moeite om overzicht te houden in complexe situaties en om hun prioriteiten te stellen. Leren zweefvliegen is voor ouderen dan ook veel moeilijker dan voor jongeren.

De achteruitgang in geestelijke vermogens gaat geleidelijk en hoeft geen reden te zijn om niet te kunnen zweefvliegen. Ouderen kunnen tot op hoge leeftijd veilig zweefvliegen, mits ze hun vliegbekwaamheid op peil houden door veel te vliegen en ze hun vliegbekwaamheid geregeld laten beoordelen tijdens een checkvlucht.

7.4 I-AM-SAFE

Naast je algemene gezondheid, je uithoudingsvermogen en je leeftijd zijn er nog andere factoren die bepalen of je voldoende fit bent om te zweefvliegen. Met de *I-AM-SAFE checklijst* kun je nagaan of deze factoren je geschiktheid om te vliegen niet nadelig beïnvloeden. De I-AM-SAFE checklijst staat voor:

- Illness (ziekte)
- Alimentation (voeding en drinken)
- Medicine (gebruik van geneesmiddelen)
- Stress (chronische spanning in je leven)
- Alcohol (gebruik van alcohol en andere genotmiddelen)
- Fatigue (vermoeidheid)
- Emotions (tijdelijke emotionele spanningen)

Mocht je onvoldoende fit zijn ten gevolge van één van de factoren, dan kun je niet veilig zweefvliegen. Bij twijfel geldt: niet vliegen!

7.4.1 Ziekte

Als je ziek bent, komt je lichaam in de 'afweer' stand. De energie gaat naar het bestrijden van de ziekte. Je afweersysteem wordt actief. De ziektekiemen in je lichaam en de afweerstoffen die vrijkomen, verstoren je vochtbalans en temperatuurregeling (koorts). Voor zover je nog tot iets komt, gaat dat moeizaam. Zweefvliegen is dan uitgesloten.

Bij sommige aandoeningen, zoals bij een verkoudheid, lichte hoofdpijn of als je ingewanden wat overstuur zijn, dan voel je je wellicht niet ziek, maar helemaal fit ben je ook niet. Ook dan moet je niet gaan zweefvliegen. Een verkoudheid heeft als bijkomend probleem de zwelling van de slijmvliezen. De buis van Eustachius en de doorgangen van je hoofdholtes naar je neusholte kunnen daardoor verstoppen. Klaren lukt niet meer en stijgen of dalen tijdens het vliegen kan pijn doen (zie de paragrafen 5.3 en 5.4). Ga dus niet zweefvliegen als je verkouden bent en niet goed kunt klaren. Als je ingewanden overstuur zijn kan zich een vergelijkbaar probleem voordoen. Bij het stijgen gaan de gassen in je darmen uitzetten met als gevolg pijnlijke darmkrampen (zie paragraaf 6.2.1). Ook dan is vliegen geen pretje meer.

7.4.2 Voeding en drinken

De problemen ten gevolge van onvoldoende of verkeerde voeding zijn besproken in paragraaf 6.2.1 De problemen door onvoldoende drinken (uitdroging) zijn besproken in paragraaf 6.2.4

7.4.3 Geneesmiddelen

Je gebruikt geneesmiddelen, omdat er iets mis is met je gezondheid. Geneesmiddelengebruik is dan ook een goede reden om niet te zweefvliegen. Geneesmiddelen hebben tevens bijwerkingen, zoals sufheid, toegenomen reactietijd, coördinatie- en concentratieverlies. Deze bijwerkingen belemmeren eveneens een veilige vluchtuitvoering.

Vrij verkrijgbare geneesmiddelen zoals pijnstillers (paracetamol, ibiprufen), kalmeringsmiddelen en middelen tegen allergie en luchtziekte (antihistamine), lijken wellicht onschuldig, maar ze onderdrukken de klachten. Er is alleen sprake van symptoombestrijding; de oorzaak van de klachten blijft aanwezig. Bovendien hebben ook deze geneesmiddelen bijwerkingen, zoals sufheid. De werkzame stof van deze geneesmiddelen blijft vaak nog lang actief in je lichaam. Een goede regel is dan ook om binnen 48 uur na het gebruik van enig geneesmiddel niet te vliegen.

Ook bij het gebruik van voorgeschreven geneesmiddelen geldt dat je vanwege de aandoening en/of de bijwerkingen niet mag vliegen. Het hangt uiteraard van het soort geneesmiddel af, wanneer het is uitgewerkt in je lichaam. Slaapmiddelen, kalmerende middelen en zware pijnstillers kunnen nog dagenlang effect hebben. Overleg met je keuringsarts, wanneer je na gebruik van deze geneesmiddelen weer kunt vliegen.

Voor geneesmiddelen die je gedurende langere tijd gebruikt om een aandoening te voorkomen, onder controle te houden of niet te doen verergeren, zoals bloeddrukverlagers, diabetesmedicatie, hooikoorts- en astmamedicatie of middelen voor een betere spijsvertering, gelden wisselende regels. Sommige van deze geneesmiddelen, zoals diabetesmedicatie, leiden tot afkeuring. Het gebruik van andere geneesmiddelen hoeft op zich geen bezwaar te zijn. Overleg

in zo'n geval met de Commissie Medische Zaken van de KNVvL of met je keuringsarts of de aandoening en het gebruik van het geneesmiddel een belemmering vormen voor het zweefvliegen.

