

m y b

5

◀ kapitel 5 ▶



Engelsk: Human Performance and Limitations in Aviation (HPL).

Menneskelig ydeevne og begrænsninger ved flyvning (MYB) omfatter 2 sider af samme sag.

1. Fysiske og fysiologiske faktorer ved vore sanser og organers funktion, der medfører begrænsninger i vor udførelser i relation til flyvning.
2. Mentale faktorer - om vor dømmekraft og beslutningsevne, især under belastende omstændigheder.

Interessen for disse faktorer er steget i takt med konstateringen af, at hændelser såvel som havarier har menneskelige faktorer som hyppigste årsag. Tekniske brist findes kun som årsag til ca. 20% af ulykkerne i civil flyvning. - ved svæveflyvning i DK er tekniske brist næsten ikke-eksisterende.

Undervisning af elever og piloter skal derfor i fremtiden ikke blot handle om at give teoretisk viden om flyvning, lære hånddelaget, og efterhånden opnå erfaring, men også omfatte, at piloten skal lære noget om sine egne begrænsninger og at udøve sund dømmekraft og beslutningsevne. Skal lære at kunne "styre" stress- og risikofaktorer, samt, hvor det er aktuelt, samarbejde om cockpit-opgaverne på en hensigtsmæssig måde. (CRM, cockpit (crew) ressource management)

ICAO har indført faget MYB (HPL) som en standard. D.v.s. at alle medlemsstater skal følge det. Statens Luftfartsvæsen har derfor nu optaget faget i teoripensum, også til ikke-professionelle flyvecertifikater.

Den følgende tekst er et forsøg på at afgrænse et pensum til fritidsflyvere.

Med tiden vil der ske en tilpasning baseret på erfaringer med undervisning og prøver i det nye fag. Der er i denne 2. udgave kun foretaget ganske få ændringer i forhold til 1. udgave, og der vil ikke være problemer med at anvende de to udgaver i samme undervisningsforløb.

Den tekst der er skrevet med kursiv, er alene medtaget for at lette forståelsen af de enkelte emner og for at give yderligere informationer. Denne tekst skal ikke nødvendigvis gennemgås i forbindelse med undervisningen.

Februar 1998

Jens Elmeros
S-pilot/flyvelæge



F I T T O F L Y

Inden flyvning foretages altid et check af fartøjet efter en ganske bestemt liste. Alle er bekendte med det. Kun de færreste (antiautoritære, utålmodige, selvtilstrækkelige) undlader eller de sjusker med dette. Det gøres trods periodiske, obligatoriske mere gennemgribende eftersyn af flyet.

Hvad med piloten? JO - han/hun har også sine periodiske helbredscheck og har et gyldigt medicinsk certifikat.

Som med flyet, siger et sådant periodisk check, kun noget om tilstanden ved undersøgelsen!

Har piloten en checkliste om sin egen tilstand? Man kunne tage en liste som er lånt fra engelsk faglitteratur om menneskets ydeevne og begrænsning ved flyvning.

I'M SAFE - E'?

Illness? Medication? Stress? Alkohol? Fatigue? Emotion? Eating?

- og hvad med FLYVETRÆNINGSTILSTANDEN.

Illness

Føler du dig syg - så bliv hjemme. Uanset om det kun er lidt, så kan det være det, der gør, at du lige er den grad under sædvanlige standard, at du fejler i en situation, du ellers ville klare. Det gælder også dagliglivets småklager som forkølelse, høfeberanfald, maveonde, ledgener, rygsmerter o.s.v.

Forkølelse og høfeber indebærer også en risiko for, at piloten kan skade sig selv, selv om flyvningen går godt. (se: Trykvirkning)

Medicin

Al længerevarende medicinsk behandling til en pilot skal godkendes af luftfartslægen. Der er adskillige piloter, der har dispensation for sygdomme, der kan holdes i skak med medicinsk behandling. (f.eks. forhøjet blodtryk)

Man skal være opmærksom på at et medicinsk præparats placering på håndkøbslisten er en politisk beslutning i dette land, og ikke et udtryk for manglende effekt eller manglende bivirkninger. Det gælder også såkaldt natur- og alternativmedicin.



Antihistaminer, som bruges til søsyge og allergi er et godt eksempel. De fleste fås uden recept, og de fleste er ganske uegnede til motor, maskin og fly betjening på grund af en sløvende effekt og påvirkning af balance og koordination. En effekt der er stor individuel følsomhed for. Nyere præparater til allergi synes dog acceptable. Spørg flyvelægen.

Smertestillende medicin bør almindeligvis ikke anvendes. Den smertevoldende sygdom må i sig selv medføre flyvepause. Nervemedicin, sovemedicin: anses generelt for uegnet.

Hvis der kræves stærkere stimulantia end kaffe, så lad være med at flyve.

(Konkurrencepiloter bemærk: Koffein (kaffe, coca cola) står på dopinglisten!)

Antibiotika.: Almindeligvis vil det være sådan, at de kun bruges, hvor en infektion er så alvorlig, at det bør holde piloten på jorden. Der kan dog være undtagelser.

Lokalbedøvelse, ambulant narkose: Ingen flyvning i 24 timer. Vaccination: Ingen flyvning i 24 timer.

Stress

I daglig tale bruges ordet mest som noget negativt i forbindelse med psykosociale belastninger. Men stress omfatter i denne sammenhæng alle faktorer der belaster.

Stress er kort og godt kroppen og psykens svar på belastninger af enhver art, behagelige som ubehagelige. Det er en nødvendig del af livet. Nødvendig for optimal ydeevne. Men alle har en grænse. Overskrides denne fører det til nedsat ydeevne, evt. sygdomstegn og sammenbrud.

Stressfaktorer findes i umiddelbare omgivelser som støj, blænding, varme, kulde o.m.a. Psykosociale belastninger vedrørende familie, arbejde, økonomi o.s.v. har de fleste stiftet bekendtskab med. Hertil kommer reaktive, akutte belastninger i forbindelse med selve flyvningen såsom vejr, trafik, tekniske problemer og ikke mindst tidspres til løsning af nødvendige opgaver.

Stressfaktorer er kumulative, d.v.s. at de hober sig op. Hvis man er presset af eks. familiære og eller økonomiske problemer er tærskelen for overskridelse af grænsen ved pludselige belastninger mindre.

**Stressvirkninger:** (resummarisk)

1. Alarm- og kamp- eller flugtreaktion. Hormonal reaktion med adrenalin og binyrebarkhormon o.a. Formål og effekt: Fysisk og psykisk styrke øges. Årvågenhed og sanser skærpes.
2. Hvis vedholdende, sker en vis tilpasning til den belastende situation.
3. Men - efterhånden udmattelse og udfald af enkelte eller flere funktioner.

Hvis pkt.2 og 3 fortsætter uden aflastning, indtræder sygdomstegn, overbelastning, nedsat årvågenhed og sammenbrud. Grænserne for overbelastning er højest individuelle. Nogle kan køre i højt gear vedvarende, andre må geare ned. Det gælder om at kende og erkende sine grænser.