7.4.4 Stress

Stress is het mechanisme dat ervoor zorgt dat je je aanpast aan en weet om te gaan met situaties die je normale functioneren bedreigen of verstoren. De factoren die de stress veroorzaken, worden *stressoren* genoemd. Stressoren zijn te verdelen in:
omgevingsstressoren, zoals zuurstoftekort, luchtvervuiling, G-krachten, fel licht, hard geluid, extreme temperatuur en stank;
lichamelijke stressoren, zoals een verwonding, ziekte, uitputting, uitdroging, ondervoeding, overgewicht, alcohol, drugs, sommige medicatie, slaap tekort, oververhitting en onderkoeling;
geestelijke stressoren, zoals mentale (over)belasting, heftige emoties (woede, angst, verdriet), schuldgevoel en machteloosheid, maar ook teleurstelling en verveling;
sociale stressoren, zoals het verlies van dierbaren, problemen met werk, financiële problemen, relatieproblemen, groepsdruk, bedreigingen, vernedering of eenzaamheid.

Een stressor heeft in het algemeen een motiverend effect met de bijbehorende mentale en fysieke arousal reacties (*alarmfase*). In een veeleisende situatie leidt de arousal tot de benodigde actiebereidheid om snel en goed te reageren. Denk maar aan de situatie waarin je een lastige buitenlanding moet uitvoeren.

Kortdurende stress geeft gewoonlijk weinig problemen. Je zorgt er voor dat de stressor minder effect op je heeft door óf de stressor zelf uit te schakelen óf je beter te beschermen tegen de stressor (*reactiefase*). Een gezond iemand is dan ook prima in staat om een kortdurende stressor het hoofd te bieden. Wanneer de stressoren echter langere tijd aanhouden en hun invloed niet kan worden beperkt, ontstaat *overbelasting*. De stress wordt *chronisch* en kan leiden tot:

- lichamelijke verschijnselen zoals versnelde hartslag, verhoogde bloeddruk, maag- en darmklachten, verhoogde spierspanning, misselijkheid, oorsuizen, vermoeidheid, hoofdpijn en andere pijnklachten;
- geestelijke verschijnselen en gedragsstoornissen, zoals emotionele labiliteit, prikkelbaarheid, aandachts- en concentratiestoornissen, geheugenstoornissen, slaapstoornissen, ongezond gedrag (voeding, roken, alcohol), depressiviteit, negatief zelfbeeld, waanbeelden en zelfverwaarlozing.

Er zijn grote verschillen in de manier waarop mensen omgaan (eng: *coping*) met langdurige stress. Sommige mensen gaan de confrontatie aan, anderen zoeken sociale steun en weer anderen richten zich vooral op het beheersen van de bijkomende emoties, zoeken afleiding of ontkennen zelfs het probleem. De motivatie en persoonlijkheid, die zijn besproken in hoofdstuk 2, zijn sterk bepalend voor de copingstijl die mensen hanteren.

Langdurige stress komt vooral voor bij mensen die langdurig worden blootgesteld aan een combinatie van stressoren, zoals mensen die moeten werken op onregelmatige tijden, bijvoorbeeld in ploegendiensten. Hun biologisch dag-nacht ritme raakt verstoord, ze hebben daardoor vaak slaapproblemen, de werkdruk is meestal hoog en hun sociale leven komt ernstig in het gedrang. Ieder van deze stressoren zou afzonderlijk nog wel hanteerbaar zijn, maar de

stressoren hebben een *cumulatief* effect. De effecten van de stressoren tellen bij elkaar op en de combinatie van de stressoren gaat dan de lichamelijke en geestelijke draagkracht te boven.

Zweefvliegers zijn onderhevig aan diverse stressoren, zoals de vliegtuigbewegingen, hoge en lage temperaturen, mentale belasting, veiligheidsrisico's en soms ook sociale druk. Gecombineerd met andere stressoren uit het dagelijks leven, zoals problemen op het werk of in de thuissituatie, kan het gezamenlijke effect van de stressoren eveneens leiden tot overbelasting.

Mensen met chronische stress krijgen op den duur last van geestelijke uitputting (*burn-out*). Langdurige stress kan blijvende gezondheidsschade berokkenen, zoals hart- en vaatziekten, hormoonstoornissen en stoornissen van het immuunsysteem. De verschijnselen van langdurige stress verstoren het veilig vlieggedrag en vormen een bedreiging van de vliegveiligheid. Langdurige stress maakt zweefvliegers dan ook ongeschikt om zelfstandig te vliegen. Met professionele hulp kan men de chronische stress de baas worden.

7.4.5 Alcohol en andere genotmiddelen

Je mag niet zweefvliegen als je onder invloed bent van een stof waarvan je weet of redelijkerwijze moet weten, dat het gebruik ervan, al dan niet in combinatie met het gebruik van een andere stof, je vliegvaardigheid zodanig vermindert dat je niet meer veilig kunt vliegen (artikel 2.12 van de Luchtvaartwet). Voor alcoholgebruik geldt dat je pas na 10 uur weer mag vliegen én dat het percentage alcohol in je bloed lager moet zijn dan 0,2 promille. De 10 uur grens geldt voor matig alcoholgebruik (maximaal 2 glazen). Als je stevig hebt gedronken, dan duurt het langer dan 10 uur voordat het alcoholpromillage lager is dan 0,2 en moet je dus langer wachten voordat je weer kunt zweefvliegen.

Deze regels zijn aanzienlijk strenger dan voor het alcoholgebruik in het verkeer en dat is niet voor niets. Alcohol heeft invloed op je waarneming, aandacht, geheugen, denkvermogen en motoriek. Je ziet slechter, je evenwichtsgevoel wordt minder, je kunt je slechter concentreren, wordt sneller afgeleid, vergeet sneller, onderschat risico's en je beweegt ongecoördineerd. Bovendien leidt alcohol tot zelfoverschatting. Daarnaast heeft alcohol effect op je lichamelijk functioneren. Je temperatuurregeling raakt van slag, je slaapt slechter en je bent 'sochtends niet uitgerust (brak).