Alkohol

Et organisk opløsningsmiddel, der påvirker hjernens funktion og meget andet. Ingen overtræder reglerne om spirituskørsel/flyvning på grund af ukendskab til reglerne. Når det alligevel finder sted skyldes det en slap holdning til sprit og trafik.

Alle kender alkohols virkning, og de fleste er i stand til at respektere, at det første, der forsvinder og det sidste, der kommer igen, når virkningen klinger af, er - erkendelse af egne færdigheder, d.v.s dømmekraften. Ydeevnen forsvinder også.

("It provokes the desire, but it takes away the performance". Fra Shakespeares Mc Beth).

Masser af tests viser at en pilots færdigheder reduceres selv ved små koncentrationer og følsomheden for iltmangel øges. Tilsvarende findes for dagen derpå. Efter en stærk rus faktisk i flere dage. Alkohol fjernes fra blodet i en konstant rate. Intet kan øge denne - uanset mange husråd og dårlige film. Forbrændingen af sprit sker med en hastighed af ca. 0,15 o/oo pr. time. Det svarer til en genstand (12 g alkohol) på 5 kvarter. Selv om man ved det og kender antallet af genstande skal man alligevel være forsigtig med at regne alt for præcist på promillen. Vent 8 - 12 evt. 24 timer til flyvning. (For interesserede læs: *"Alkohol og flyvning - uforenelige størrelser"*, som fås hos Statens Luftfartsvæsen).

**Fatigue** (udtrætning)

Vedvarende belastninger, fysiske såvel som mentale: jetlag, søvnmangel over flere dage, familie- og arbejdsmæssige besværligheder o.a. fører til udtrætning eller udmattelse. (kronisk fatigue). Akut, kortvarig træthed er et dagligdags fænomen som alle kender efter en dags arbejde, hvortil også kommer søvnighed. Ved disse tilstande er pilotens evne til at reagere nedsat, og opmærksomheden sløvet. I værste fald er der intet overskud at mobilisere selv ved truende situationer, hvis man ellers opdager dem i tide.

Et særligt fænomen er kendt under søvnmangel, nemlig såkaldte mikrosleeps (mikrosøvn), altså korte øjeblikke, hvor vedkommende faktisk er faldet i søvn, selv om det ikke erkendes. I få sekunder er al opmærksomhed borte. Mikrosøvn har ingen restituerende virkning.

Emotion (uligevægtighed)

Hvis dine tanker ikke kan blive ved flyet og flyvningen, men kredser om belastende forhold herunder alm. ophidselse efter skænderier, så bliv på jorden.

Eating (mad og drikke).

Inden længerevarende flyvning skal man sikre sig at have fået passende mad og drikke, og især i varmt vejr medbringe supplerende væske. Svæveflyvere kan holde sig i luften så mange timer at dehydrering og varmemstress (sommer) er en risiko. Dette er en liste som enhver pilot kan bruge som pre-flight check på sig selv. *Men husk også lige en overvejelse om aktuelle flyvetræningstilstand.*

Andet

Bloddonation: De afgivne røde blodlegemer sænker den samlede iltbæringskapacitet (se: Ilt), hvilket bl.a. øger følsomheden for iltmangel. Piloter frarådes normalt at være bloddonorer.

Scubadykning: D.v.s. dykning hvor åndingsudstyr forsyner dykkeren med atm. luft med omgivelsernes tryk. En sådan medfører risiko for dykkersyge, hvorfor dykkerne anvender bestemte regler ved opstigning, hvis de har været i større dybder. Det overraskende er, at efter en sådan dybdedykning er følsomheden for dykkersyge så stor, at man selv



under flyvning i trykkabine (6-8000 ft) kan blive ramt af dykkersyge. På dykkerskolerne læres at dykning til 10 meter medfører flyvepause i 12 timer og ved dybere dykning 24 timer.

A T M O S F Æ R E N

1. Atmosfærens sammensætning:

- Ilt ca. 21%
- Kvælstof ca. 79%
- Drivhusgasser, Ozon ca. 1%

2. Atmosfærens trykændring med højden:

- ICAO Standardatmosfære

3. Fysiske love vedrørende luftarter

Jorden er omgivet af atmosfæren, der består af flere luftarter og i de nederste lag (troposfæren) også vanddamp. Luftarterne er først og fremmest ilt (oxygen) ca. 21% og kvælstof (nitrogen) ca. 79%. Hertil kommer meget små mængder af kultveilte (kuldioxid), såkaldte

ædelgasser (helium, argon, neon, krypton, xenon), desuden minimale mængder brint og såmænd også metan (sumpgas).

Kuldioxid og metan udgør sammen med vanddamp hovedkomponenterne i de såkaldte drivhusgasser, der bevirker at jorden og dens atmosfære optager mere varme fra solen end der umiddelbart afgives til verdensrummet. (Drivhuseffekt).

I de øverste lag af atmosfæren (40000 - 140000 ft) findes en ophobning af ozon, en særlig art iltmolekyle. Det er giftigt for mennesker at indånde, men beskytter jordoverfladen mod en del af solens ultraviolette lysstråling.

Denne luftblandings vægt udgør lufttrykket på jordoverfladen. Siden det 17. årh. har man brugt det vel-tjente kviksølvbarometer og angiver gennemsnitlig normaltryk til 760 mm Hg. D.v.s. at trykket kan holde vægten af en søjle på 760 mm Hg højde, når der over søjlen er luftomt vakuum. (Afhængig af temp. og vekslende tyngdeaccl.)

I dag bruger man også andre enheder. Indenfor flyvemeteorologi anvendes mest Hectopascal (HPa) = millibar svarende til en atm. tryk = 760 mmHg =

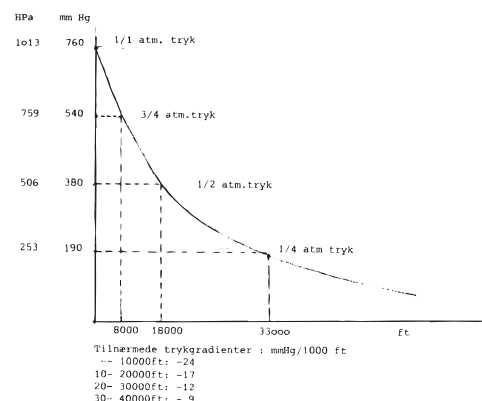
1013,5 HPa (m bar). Inden for fysiologien har mmHg enheden stadig mange tilhængere, og den vil blive anvendt i det følgende.

Som alle ved falder lufttrykket ved stigende højde. Den internationale standardatmosfære er en reference, men dog alligevel en afspejling af naturlige forhold. Trykfaldet med højden ses i [fig. 1](#). Linien er ikke ret. Trykfaldet pr. 1000 fod er størst i lav højde. Det er et udtryk for luftens sammenpresning under vægten af den ovenfor liggende luft. Luft er kompressibelt. I modsætning til vand, hvor en tilsvarende trykkurve ville være en ret linie.

Mennesket ydeevne er afhængig af trykhøjden, d.v.s den på en højdemåler aflæste værdi, med 1013,5 HPa indstilling, idet kroppens temperatur er konstant.

Dette i modsætning til flyvemaskinens aerodynamik, og f.eks. højde- og fartmåler, samt motorers præstationer, hvor der skal justeres for afvigelser i temperatur, der i henhold til gaslovene har indflydelse på luftens vægtfylde eller tæthed, såkaldt tæthedshøjde (density altitude). Omregnes eller findes på nav. computer, når trykhøjde og ydre temperatur (OAT)

Figur 1



Trykfaldet med højden

kendes. For luftarter gælder forskellige fysiske love, som kan være gavnlige at kende for at forstå de menneskelige begrænsninger med højder og højde variation. [Fig. 2](#).

Figur 2

Fysiske gaslov		Fysiologisk betydning
Boyle-Mariotte	Rumfanget af en luftart er omvendt proportional med dens tryk ved konstant temperatur	Indesluttet luft i hulrum
Daltons	Totaltrykket i en luftblanding er lig med summen af de enkelte luftarters deltryk	Iltmangel
Henrys	Mængden af en opløst luftart i en væske er proportional med deltrykket af luftarten over væsken. Temp. konstant	Dykkersyge
Diffusion	En luftart vil søge fra høj koncentration til lav koncentration indtil udligning	Ilt og kuldioxidudveksling i lunger, blod og væv



TRYK VARIATIONERS VIRKNING

1. Rumfang (volumen) og trykforhold. (Boyle-Mariottes lov)

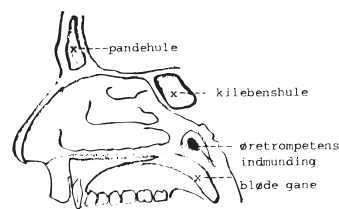
2. Luftfyldte hulrum i legemet:

- Mellemøret
- Bihuler
- Mave - Tarm
- Sygdomme, skader

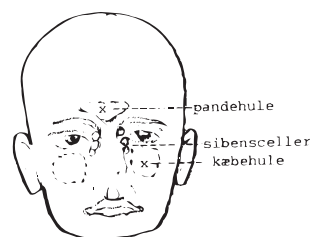
3. Mellemøre og bihule ved forkølelse og allergi.

4. Aktiv udligning af undertryk i mellemøret (Valsalva)

Figur 3



Figur 4



Luft følger Boyle-Mariottes lov. D.v.s. at 1 liter luft ved 1 atm. tryk fylder 2 liter, hvis trykket ændres til 1/2 atm. (kroppens temperatur er konstant). Indesluttete hulrum med luft findes flere steder i kroppen. I mellemøre, næsens bihuler (hulrum i ansigts- og kranieknogler, [fig. 3](#) og [4](#)), mave- tarmsystemet er luftens tilstedeværelse helt normal. Ved sygelige processer og skader kan dannes luft andre steder f.eks. ved en tandrodsbetændelse.



Enhver der har prøvet en hurtig opstigning eller dekompression af trykkabine vil kunne bekræfte, at der kan være en del luft, der vil ud, både den ene og den anden vej. Normalt er opstigningen det mindste problem, da de naturlige hulrum er ventilerede og større volumen vil kunne undslippe. Men ved sygdom i bihuler og ved tandrodsbetændelse, læsioner efter ulykker eller kirurgiske indgreb, er der ikke nogen naturlig ventilation. Da volumen så ikke kan stige, må trykket. Og det kan give problemer. f.eks. kan betændelse aflukke ventilation af en bihule, og der vil kunne komme intense smerter under opstigning. Efter nogen tid vil smerterne aftage da trykket og volumen i bihulen tilpasser sig ved diffusion. Under nedstigning kommer så problemer igen.

Mellemøret er luftfyldt og adskilt fra den ydre atmosfære af trommehinden. Mellemørets normale funktion er betinget af bl.a. ens tryk på yder- og inderside af trommehinden. Dette sikres ved at en udluftningskanal, det eustachi'ske rør, (Tuba auditiva Eustachii, eller blot tuba) fører fra mellemøret ned til næsesvælget. Kanalen har delvis enrettet funktion, idet et

overtryk ved normale forhold altid vil kunne udlignes. Derimod vil undertryk i mellemøret kun udlignes ved aktiv muskelaktivitet i svælget – synkning, gaben o.a. Derfor er aktive svælgbevægelser nødvendige for trykudligning af øret under nedstigning, selv ved raske øren. Se [fig. 8](#) under Hørelse m.v.

I tilfælde af hævede slimhinder i næsesvælget ved f.eks. forkølelse eller allergi (høfeber), vil man kunne risikere, at udligning af undertryk ikke kan finde sted. Trommehinden vil da blive presset ind i mellemøret, hvor der kan komme væskedannelse og blødninger. Tilstanden (kaldet Barotitis) er meget smertefuld. Fuldt udviklet vil det tage flere dage før ørets normale funktion er genoprettet.

Skulle man have vanskeligheder med udligning ved blot at synke eller gabe, kan man forsøge den såkaldte Valsalva-manøvre. Den består i, at man med to fingre afklemmer begge næsebor og lukker munden. Foretager et hårdt vedvarende udåndingsstød, mens kinder og mundbund holdes spændte. Det deraf følgende overtryk i næsesvælget vil så i heldigste fald forplantes ud i mellemøret.



Bliver trykforskellen for stor kan udligning ikke finde sted, selv med brug af Valsalva. F.eks. vil nedstigning fra trykkabine højde, 6-8000 ft, uden udligning give en trykforskel over 100 mmHg. Det tryk kan kun få præstere med lungerne.

De fleste mærker ingenting når nedstigning sker langsomt, da man foretager ubevidste synkebevægelser, men småbørn og babyer bør have noget at sutte på.

Det er derfor fuldt berettiget, at piloter bliver på jorden, når der er tegn på forkølelse. Flyvning i lav højde er ikke nogen sikkerhed, her har man netop størst trykgradient.

Dekompressionssyge eller dykkersyge

Henrys lov siger noget om tryk og opløsning af luftarter. I alt kroppens væv findes kvælstof i stort set samme relative mængder som i luften, blot fysisk opløst. (som kultveiltten i sodavand) Kvælstofs diffusionsevne og opløselighed er imidlertid ikke så god som ilt og ved aftagende tryk kan kvælstoffet så frigives som små bobler i vævene, akkurat som i en sodavand, der åbnes. Ved hurtig opstigning og efter-

følgende længerevarende ophold i stor højde vil man således kunne få dykkersyge. De første symptomer er smerter i leddene. Herefter kommer kløe og snurren i huden, senere kan komme vejtrækningsproblemer og endelig udfald i centralnervesystemet og kollaps. Totalt udviklet dykkersyge som hos dykkere ses dog sjældent i luftfart.

Det er da heller ikke noget større problem i civilflyvning, hvis der ikke gjaldt det forhold, at forudgående udsættelse for ånding af luft ved højt tryk (scubadykning) øger risikoen for dykkersyge ved flyvning. Der er under sådanne forhold beskrevet dykkersyge allerede i trykkabinehøjde.