Bij zweefvliegen spelen twee bijkomende problemen. In de eerste plaats versterkt de lagere partiële zuurstofdruk bij toenemende hoogte de effecten van alcohol enigszins. In de tweede plaats heeft alcohol een uitdrogend effect dat je suf en slaperig maakt. Aangezien je lichaam niet alleen tijd nodig heeft om de alcohol af te breken, maar ook tijd nodig heeft om te herstellen van de uitdroging, moet je na stevig alcoholgebruik tenminste 24 uur wachten voor je gaat zweefvliegen.

Uit recent onderzoek is gebleken dat er al bij matig alcoholgebruik een verhoogd risico is op gezondheidsproblemen en overlijden. Matig alcoholgebruik houdt in dat je verspreid over de week minder dan 100 gram alcohol drinkt. Dit komt neer op 5 tot 6 glazen per week. Bij meer dan 100 gram alcohol per week neemt de kans op hart- en vaatziekten en op overlijden duidelijk toe. De kans op andere ziekten, zoals diverse soorten kanker en diabetes, neemt eveneens toe door alcoholgebruik.

De ongunstige effecten van roken op je uithoudingsvermogen en op je vliegvaardigheid zijn in hoofdstuk 6 besproken. Roken verhoogt niet alleen de kans op allerlei ziekten, maar roken verslechtert ook de ademhaling en bloedsomloop. Rokers zijn daardoor meer gevoelig voor zuurstoftekort (hoogteziekte), decompressieziekte, G-krachten, extreme temperaturen en zichtbeperkingen zoals nachtblindheid. Een sigaret opsteken vlak voordat je gaat vliegen heeft tevens als nadelig effect dat de sigarettenrook koolmonoxide bevat dat zich sterk hecht aan het hemoglobine in je rode bloedlichaampjes. De koolmonoxide verdringt de zuurstof en je wordt

nog gevoeliger voor zuurstoftekort op grotere hoogte. De koolmonoxide is pas na 8 uur verdwenen.

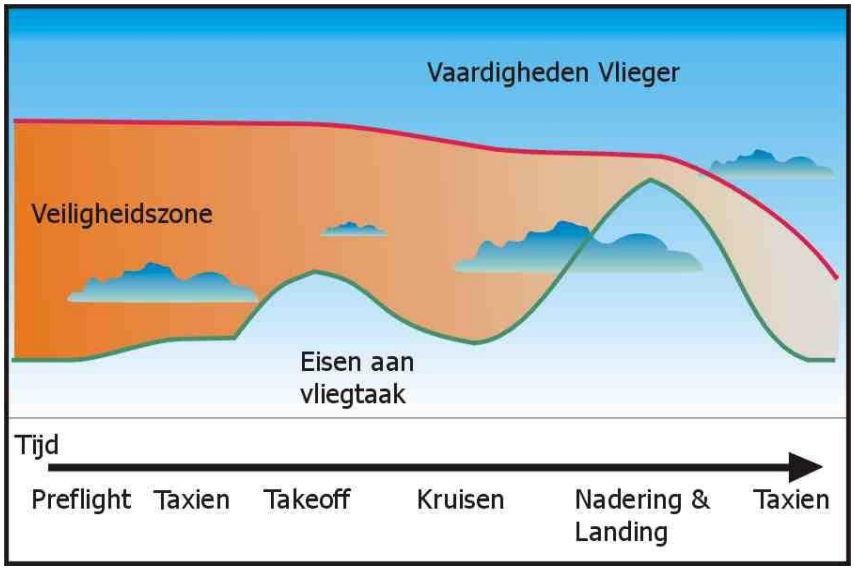
In het General Aviation Protocol betreffende het gebruik van alcohol, drugs en medicijnen dat de KNVvL in 2012 heeft afgesloten met een aantal andere vliegorganisaties, staat dat het gebruik van softdrugs en harddrugs wordt afgewezen voor alle deelnemers aan de recreatieve luchtvaart.

7.4.6 Vermoeidheid en slaapgebrek

Vermoeidheid is een verzamelnaam voor verschillende vormen van niet fit zijn. Vermoeidheid kan duiden op lichamelijke uitputting, op krachtverlies,op de behoefte aan slaap, op geestelijke overbelasting en op het gevoel het leven niet aan te kunnen. Voor vermoeidheid zijn dan ook evenzo veel oorzaken aan te geven, zoals lichamelijke inspanning, slaapgebrek, stress, bloedarmoede, zuurstoftekort, uitdroging, een laag bloedsuikergehalte, koorts, diverse ziektes, vergiftiging en psychische depressie. Vermoeidheid kan tijdelijk zijn. Na een rustpauze of een nacht goed slapen ben je weer fit. *Chronische vermoeidheid* kan weken tot jaren aanhouden en hangt vaak samen met geestelijke en/of sociale problemen. Meestal verdwijnt de chronische vermoeidheid, nadat de oorzaak is weggenomen, maar sommige mensen zijn zonder duidelijke oorzaak blijvend moe. Chronische vermoeidheid gaat vaak gepaard met lichamelijke klachten zoals hoge bloeddruk, hartritmestoornissen, stofwisselings- en spijsverteringsstoornissen, hoofdpijn en gewrichtspijnen.

Vermoeidheid is een gevaar voor de vliegveiligheid. Als je vermoeid bent, is je concentratie minder, presteer je zowel lichamelijk als geestelijk slechter, ben je geestelijk minder stabiel en ben je ook minder kritisch over je eigen handelen. Je reageert te laat, maakt vergissingen en bent niet helder genoeg om je vergissingen tijdig te onderkennen en te herstellen. Je wordt snel moe bij uitdroging, zuurstoftekort, extreme temperaturen, lawaai en slecht zicht. Wanneer je zonder zonnebril vliegt is het licht te fel voor je ogen en heb je bovendien last van hinderlijke schitteringen. Je ogen worden dan snel moe. Vliegen zonder petje met de felle zon op de cockpitkap is eveneens extra vermoeiend.