Ellers regner man kun med risikoen ved flyvning med kabinetrykhøjder over 20 - 25000 ft, og da kun sjældent. Risikoen øges med tiden ved lavt tryk, gentagne hyppige opstigninger, lav temperatur, fedme, iltmangel, o.a.

Dykkersygen kan modvirkes ved iltånding i 30-40 min før opstigning. Det kan have interesse for svæveflyveres rekordforsøg og bølgeflynning. Ingen andre i civil flyvning udsætter sig frivilligt for disse højder. Indtil nu er der dog ingen beretninger om



gener af den art hos svæveflyvere, formentlig p.g.a. den langsomme opstigning og iltånding undervejs. Scubadykkere kender risikoen fra undervisningen på dykkerskolerne, og bruger nogle tommelfingerregler om, at flyvning skal undgås i mindst 12 timer, hvis man har dykket indtil 10 m (2 atm.tryk) og 24 timer, hvis man har været under større tryk - uanset korrekt opstigning. Ved gentagne dybe dyk må ty til computeren.

I L T (O X Y G E N) O ₂

1. Atmosfærens sammensætning

2. Luftarters deltryk (Daltons lov)

3. Iltbehov

4. Luftvejene. "Det døde rum"

5. Styring af vejrtrækningen

- CO₂ og lav O₂

6. Hyperventilation

- Fysiologisk hyperventilation
- Nervøs hyperventilation

7. Højde og iltmangel

- Tegn og symptomer på iltmangel
- Iltånding, trykånding, rumdragter
- Svigt af iltapparater
- TUC

8. Anden iltmangel

- Kulilte, blokering af hæmoglobin
- G-påvirkning, svigt i blodkredsløb
- Iltblokerende cellegifte

Atmosfæren indeholder knap 21% ilt og knap 79% kvælstof. Der er en meget lille rest på knap 1% af forskellige andre luftarter. Denne luftblanding udøver et samlet tryk ved havoverfladen på ca. 1013 hPa, eller ca. 760 mmHg. (om tryk, se: Atmosfæren).

Efter Daltons lov udøver de enkelte luftarter et deltryk sv. til deres procentdele af totalmængden.



21% ilt giver således et deltryk på 160 mm Hg. Det er, hvad vi har at gøre godt med ved havoverfladen. Trods de 21% ilt i luften, også i højden, kan mennesket ikke klare sig der, fordi optagelsen af ilt er trykafhængig. (diffusionsloven). Selv med 100% ilt i indåndingsluften kan vi ikke overleve i trykhøjder over 35000 - 40000 ft. En balance mellem iltprocent og tryk må respekteres for sikker flyvning.

Ilt er en afgørende nødvendighed for højerestående organismers beståen. Mennesket er ingen undtagelse. Iltten skaffer vi fra atmosfæren via lungerne. Luftvejene består af næse/mund, svælg, luftrør, bronchier, små bronchier og alveoler (de små lungeblærer). Alveolernes samlede overflade er op til 100 m², og meget tyndvæggede. Her sker det egentlige luftskifte mellem atmosfære og blodet, ved simpel diffusion.

- Ilt går ind, CO₂ (kuldioxid) går ud. Iltten bringes rundt i organismen med blodkredsløbet, og bruges i hver enkelt celle til at skaffe energi ved omsætningen (forbrænding) af næringsstof. Herved dannes bl.a. CO₂, der også udveksles i lungerne. Begge luftarter transporteres opløst i blodet.

Iltbehovet er afhængig af aktivitetsniveauet.

I hvile forbruges ca. 250 ml O₂/min, ved gang ca. 850 ml O₂/min. ved løb ca. 10 km/t bruges ca. 2,8 liter O₂/min. Ændret behov for ilt tilgodeses ved ændringer i vejtrækningens volumen, der i hvile er ca. 5 liter luft/min. Det kan øges til mere end 80 liter/min (afhængig af træningsniveau) ved anstrengelser. Mængdeændringen sker både ved hyppigere og dybere vejtrækning.

De anførte tal er luftmængden, der passerer næse/mund. Det reelle luftskifte i alveolerne er mindre. Den luft, der står i luftvejene over alveolerne, deltager ikke i udvekslingen af ilt/CO₂. Hertil kommer, at indholdet i dette rum lige efter en udånding kun er ren udåndingsluft med lav ilt- og højt CO₂ indhold. Det vil betyde, at indholdet i den luft, der når alveolerne, ved den efterfølgende indånding samlet har lavere ilt- og højere CO₂ indhold end atmosfæren. Dette "døde rum" er konstant og har således størst betydning ved mindre vejtrækningsvolumina.

Det "døde rum" har praktiske konsekvenser, idet iltudstyr ikke bør øge dette rum unødigt. Hertil kommer, at fejl i udstyret, således at udåndingsluft tilblandes indåndingsluften, har samme reducerende effekt på det reelle luftskifte i alveolerne.



Vejrtrækningen styres overraskende nok ikke af iltbehovet, men affaldsproduktet CO_2 er det styrende. CO_2 konc. holdes konstant i blodet under den øgede energiomsætning ved f.eks. anstrengelser og feber. Den væsentligste mekanisme til dette er på kort sigt vejrtrækningen, der i bogstaveligste forstand udlufter CO_2 .

Først ved lave ilttryk i indåndingsluften (50-55 mmHg) sv. t. en trykhøjde på ca. 10000 ft overtages styringen af iltindholdet i blodet. Vejrtrækningsvolumen (d.v.s. ml/min) øges, og det større luftskifte vil så udlufte CO_2 , samtidig med at ilttilbuddet øges. Det nu lavere CO_2 indhold vil ændre blodets surhedsgrad (ph). (CO_2 kan opfattes som en syre, idet den i vævsvæskerne bindes til vandet og danner kulsyre, H_2CO_3). De forskellige enzymer, der deltager i stofskifteprocesserne rundt i organismen er afhængige af bl.a. surhedsgraden. Variationer i denne vil derfor kunne give gener.

Denne fysiologiske hyperventilation (= øget vejrtrækningsvolumen) skal ikke forveksles med den af nervøsitet og angst udløste *hyperventilation*.

Denne har intet med iltmangel at gøre, men effekten på CO_2 i blodet er den samme og udløser snurren i fingre, tæer, læber, utilpashed, koldsved og kan endemed blodtryksfald og besvimelse.

Nogle af disse symptomer kan forveksles med iltmangel. Hvis der er tvivl, vil 4-5 indåndinger af ren ilt fra en maske løse problemet. Svinder generne, var det iltmangel. Hvis ikke, da prøv at styre indåndingen bevidst, evt. forsøge genåndning i plastikpose. Herved øges CO_2 indholdet i indåndingsluften, og efterhånden også i blodet.

Hyperventilation har også negativ indflydelse på G-tolerance. (Se dette).

Orientering: Åndedrættet skaffer således ilt og fjerner kuldioxid. Alle organers funktion er afhængig af dette. Ved flyvning kan iltbehovet blive et problem, fordi trykket falder med højden. Stofprocentindholdet i atmosfæren er den samme i relevante højder. Hvis ilt var simpelt fysisk opløst i blod svarende til Henry's lov ville vi være dårligt stillede. Ilt opløses så dårligt i blodets vandfase, at det slet ikke ville slå til, end ikke ved jorden. Ilten bliver da også ke-



misk bundet til blodet ved hjælp af farvestoffet hæmoglobin i de røde blodlegemer. Herfra udveksles så ilt med vævene efterhånden, som blodet føres rundt i kroppen. D.v.s. ilttransporten er afhængig af tilgængeligt hæmoglobinindhold i blodet samt blodcirkulationen (blodtryk og puls).

Foruden et større tilbud end ved simpel fysisk opløsning, giver den kemiske binding mellem ilt og hæmoglobin også en speciel såkaldt buffereffekt ved lavere ilttilbud. Det er denne effekt, der gør, at vi kan kompensere for et vist tab af ilt i indåndingsluften.

Hæmoglobin(hgb) koncentrationen i blodet er gennemsnitlig 15 g/100 ml. 1 gram hgb kan binde 1.4 ml ilt ved 37 grader. Altså kan 100 ml blod binde 21 ml ilt. Det kaldes 100% iltmætning, når alt hgb er omdannet til ilthgb. Den totale iltbæringsevne af blodet, og dermed tilbuddet ude i organerne, er så naturligvis afhængig af antallet af røde blodlegemer. Blodmangel vil derfor give større følsomhed for iltmangel.

Den normale iltmætning i pulsåreblod (d.v.s. blod der føres fra lungerne via hjertet ud til organerne) er næsten 100%.

Hvis iltmætningen falder til 80% (svarende til et ilt-deltryk i blodet på 55 mmHg) begynder der at optræde tegn på iltmangel, og iltmangelen vil nu overtage styringen af respirationen. En mætning på ca. 65% og derunder (ilt-deltryk på 35 mmHg og lavere) medfører efter kort tid døden, idet livsnødvendige funktioner i organismen vil ophøre. De nævnte ilt-deltryk er tryk i pulsåreblodet. Inden iltten i indåndingsluften når til blodet, er der tab undervejs. Fra atmosfære til alveoler er tabet på 60 mmHg, især p.g.a. det "døde rum". Fra 160 mmHg i atmosfæren til ca. 100 mmHg i alveolerne. Dette tab mindskes ved den større ventilation ved fysisk anstrengelse. Ved overgang fra alveole til blod i lungerne er tabet kun ca. 5 mmHg, men dette tab øges ved fysisk aktivitet p.g.a. den hurtigere gennemstrømning (hurtigere puls). Herved er den tid, hvor de enkelte blodlegemer er i kontakt med alveoleluften afkortet. Hvis samtidig ilttrykket i alveoleluften er lavt vil det forstærke tabet. Det er en del af forklaringen på at fysisk aktivitet vil forværre en iltmangelsituation. Allerede i 1500 m (4500 ft) vil man kunne måle nedsat fysisk formåen og påvirket natsyn. Den kritiske grænse er 80 - 85% iltmætning.



De 80% iltmætning nås i ca. 3000 m (10000 ft) højde, og herefter vil der med stigende højde vise sig tegn på nedsat fysisk såvel som mental formåen.

Der står udtrykkeligt tegn, d.v.s. at det er noget en observatør kan konstatere. Det lumske er nemlig, at *Personen, der er udsat for iltmangel, ofte ikke bemærker noget som helst selv.* Nogle vil dog kunne, hvis de ser efter det, selv konstatere at mørke- og farvesyn vil svigte, at synseltet indsnævres. Man bliver lidt fumlet, tung i hovedet og tænker langsomt. (Forveksles med træthed) Det kan snurre og krible lidt i arme og ben. Nogle får hovedpine. Negle og fingre bliver lidt blå, men så er man også ved at være meget langt ude. (Mætning under 75%).

Koncentration, hukommelse, tænkeevne, (hovedregning) er reduceret. *Dømmekraft og beslutningsevne mistes.* Nogle bliver opstemte og fjogede som ved beruselse, andre forstemte, irritable. Til sidst sløvhed og søvnighed til mere eller mindre pludselig bevidstløshed, ofte med kramper, og - hvis ingen griber ind - død. Efter ilttilførsel i tide kommer man sig relativt hurtigt, men der er hukommelsestab for forløbet, og tidsforløbet af iltmangelens varighed er helt upålidelig.

Der er store variationer for følsomheden af iltmangel. Ikke bare fra person til person, men også variation hos den enkelte fra dag til dag. Af betydning er: dårlig fysisk kondition, kraftig fysisk arbejde før og/eller under flyvningen, lav ydertemperatur, feber, alder, fedme, rygning (se senere), medicin, alkohol og andet.

P.g.a. denne *totale uforudsigelighed* bør man følge faste regler for, hvornår der skal anvendes iltudstyr. Det anbefales at anvende *ilt* ved flyvninger i *trykhøjder over 10000 ft.* selv om de fleste ville kunne klare kortvarige ophold også i trykhøjder op til 14000 ft, uden at være alt for påvirket af iltmangel. Se [fig. 5](#)

Figur 5

Højde i ft.	HgbO ₂ %	Symptomer og tegn	
4000 til 10000	95% 85%	Natsyn nedsat Indlæringsevne nedsat Evt. træthedsfølelse Gradvis nedsættelse af fysiske og mentale ydeevne	kompensation
til 14000	80%	Nedsættelsen af ydeevne vil blive tydeligere. En vis opstemthed vil kunne skjule det. Dømmekraft, koncentration (hovedregning), mental spændvidde aftager. Træthed, evt. hovedpine	delvis kompensation
til 16000	72%	Kontrol af bevægelser svigter. Mentale ydeevne aftager yderligere og er upålidelig. Tænker langsomt og usammenhængende. Evt. snurren i arme og ben, hovedpine. Øget åndedræt, evt. opstemthed. Fysisk arbejde kan udløse bevidstløshed.	blåfarvning (cyanose) kritisk
til 18000	under 70%	Svære handicaps. Kan intet fornuftigt. Fysisk arbejde vil udløse bevidstløshed	yderst kritisk
20000	under 65%	Bevidstløshed – evt. kramper – videre til død	død



Iltudstyr bør kunne styre iltindholdet, både fordi ilt er dyrt, men også fordi ren ilt over længere tid er skadeligt.

Følgende ilt% i indåndingsluften skulle sikre minimum 85% mætning:

10000 ft - 30%, 15000 - 38%, 20000 ft - 50%.