De landing is in het algemeen de vliegfase met de meeste risico's. 66% van alle zweefvliegincidenten ontstonden tijdens de (buiten)landing (zie paragraaf 1.1). Vooral tijdens de landing moet je voldoende alert zijn om je vaardigheden ten volle te kunnen benutten. Echter, na een lange vlucht ben je in de landingsfase het meest vermoeid. Onderstaande figuur laat zien dat juist in de landingsfase het prestatieniveau van een zweefvlieger daardoor tekort kan schieten.



Om tijdens de landing niet te vermoeid te zijn, zodat je vergissingen gaat maken, moet je aan het begin van iedere vlucht goed zijn uitgerust. Goed slapen en ontspanning in je dagelijks leven zorgen hiervoor. Je kunt zorgen voor een goede nachtrust door:

- een regelmatig slaapritme, niet nachtbraken;
- een stille, donkere en frisse slaapkamer zonder afleidingen;
- lichaamsbeweging voor je gaat slapen;
- geen koffie, geen alcohol en niet veel eten voor je gaat slapen.

Voldoende ontspanning heeft vooral te maken met je leefwijze. Het helpt als je:

- je niet laat opjagen door anderen of jezelf (*hurry-up syndroom*);
- jezelf pauzes toestaat om even tot rust te komen;
- je geestelijk ontspant door lichamelijk actief te zijn, zoals wandelen, fietsen of tuinieren;
- je leven niet laat vergallen door emoties en stemmingen;
- hulp zoekt, in je omgeving of professioneel, als je de spanningen in je leven niet aankunt.

7.4.7 Emoties

In de paragrafen 3.2 en 3.3 zijn we uitgebreid ingegaan op het effect van emoties en opwinding (arousal) op je aandacht, waarneming, geheugen en denkvermogen. Je functioneert optimaal bij een matig niveau van arousal. Plezierige emoties zorgen voor zo'n matig arousalniveau, maar pas op voor euforische gevoelens waardoor je onachtzaam wordt en gevaren bagatelliseert. Heftige, negatieve emoties, zoals woede of angst, vormen een bedreiging voor de vliegveiligheid. Je zult eerst tot bedaren moeten komen, voordat je in een zweefvliegtuig stapt.

7.5 Samenvatting

Je bent bevoegd om te zweefvliegen als je voldoet aan de breveteisen, ervaringseisen en medische keuringseisen. Je bent pas bekwaam om te zweefvliegen als je ook voldoende fit bent om veilig te vliegen in alle situaties die je redelijkerwijs kunt tegenkomen.

De medische keuring beoordeelt of je geen lichamelijke en geestelijke beperkingen hebt die veilig vliegen in de weg staan. Je draagt echter zelf de verantwoordelijkheid om te beoordelen of je voldoende gezond en fit bent om te vliegen.

Om veilig te kunnen zweefvliegen, moet je beschikken over een redelijk uithoudingsvermogen. Je hoeft geen topsporter te zijn, maar je moet de lichamelijke belastingen en inspanningen van het zweefvliegen goed kunnen verdragen. Regelmatig intensief bewegen heeft een zeer gunstig effect op je lichamelijk functioneren en je uithoudingsvermogen.

Hoewel je lichamelijke en geestelijke vermogens achteruit gaan naarmate je ouder wordt, is een hoge leeftijd op zich geen belemmering om veilig te vliegen, mits je je vaardigheden op peil houdt door veel te vliegen en je je regelmatig laat beoordelen met een checkvlucht.

Met de I-AM-SAFE checklijst kun je nagaan of je voldoende fit bent om te vliegen. De checklijst staat voor: Illness, Alimentation, Medicine, Stress, Alcohol, Fatigue en Emotions.

In hoofdstuk 6 is ingegaan op het belang van goede voeding en voldoende drinken. In hoofdstuk 3 zijn de nadelige effecten van heftige emoties en een hoog arousalniveau op je vliegbekwaamheid besproken.

Als je niet echt ziek bent, maar wel last hebt van een verkoudheid, hoofdpijn of je ingewanden, dan ben je onvoldoende fit om te vliegen. Bij een verkoudheid kun je bovendien problemen krijgen met de luchthoudende holtes in je hoofd (middenoor, voorhoofdsholtes, kaakholtes). Bij darmproblemen kunnen de gassen in je darmen pijnlijke krampen veroorzaken.

Op een enkele uitzondering na is het gebruik van geneesmiddelen onverenigbaar met veilig vliegen. Dat geldt evenzeer voor chronische stress en vermoeidheid. Om veilig te kunnen vliegen

moet je voldoende uitgerust zijn, zeker omdat je aan het einde van een (lange) vlucht vermoeid bent en juist dan al je vliegvaardigheden nodig hebt voor een veilige landing.

Het gebruik van alcohol en andere genotmiddelen is een bedreiging voor de vliegveiligheid. Voor de luchtvaart zijn de regels voor alcoholgebruik dan ook strenger dan voor verkeersdeelname. Roken wordt sterk ontraden en drugsgebruik is onverenigbaar met veilig vliegen.