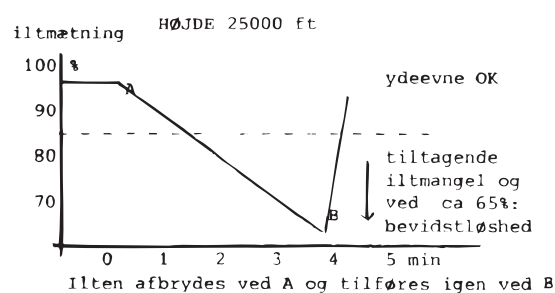
25000 - 65%, 30000 ft. - 80%, ;~30000 ft ~5%,

35000 ft og opefter 100%. Over 40000 ft vil tilstrækkelig ilt kun kunne sikres ved at indåndingsluften har overtryk. Det vil dog efter kortere eller længere tid give ubehageligheder og kan ende med trykåndingsbesvimelse. Løsningen er, trykkabine eller rumdragter, der giver tryk på hele kroppen og ikke kun i luftvejene.

Bemærk: I næsten alle passagerfly er kabinetrykket i cruisehøjden svarende til en højde fra 6000 - 8000 ft, d.v.s. ca. $\frac{3}{4}$ atm. tryk. Det kan være for lidt for folk med svage lunger og hjerte.

I civilflyvning anvendes ofte nasalilt. Ved hjælp af nogle små plastikrør, der sidder i næseborene tilføres ilt i en jævn strøm. Det angives at være tilstrækkeligt til ca. 18000 ft. (5500 m), men herover bør der anvendes tætsluttende maske; og så kan man nøjes

Figur 6



Et iltanlæg svigter

med kun at tilføre ilt ved indånding (demand system). Sørg altid for, at du er grundigt instrueret i, hvordan dit iltudstyr fungerer og betjenes, samt hvor længe du har forsyning.

Hvad sker der, dersom et iltanlæg svigter i stor højde? I [fig. 6](#) er vist et forløb, hvor iltten afbrydes i 25000 ft højde. Som det ses kan du kun forvente ca. 4 min til at bringe apparatet i orden eller komme ned. Nogle vil have kortere tid!

Et begreb som TUC (Time of Usefull Conciousness) er illustrerende. Det siger noget om, hvor længe man er i stand til at handle *fornuftigt*, dersom man pludseligt udsættes for lavt tryk uden at få tilført ilt. F.eks. i tilfælde af en trykkabine, der punkterer.

- Eller et iltanlæg svigter totalt.

Højde ft.	TUC	Højde	TUC
18000	30 min	35000	1 min
25000	3 – 5 min	40000	30 sek.
30000	1,5 – 2,5 min	50000 +	15 sek.

Disse værdier er gennemsnitsværdier, og der er store variationer. Fysisk aktivitet forkorter TUC. Så kommer man ud for at en kabine punkterer (dekompensation), gælder det: Hjælp dig selv først, ellers bliver du ikke i stand til at hjælpe andre.

Der findes fysiologiske mekanismer til tilpasning til lavere ilttilbud over længere tid - dage og uger. Ellers ville bjergboere og bjergbestigere være ilde stædt. og som bekendt har det jo vist sig muligt, at nå toppen af Mt. Everest (ca. 8800 m) uden ilt, efter omhyggelig højdetilpasning og fysisk træning.

Indenfor flyvning håndteres problemerne dog altid svarende til en ikke-højdetilpasset person.

Andre årsager til iltmangel

Kulilte

Iltmangel kan opstå selv med normalt iltindhold i luften. Hvis f.eks. et andet stof binder sig til hæmoglobin og derved blokerer for iltoptagelsen. Et sådant stof er kulilte (CO), som er en lugtfri farveløs luftart. Dets binding til hæmoglobin er mere end 200 gange kraftigere end ilt. Det betyder, at selv en meget lille del CO i indåndingsluften blokerer uforholdsmæssigt meget hæmoglobin.

Om symptomer og tegn gælder det samme som ved iltmangel. Dog vil en fremskredet CO forgiftning kunne give røde og ikke blå læber, negle og kinder. (CO hgb er lysere rødt).

Kulilte findes i motorers udstødningsgas, der under uheldige omstændigheder kan sive ind i cockpittet. En anden årsag til kulilte belastning er rygning. En ryger kan have op til 10% af hæmoglobinet blokeret af CO. D.v.s. at iltmætningen maksimalt kan blive 90%. Passiv rygning i lukkede rum giver op til 5% COhgb.

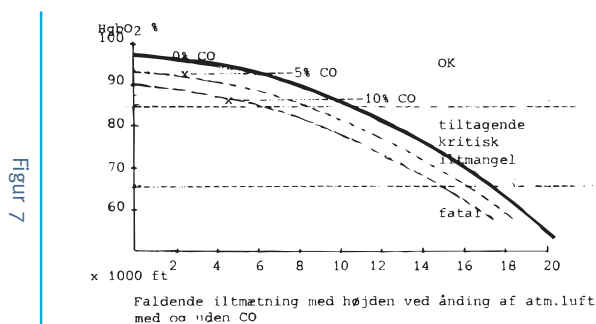
Rygeren er formentlig tilvænnet det lavere ilttilbud.



Oftest vil der ikke kunne mærkes noget i hvile. Test har dog vist at mentale processer er påvirket allerede ved 5% COhgb.

CO i blodet gør, at man befinder sig en tilstand med nedsat ilttilbud. Det svarer til, at man er højere oppe end den målte trykhøjde. En ryger med 5% CO starter er i ca. 5000 ft, d.v.s at han/hun teoretisk skulle risikere iltmangel i lavere højde end en ikke-ryger.

Se fig. 7.



Faldende iltmætning

Til trøst for de rygende skal nævnes, at ikke alle undersøgelser har vist denne forventede øgede følsomhed. Formentlig p.g.a. den nævnte tilvænning. Denne usikkerhed skal ikke sløre, at der er andre særdeles gode grunde til at holde op med at ryge.

Nedsat cirkulation af blod

En anden årsag til manglende ilttilførsel til hjernen, selv om der er ilt nok i luften, er sammenbrud af blodkredsløbet, som det f. eks. sker ved stor G-påvirkning. (grayout, blackout og G-induceret bevidstløshed). Hjertet kan p.g.a. den øgede tyngdevirkning ikke pumpe blodet op til øjne og hjerne. Efter kortere eller længere tid, afhængig af G-indsættelsens pludselighed og/eller størrelse, indtræder symptomerne, fordi øjne og hjerne mangler ilt. (Se: G-påvirkning)

Cellegifte

Endelig kan der trods tilstrækkelig ilt og cirkulation blive blokeret for iltens udnyttelse i de enkelte celler i organerne. Forskellige giftstoffer virker på den måde, f.eks. cyanider (blåsyre) der dannes ved for-



brænding af bl.a. tøj og plastik. Halogenerede hydrocarboner anvendes i ildslukkere. Varmen bevirker, at de kan nedbrydes til fosgener, der kan give væskeudsvingning i lungerne, lungeødem. Dette indtræder ofte flere timer efter udsættelsen. Tilsvarende gælder for kvælstofilter (nitrose gasser), der kan dannes ved brand i celluloid, polyurethaner og andet kunststof. Lungeødemet kan være ubehandleligt og fatalt...