Bijlage 1: Leerdoelen Menselijke Prestaties en Beperkingen,
Referentie: EU verordening 2011/1178 Part FCL, AMC1 FCL.115 en FCL120

Inhoud	Niveau/Leerdoel
Basisconcepten	
Oorzaken ongevallen.	De leerling kent de belangrijkste oorzaken bij ongevallen, menselijk falen, naar vluchtfase.
De trainingsbarometer.	De leerling kent het belang van recente vliegervaring en kan aan de hand van de barometer een risico-inschatting doen. De leerling weet dat hij checkstarts kan aanvragen.
De vliegmedische keuring.	De leerling kent de onderdelen van de vliegmedische keuring.
Elementaire luchtvaartfysiologie	
De invloed van atmosferische druk op gezondheid.	De leerling kent de basisprincipes van ademhaling en zuurstoftransport door het lichaam. De leerling kent de gevolgen van toenemende hoogte op het lichamelijke systeem. De leerling kent de symptomen van zuurstofgebrek (hypoxie en decompressieverschijnselen), de hersteltijden en -maatregelen.
De invloed van versnellingen op het vaatsysteem.	De leerling kent de gevolgen van versnellingen (grey-out, tunnel vision en black-out) op de bloedsomloop.
De werking van het menselijke oog.	De leerling kent de basisprincipes van de werking van het menselijke oog, de beperkingen ervan alsmede methoden (kijkmethoden) om die beperkingen te minimaliseren.
De werking van het gehoor- en evenwichtsorgaan.	De leerling kent de basisprincipes van de werking van het menselijke oor en het evenwichtsorgaan, de beperkingen ervan alsmede methoden om die beperkingen te minimaliseren.
Luchtziekte.	De leerling kent de oorzaken van luchtziekte en het verband met ruimtelijke oriëntatie. De leerling kent de verschillende vormen van ruimtelijke desoriëntatie (illusies) en weet hoe hij deze kan beperken..
De I'M SAFE check.	De leerling kent de gevolgen van ziekte, medicijnen, stres, alcohol, vermoeidheid en eten & drinken op zijn vliegvaardigheid.
Psychologische aspecten van luchtvaart	
Hoe ontstaan ongelukken.	De leerling kent het zwitserse kaasmodel.
Aviate, navigate, communicate	De leerling kent de prioriteiten bij noodsituaties.
De vijf verkeerde houdingen.	De leerling kent de vijf verkeerde houdingen (attitudes) die een risicofactor kunnen zijn bij het ontstaan van ongelukken.
Het waarnemingsproces.	De leerling kent de basisprincipes van het menselijke waarnemingsproces.
Situational awareness	De leerling kent het belang van een correcte situational awareness en kent de factoren die deze in de weg kunnen staan.
Spanning en stress.	De leerling kent de oorzaken van het ontstaan van de verschillende soorten spanningen en stress. De leerling kent het verband tussen de verschillende stressniveaus en de invloed ervan op zijn prestaties. De leerling kent de methoden om stressniveaus binnen de perken te houden.
Beslissingsniveaus	De leerling kent de verschillende beslissingsniveaus (skill-based, rule-based, knowledge-based) .

Bijlage 2: Begrippen

aandacht. Par. 2.1 en 2.4
accident. Par. 1.0
accident-prone. Par. 3.3
accommodatie. Par. 4.2
achromatopsie. Par. 4.8.2
actieve fouten. Par. 1.4
adaptatie. Par. 4.3
ademhaling. Par. 6.3
aders. Par. 6.4
adrenaline junkies. Par. 3.3
afgeleid worden. Par. 2.4
agrafische illusie. Par. 5.9.4
alarmfase. Par. 7.4.4
alternobaro vertigo. Par. 5.3
alveoli. Par. 6.3
amplitude. Par. 5.2
ampulla. Par. 5.6.1
analytisch. Par. 2.6.3
ANC. *Aviate, Navigate, Communicate,* Par. 2.6.3
angststoornis. Par. 6.3.5
anti-autoritair. Zie 3.4.1
anticipation. Par. 2.8
anticiperen. Par. 2.7
aorta. Par. 6.4.3
arousal. Par. 3.3, Par. 3.1 en 3.3
arterie. Par. 6.4
assessment. Par. 2.8
associatie. Par. 4.6, Par. 2.5.1
attitude. Par. 3.4
autokinese. Par. 4.9.1
Aviate, *Navigate, Communicate*. Par. 2.6.2

barotrauma. Par. 5.3
bekwaam. Par. 7.0
bekwaamheid. Par. 2.7 en hfst 7
berustend. Par. 3.4.1
betrekkingsniveau. Par. 3.5.2
bevoegd. Par. 7.0
bevoegdheid. Par. 2.7 en hfst 7
bewegingsparallax. Par. 4.6
bijziendheid. Par. 4.8.1
binnenoor. Par. 5.1
binoculair zien. Par. 4.6
binoculaire dispariteit. Par. 4.6
black-hole approach. Par. 4.9.2
blikmotoriek. Par. 5.6
blikveld. Par. 4.4
blinde vlek. Par. 4.1
bloedsomloop. Par. 6.4
borstholte. Par. 6.1
bovendruk. Par. 6.4.2
brandpuntsafstand. Par. 4.1
buikholte. Par. 6.1
buis van Eustachius. Par. 5.1 en 5.3
burn-out. Par. 7.4.4
capillairen. Par. 6.3 en 6.4

catastrofale illusie. Par. 2.6.6
centrale gezichtsveld. Par. 4.4
centrale illusie. Par. 4.9.2
centrale zenuwstelsel. Par. 6.1
centrifugale kracht. Par. 6.4.4
centripetale kracht. Par. 6.4.4
checklijsten. Par. 2.6.1
chronische stress. Par. 3.1.1 en 7.4.4
chronische vermoeidheid. Par. 7.4.6
circulatie. Par. 6.4
communicatie. Par. 3.5
communicatiekanalen. Par. 3.5.1
communicatieniveaus. Par. 3.5.2
competent. Par. 7.0
confirmation bias. Par. 2.6.7
constant flow. Par. 6.3.4
contingency planning. Par. 2.8
coping. Par. 7.4.4
coriolis illusie. Par. 5.9.4

decompressieziekte. Par. 6.3.7
dehydratie. Par. 6.2.4
deliberate practice. Par. 2.9
diafragma. Par. 4.1 en 6.1
diastolische bloeddruk. Par. 6.4.2
diepte zien. Par. 4.6
dioptrieën. Par. 4.1
donkeradaptatie. Par. 4.3
doorbloedingsregeling. Par. 6.4.3
draai- of *hoekversnellingen*. Par. 5.6
drempelwaarde. Par. 5.7
drukreceptoren. Par. 6.4.3

EASA. *European Aviation Safety Agency*, Inleiding
eenzijdige communicatie. Par. 3.5.1
eiwitten. Par. 6.2
emoties. Par. 3.2
empty field myopia. Par. 4.2
endolymfe. Par. 5.6.1
Error Chain model. Par. 1.4
ervaringsbarometer. Par. 2.5.5
euforie. Par. 3.2.1

European Aviation Safety Agency. Inleiding
evenwichtsorgaan. Par. 5.6
extravert. Par. 3.4

fataal ongeval. Par. 1.0
fatal accident. Par. 1.0
feedback. Par. 2.5.2
fight, flight, freeze. Par. 3.1.1
flicker vertigo. Par. 4.9.3
focus. Par. 4.1
fotoreceptoren. Par. 4.1
fovea. Par. 4.1
frequentie. Par. 5.2
fysieke veiligheid. Par. 1.3
fysiologische illusie. Par. 4.9.1

gaswet van Boyle. Par. 5.3
gaswet van Dalton. Par. 6.3.3
gaswet van Henry. Par. 6.3.6
gedragspatronen. Par. 2.5.1
gedragsvoornemen. Par. 2.6
gehoorbeentjes. Par. 5.1
gehoorgang. Par. 5.1
gehoorschade. Par. 5.2.1
gele vlek. Par. 4.1
geluidsdrempel. Par. 5.2
geluidsdruk. Par. 5.2
gemedieerde communicatie. Par. 3.5.1
gevaarlijke houdingen. Par. 3.4.1
gezichtsbedrog. Par. 4.9
gezichtsinformatie. Par. 4.0
gezichtsscherpte. Par. 4.5
gezichtsveld. Par. 4.4
G-krachten. Par. 6.4.4
glasachtig lichaam. Par. 4.1
glasvocht. Par. 4.1
glaucoom. Par. 4.8.3
glycogeen. Par. 6.2.1
golffrequentie. Par. 4.7
golflengten. Par. 4.7
graveyard spin. Par. 5.9.2
grote bloedsomloop. Par. 6.4

haarvaten. Par. 6.4
halfcirkelvormige kanalen. Par. 5.6
harde oogrok. Par. 4.1
hart: linker boezem, linker kamer, rechter boezem, rechter kamer. Par. 6.4
hartfrequentie. Par. 6.4.1
hartminuutvolume. Par. 6.4.1
hemoglobine. Par. 6.3 en 6.4
heuristisch. Par. 2.6.3
HFACS. *Human Factors Analysis and Classification,* Par. *1.4*
HMV. *hartminuutvolume,* Par. 6.4.1
holle ader. Par. 6.4.3
homeotherm. Par. 6.5
hoogteziekte. Par. 6.3.4
hoornvlies. Par. 4.1
houding. Par. 3.4
huid. Par. 6.1
Human Factors Analysis and Classification System. Par. 1.4
hurry-up syndroom. Par. 2.4
hypermetropie. Par. 4.8.1
hypertensie. Par. 6.4.2
hyperthermie. Par. 6.5.2
hyperventilatie. Par. 6.3.4 en 6.3.5
hypothermie. Par. 6.5.2
hypoxie. Par. 6.3.3

I-AM-SAFE. Par. 2.7 en 7.4
illusie. Par. 2.2
impulsief. Par. 3.4.1
incident. Par. par 1.0
intentie. Par. 2.6
interactief. Par. 3.5.1
introvert. Par. 3.4
intuïtief systeem. Par. 2.5
inversie illusie. Par. 5.9.3
iris. Par. 4.1

kamerwater. Par. 4.1
kegeltjes. Par. 4.1
kerntemperatuur. Par. 6.5
keten-van-missers-model. Par. 1.4
kinesthesie. Par. 5.5
kinetosis. Par. 5.11
kleine bloedsomloop. Par. 6.4
kleurenblindheid. Par. 4.8.2
kleurenspectrum. Par. 4.7
kleurenzwakte. Par. 4.8.2
knowledge based. Par. 2.6.3
kokerzien. Par. 4.8.3
kooldioxide. Par. 6.3
koolhydraten. Par. 6.2
koolzuurgas. Par. 6.2 en 6.3
korte termijn geheugen. Par. 2.1

lange termijn geheugen. Par. 2.1
latente fouten. Par. 1.4
laterale inhibitie. Par. 4.9.1
leegveldbijziendheid. Par. 4.2
lenssysteem. Par. 4.1

lichaamsslagader. Par. 6.4.3
lichtadaptatie. Par. 4.3
lichtintensiteit. Par. 4.7
lichtsnelheid. Par. 4.7
lichtspectrum. Par. 4.7
lineaire versnellingen. Par. 5.6
L-kegeltjes. Par. 4.7
longaders. Par. 6.4
longblaasjes. Par. 6.3
longslagaders. Par. 6.4
luchtziekte. Par. 5.11

macho. Par. 3.4.1
macula degeneratie. Par. 4.8.3
macula lutea. Par. 4.1
media. Par. 3.5.1
medisch certificaat. Par. 7.1
medische keuring. Par. 7.1
middelpuntvliedende kracht. Par. 6.4.4
middelpuntzoekende kracht. Par. 6.4.4
middenoor. Par. 5.1
middenrif. Par. 6.1
mineralen. Par. 6.2
M-kegeltjes. Par. 4.7
monoculair. Par. 4.6
motivatie. Par. 3.1
myopie. Par. 4.8.1

nabeeld. Par. 4.9.1
nachtblinde vlek. Par. 4.3
netvlies. Par. 4.1
netvliesloslating. Par. 4.8.3
Noice Induced Hearing Loss. Par. 5.2.1
non-verbaal. Par. 3.2 en 3.5
non-verbale communicatie. Par. 3.5.2
nystagmus. Par. 5.6