H Ø R E L S E I N D R E Ø R E B A L A N C E

1. Ørets anatomi

2. Lyd

Frekvens (tonehøjde)
Amplitude (tonestyrke)

3. Støjskade

4. Aldersbetinget høretab

5. Indre øre (labyrinten)

- Buegange (rotatoriske ændringer i bevægelse)
- Øresten (lineære ændringer i bevægelse)

6. Stillingssansen

7. Balancesansen

8. Transportsyge

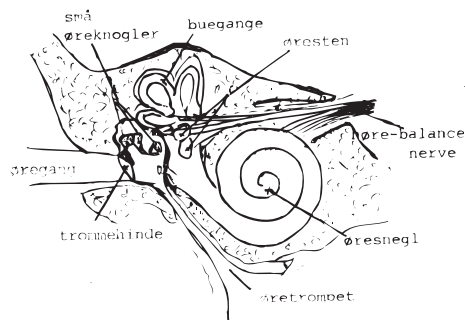
Lydopfattelse er kun en af ørets funktioner. Øret har også et andet væsentligt funktionsområde i forbindelse med balanceevnen.

Øret består af det ydre øre med øregangen, hvor trommehinden sidder inderst, grænsende til det luftfyldte mellemøre med de tre små øreknogler. Indlejret i en del af tindingebenet, som kaldes fjældbenet findes øresneglen og ørelabyrinten. Herfra føres nerveimpulser fra sansningen gennem høre- og balancenerven til hjernestammen, hvor der findes koblinger til andre sansesystemer, og overordnede hjernecentrer.



Lydmodtagelsen sker normalt gennem øregangen via trommehinden, der sættes i vibration af lydbølgerne. Denne bevægelse af trommehinden overføres via de små øreknogler i mellemøret, til det indre øres væskefyldte øresnegl, hvor de vibrationsfølsomme celler (hårceller) opfanger den mekaniske energi. Hårcellerne er de egentlige høreceller, og de omsætter energien til elektrokemiske signaler, der så via hørenerven føres centralt. Se [fig 8](#).

Figur 8



Lyd omfatter tonehøjde (frekvens) og styrke (amplitude). Ved høreundersøgelse med audiometer undersøges følsomheden for lydstyrke ved forskellige tonehøjder. Den normale tærskel angives til 0 decibel (db), og maksimum er omkring 120 db. (dvs. en 10 i 12 potens intensitetsøgning) - Større lydtryk gør ondt. Frekvenserne vi kan opfatte (som unge) strækker sig fra ca. 20 Hz til 20000 Hz.

Mellemøret: Ved defekt trommehinde eller ophørt mellemøre-knogle-transmission vil høretabet være ca. 30 db. nogenlunde jævnt over frekvenserne. Mellemørets funktion er afhængig af trykforholdene på hver side af trommehinden. Derfor er der en udluftningskanal (øretrompeten eller Eustachii'ske rør) fra mellemøret til næsesvælget. Den aktiveres normalt ved synkebevægelse og gaben.

Mellemørets særlige konstruktion gør det følsomt for trykændringer under flyvning. Dette forhold er omtalt under "Trykvariationers virkning".

Støj: Hørelsen er dog i motorflyvemiljøet mere truet af støj. Den enkeltes støjskadeniveau er individuelt. Det betyder, at selv om støjniveauerne holdes på eller lige under de i industrien fastsatte max.

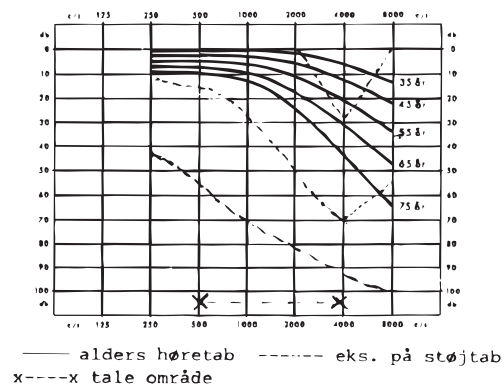
grænser, så er der en teoretisk risiko for at nogle få vil kunne få *høreskade* alligevel. En sådan kommer almindeligvis langsomt, snigende, uden at man er bevidst derom. Akutte støjskader er dog ikke usædvanlige.

Og når skaden først er der - så er det for sent!! Der sker et tab af hårceller i øresneglen, især for frekvenserne fra 4000 og opefter, men ved svære støjskader inddrages også lavere frekvenser. Karakteristisk er også et skelnetab d.v.s. at samtale mellem flere, høre tale gennem støj og lign. er besværlig, hvilket gør høretabet en større social belastning end audiogrammets mønster egentlig skulle signalere. Intet høreapparat kan give den støjskadede en blot tilnærmelsesvis normal hørefunktion. Det drejer sig om at forebygge, med brug af effektive høreværn. (OBS: I diskoteker er der målt lydniveauer langt over industriens grænser!)

Støj, også i niveauer langt under skadegrænsen, er en af de mest belastende ydre stressfaktorer, og kan derfor påvirke en pilots ydeevne negativt.

Endelig er der også omgivelserne at tænke på i den sammenhæng. Flymotorstøj er måske "musik" for

Figur 9



flyveentusiaster, for andre er det bestemt ikke. Alder betyder også høretab. Det normale aldershøretab sker fra den høje ende af frekvenserne, således at allerede en 50 årig skal have en del højere styrke for at høre 8000 Hz, og de højeste frekvenser forsvinder helt. Ved forekommende støjskade forværrer alderen tabet yderligere. [Fig. 9](#)



Det indre øre indeholder også *buegangene* og *ørestenene*. (Faglig betegnelse: Labyrinten eller Vestibularapparatet.) Disse organer registrerer henholdsvis angulære (=rotatoriske) og lineære bevægelsesændringer (accelerationer/decelerationer).

Når der sættes i gang mærkes accelerationen. Når farten er konstant ophører fornemmelsen af bevægelse. Kun synet kan registrere bevægelsen. Vi har ingen speciel "fartsans", men netop en "accelerationssans". Der er tre *buegange* i hver side anbragt i tre forskellige planer ca. 90 grader i indbyrdes forhold, og således at de arbejder parvis med en højre og en venstre sammen. Deres planorientering er sådan, at de kan registrere rotatoriske tilstandsændringer (angulære accelerationer) i længdeaksen (roll), lodrette akse (yaw) og vandrette akse (pitch).

Mekanismen er baseret på væskeinerti. Når hovedet er i ro er væsken i buegangene i ro. Sættes hovedet i rotation i et buegangsplan vil væsken i buegangen blive sående en tid før den også kommer i bevægelse. Denne relative bevægelse af væsken registres af nogle sanseceller. Holdes rotationen konstant kommer væsken også med (10 - 20 sek.), og buegangen

ophører med at signalere. Ophører rotationen af hovedet, sker det modsatte, og buegangene registrerer igen en ændring. Rotation føles nu igen, selv om den er ophørt. Alle kender det fra barndommen: det var først, når man stod af karrusellen, man var "rundtosset". Der er i virkeligheden tale om en illusion (se også rumlig desorientering.)

Meget små og meget kortvarige ændringer kan ikke føles. Teknisk udtrykt: der findes en mindste tærskel for udløsning af stimulus og dermed sansning.