objectieve veiligheid. Par. 1.3
oculografische illusie. Par. 5.8 en 5.9.4
oculogyrale illusie. Par. 5.8 en 5.10.5
o*mgevingsbewustzijn*. Par. 2.8
on demand. Par. 6.3.4
onderdruk. Par. 6.4.2
onderkoeling. Par. 6.5.2
ongeval. Par. 1.0
onkwetsbaar. Par. 3.4.1
ontvanger. Par. 3.5.1
ooglens. Par. 4.1
oogsiddering. Par. 5.6
oorschelp. Par. 5.1
oorstenen. Par. 5.6.2
optische illusie. Par. 4.9
op-z'n-kop illusie. Par. 5.9.3
oren klaren. Par. 5.3
otolieten. Par. 5.6.2
otolietmembraan. Par. 5.6.2
otolietorganen. Par. 5.6
oudziendheid. Par. 4.8.1
out-of-the-box. Par. 2.6.3
ovale venster. Par. 5.1
overbelasting. Par. 7.4.4
overgewicht. Par. 6.2.2
overshoot. Par. 4.9.2

papilla. Par. 4.1
partiële druk. Par. 6.3.3
Part-MED. Par. 7.1
perceptie. Par. 2.1
perception. Par. 2.8
perifere gezichtsveld. Par. 4.4
perifere illusie. Par. 4.9.1
perifere zenuwstelsel. Par. 6.1
persoonlijkheid. Par. 3.4
perspectief illusie. Par. 4.9.2
polsslag. Par. 6.4.1
positieve illusie. Par. 2.6.6
presbyopie. Par. 4.8.1
probleemfixatie. Par. 2.4
procedures. Par. 2.6.1, Par. 2.5.1
proficient. Par. 7.0
progressiekaart. Par. 2.9
propriocepsis. Par. 5.5
psychologische illusie. Par. 4.9.2
pupil. Par. 4.1

qualified. Par. 7.0

reactiefase. Par. 7.4.4
redenerend systeem. Par. 2.5 en 2.6
red-out. Par. 6.4.4
referentiekader. Par. 2.1 en 2.4
reflectie. Par. 2.9
reflexen. Par. 2.5.1
regenboogvlies. Par. 4.1
relationele niveau. Par. 3.5.2
retina. Par. 4.1
RI&E. risico-inventarisatie en -evaluatie, Par. 2.7
risico. Par. 1.3
risico inventarisatie en - evaluatie. Par. 2.7
risicoperceptie. Par. 1.3 en 2.6.5
routinehandelingen. Par. 2.5.1
ruimtelijke desoriëntatie. Par. 5.8
ruis. Par. 3.5.3

rule-based. Par. 2.6.1

sacculus. Par. 5.6
Safety Management System. Par. 2.10
schedel. Par. 6.1
Schijf van Vijf. Par. 6.2.1
sclera. Par. 4.1
seat-of-the-pants. Par. 3.1.1 en 5.5
signaal. Par. 3.5.3
sinus. Par. 5.4
sinus block. Par. 5.4
situation awareness. Par. 2.8
situational awareness. Par. 2.8
S-kegeltjes. Par. 4.7
skelet. Par. 6.1
skill-based. Par. 2.5.2
skills. Par. 2.5.1
slagaders. Par. 6.4
slagvolume. Par. 6.4.1
slakkenhuis. Par. 5.1
SMS. *Safety Management System,* Par. 2.10
sociale veiligheid. Par. 1.3
somatografische illusie. Par. 5.8 en 5.9
somatogyrale illusie. Par. 5.8 en 5.10
somatosensorisch systeem. Par. 5.5
spectrale gevoeligheid. Par. 4.7
spiraalvlucht illusie. Par. 5.9.3
SQL. *squelch,* Par. 3.5.3
squelch. Par. 3.5.3
staafjes. Par. 4.1
staar. Par. 4.8.3
standaardprocedures. Par. 2.6.2
Standard Operating Procedures. Par. 2.6.2
Stay ahead of the airplane. Par. 2.8
steunmotoriek. Par. 5.6
stikstof. Par. 6.3
stikstofdrukgradiënt. Par. 6.3.6
stimuli. Par. 2.5.1
stress. Par. 6.4.2 en 7.4.4
stressor. Par. 7.4.4
subjectieve veiligheid. Par. 1.3
symbolische informatie. Par. 3.5
systolische bloeddruk. Par. 6.4.2

T.U.C.. *Time of Useful Consciousness,* Par. 6.3.4
tegengedachten. Par. 3.4.1
tegenleunen. Par. 5.10.1
terugkoppeling. Par. 2.5.2
Time of Useful Consciousness. Par. 6.3.4
toenadering. Par. 3.1.1
tolvlucht illusie. Par. 5.9.2
trial-and-error. Par. 2.5.3
trommelvlies. Par. 5.1
tunnelvisie. Par. 6.3.4
tweezijdig. Par. 3.5.1

uitdroging. Par. 6.2.4
uitwendige oor. Par. 5.1
undershoot. Par. 4.9.2
utriculus. Par. 5.6

vaardigheden. Par. 2.5.1
vallen en opstaan. Par. 2.5.3
vaste uitstroom zuurstofvoorziening. Par. 6.3.4
veiligheidscultuur. Par. 2.10
veiligheidsmanagementsysteem. Par. 2.10
vena cava. Par. 6.4.3
venen. Par. 6.4
ventilatie. Par. 6.3
verbaal. Par. 3.2 en 3.5
verbale communicatie. Par. 3.5.2
verbeelding. Par. 2.3
vermijding. Par. 3.1.1
verziendheid. Par. 4.8.1
vestibulair systeem. Par. 5.5 en 5.6
vetten. Par. 6.2
visueel systeem. Par. hfst 4 en 5.5
visuele illusie. Par. 4.9
visuele informatie. Par. 4.0
visuele referentie. Par. 5.8
visus. Par. 4.5
vitamines. Par. 6.2
VMS. *Veiligheidsmanagementsysteem,* Par. 2.10
vochtbalans. Par. 6.2.3
vooruit denken. Par. 2.7
voorval. Par. par 1.0
vraaggestuurdezuurstofvoorziening. Par. 6.3.4

waarnemen. Par. 2.1
warmbloedig. Par. 6.5
warmtestuwing. Par. 6.5.2
watervergiftiging. Par. 6.2.4
wervelkolom. Par. 6.1
Wet van Murphy. Par. 1.4

zender. Par. 3.5.1
zinsbegoocheling. Par. 2.2
zonnesteek. Par. 6.5.2
zuurstof. Par. 6.2 en 6.3
zuurstofsaturatie. Par. 6.3

zuurstoftekort. Par. 6.3.3
zuurstofverzadiging. Par. 6.3
Zwitserse gatenkaas model. Par. 1.4

Bronnen:

Corporaal D. Menselijke prestaties. Stiens, 2018 http://zweefvliegopleiding.nl/index.php/2-menselijke-prestaties
Adriaansen e.a. Veilig zweefvliegen. KNVvL afdeling Zweefvliegen. Arnhem, 1997
Commissie Instructie en Veiligheid, afdeling Zweefvliegen KNVvL. Incidenten 2013 - 12 jaar breukstukje. november 2013
Commissie Instructie en Veiligheid, KNVvL afdeling Zweefvliegen. Incidenten 2017. februari 2018 https://drive.google.com/file/d/1vtTboBIHF22fMSXRJyzwaMW9gq0UkiJR/view
Duijvenvoorde R van. Is zweefvliegen werkelijk zoveel veiliger geworden? Thermiek 522,22-23,2017
Onderzoeksraad voor Veiligheid. Kwartaalrapportages 2013 - 2018. Den Haag, december 2019 https://www.onderzoeksraad.nl/nl/page/12025/onderzoekeneyJoYXNvYmplY3RzIjpbXSwiYW55a2V5d29yZCI6W10sInFzIjoia3dhcnRhYWxyYXBwb3J0YWdlIiwidHlwZSI6Imxpc3QiLCJmYWNldHMiOnt9fQ
Aviation Safety Network. Flight Safety Foundation. https://aviation-safety.net
Ceipek C. The risk of dying doing what we love. oktober 2019. https://chessintheair.com/the-risk-of-dying-doing-what-we-love/
Wiegmann DA, Shappell SA. A human error approach to aviation accident analysis. The human factors analysis and classification system. London: Ashgate Publishing. 2003
Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. Acad Med 2004;79:S70-S81
Strack F, Deutsch R. Reflective and impulsive determinants of social behavior. Pers Soc Psych Rev 2004;8:220-247
Kahneman D. Ons feilbare denken (Thinking fast and slow). Business Contact. 2016
Federal Aviation Administration. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Chapter 2: Aeronautical Decision-Making. U.S. Department of Transportation, publ. FAA-H-8083-258, Washington: 2016
https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf
Commissie Instructie en Veiligheid, KNVvL afdeling Zweefvliegen. Pilot Error, Human Factors, hoofdstuk 2. juni 2008
http://www.civ.zweefportaal.nl/docs/human_factors_pilot_error_versie_juni_2008.pdf
Allen JM. Proficiency is personal. FAA Safety Briefing, September/October 2010
https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2010/media/sepoct2010.pdf
Parson S. Practice makes proficient. FAA Safety Briefing, September/October 2010
https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2010/media/sepoct2010.pdf
Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Elsevier 2015 (13th edition)
Silbernagel S, Despopoulos A. Sesam Atlas van de Fysiologie. Bosch & Keuning, Baarn: 1993
Federal Aviation Administration. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge. Chapter 17: Aeromedical Factors. U.S. Department of Transportation, publ. FAA-H-8083-258, Washington: 2016
https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf
Grood PM de. Medische Zaken. Human Factors voor de zweefvliegopleiding, hoofdstuk 6. Commissie Instructie en Veiligheid, KNVvL afdeling Zweefvliegen. maart 2008
http://www.civ.zweefportaal.nl/docs/medische_zakenbeta.pdf
De top 10 van visuele illusies. https://www.alletop10lijstjes.nl/top-10-optische-illusies/
Stadsbader T, Wuyts F. Dizzy Me: Licht op evenwicht. 2014
Timmerman D. Praktijk van het bergvliegen, een inleiding. Beverwijk, 2002
Willems H. Hoe blijf ik gezond in de hoogte. Stichting Lm Publishers, maart 2004 (2e ed)

Stichting Voedingscentrum Nederland. De schijf van vijf.
http://www.voedingscentrum.nl/nl/gezond-eten-met-de-schijf-van-vijf.aspx
Europese Commissie. Verordening (EU) nr. 1178/2011 tot vaststelling van technische eisen en administratieve procedures met betrekking tot de bemanning van burgerluchtvaartuigen, overeenkomstig Verordening (EG) nr. 216/2008 van het Europees Parlement en de Raad. Straatsburg. 3 november 2011.
https://publications.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/9e293bab-8f65-43c7-9624-4f39d6c3f13a/language-nl
Morrison V, Bennett P. An introduction to health psychology. Pearson, Prentice Hall. 2016 (4th ed)
Taylor SE. Health Psychology. McGrawHill. 2017 (10th ed)
KNVvL Gedragscodes. General Aviation Protocol Alcohol-, Drugs-, en Medicijngebruik. juni 2012. http://www.civ.zweefportaal.nl/main/articles.php?article_id=35
Wood AM, et al. Risk thresholds for alcohol consumption; combined analysis of individual-participant data for 599912 current drinkers in 83 prospective studies. The Lancet 2018;391:1513-23