Så længe buegangene signalerer, vil der komme kompensatoriske øjenbevægelser (= nystagmus = øjenrysten). Det er under normale, fysiologiske omstændigheder en formålstjenlig refleks, idet den gør det muligt under bevægelser, gang, løb o.s.v. at holde blikket fast (inden for visse grænser). Men under de accelerative påvirkninger, man kan udsættes for ved flyvning, kan buegangenes reaktion eller mangel på samme være forstyrrende og give anledning til desorientering.

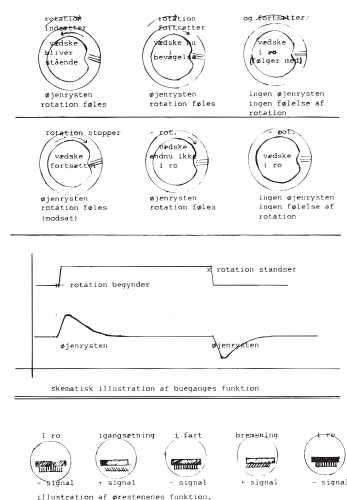
Ørestenene: er placeret i relation til buegangene og registrerer lineære tilstandsændringer, en for vandret og en for lodret. Det er den traditionelle fremstilling.

Princippet er nogle kalkpartiklers inerti ved hastighedsændringer, på samme måde som væsken i buegangene. Også her er der en mindste tærskel for sansning.

Balanceevnen er betinget af et samarbejde mellem øjnene og ørelabyrinten, samt noget man kalder kroppens *stillingssans*. Flyvere har også kaldt den "*seat-of-the-pants sense*". Den er baseret på følelser i led, sener, muskler, hud o.a., hvorfra der signaleres information om hovedet, kroppen og lemmernes position, og bevægelse både indbyrdes og i forhold til berørte omgivelser. For indre øre organerne og stillingssansen gælder, at de først og fremmest registrerer ændringer i en tilstand og ophører med at signalere, når tilstanden igen er stabil. Se [fig. 10](#). Under flyvning, hvor G-kræfterne på kroppen varierer og ikke altid ender med at vende mod Jordens centrum vil disse to systemer meget hurtigt blive utilstrækkelige og direkte vildledende til orientering. (Se Rumlig Desorientering)

Synet er det eneste, der vedvarende kan give de mest pålidelige informationer, men det har trods alt også nogle begrænsninger. (Se "Syn og flyvning").

Figur 10



Begge systemer er koblet til øjenbevægelser og kroppen, hal-sen og lemmernes muskulatur (stillingssansen). For begge indre øre systemer gælder, at de kun registrerer ændringer. (Accelerationer/deccelerationer).



Transportsyge (Kinetose): Søsyge, luftsyge, køresyge, rumsyge er et og samme fænomen. Alle med en intakt labyrintfunktion kan få transportsyge, men nogle er åbenbart bedre i stand til at undertrykke den overstimulation af balancesystemet, som kinetosen er udtryk for.

Symptomerne er de velkendte: trykken i maven, kvalme, spytflod, koldsved, opkastning. Inden da er den syge blevet stille, apatisk og bleg. Nogle angiver nakkehovedpine.

Behandling: Antihistaminer med særlig sløvende effekt har vist sig at kunne dæmpe eller hindre labyrintudløste symptomer. De er imidlertid uegnede til piloter. Det samme gælder de efterhånden mere anvendte scopolaminplastre. Dertil kommer et utal af husråd og underlige tekniske foranstaltninger.

Behandlingens virkning er vanskelig at afgøre objektivt, idet psykiske momenter - frygt for kinetose er selvforstærkende og selvbekræftende - er meget udtalt.

Det er dog fastslået, at de fleste kan "hærdes" ved at lade sig udsætte for det, og lære at beherske generne. Adskillige astronauter er rumsyge de første dage i rummet, men arbejder alligevel!

Ø J E T O G S Y N S S A N S E N

1. Anatomi

2. Optik, nærindstilling (accomodation) og alder.

3. Nethinden, stave og tappe

4. Synsfelt (perifert syn), orienteringssyn

5. Centralsyn (skarpsyn, fokuseret syn)

6. Blinde plet

7. Lysstyrketilpasning (adaption)

8. Synsstyrke (skarpsyn), måling

9. Faktorer af betydning for synsstyrke

- Lysniveau
- Kontrast
- Defokusering (upræcis optik)
- Ekspositionstid
- Bevægelser
- Placering af billede på nethinden

10. Mid-air sammenstød (om udkig)

11. Afstandsbedømmelse

- Fysiologiske (accomodation, konvergens, stereosyn)

Billedrelaterede elementer:

- A: Kendte genstandes størrelse
- B: Overlap med eller uden bevægelse
- C: Placering i synsfelt
- D: Klarheds- og farve-"perspektiv"
- E: Relativ bevægelse

12. Scanning

13. Fortolkning af det sete:

- Logisk følgeslutning (beslutte opad)
- Forventede virkelighed (beslutte nedad)

14. Visuelle illusioner

15. Motivation, årvågenhed, udtrætning

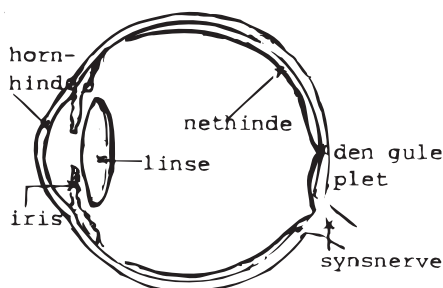
Syn og flyvning

Synet er den sans, der ved flyvning giver de mest pålidelige informationer til piloten. Der stilles krav til synet både vedrørende orientering i forhold til omgivelserne og til aflæsning af instrumenter, kort, manualer o.s.v.

Der er dog begrænsninger idet "at se" er andet end blot sansning (input via øjet). Der sker også en informationsbearbejdning (processing = perception), oftest ubevidst, inden "det sete" bruges til bedømmelse, erkendelse, beslutning, handling (cognition).



Figur 11



Øjet

Øjet (fig. 11)

Kan sammenlignes med et foto kamera. Forrest et optisk system bestående af hornhinde og linse med indskudt irisblænde (pupillen), og bagest en lysfølsom film - nethinden. Herfra føres signalerne videre som nerveimpulser til synsnerven og via synsbærerne, videre til synsbarken i bageste del af storhjerne. I hjernen udveksles information med andre hjernedele. (Sprog = læsning, balance, motorik o.s.v.)

Øjets optik har til opgave at fokusere billedet af omverdenen skarpt på nethinden. Optikken har automatisk fokusering, idet linsen er i stand til at ændre brændvidde. Derved opnås max. skarphed i alle afstande. Denne evne (akkommodation) mister vi desværre med årene, da linsen bliver mere stiv. Mellem 40 og 50 års alderen vil langt de fleste få behov for nærkorrektion = læsebriller, til afhjælpning af dette såkaldte gammelmandssyn.

Nethindens funktion er at opfange lys og især lysforskelle. Rammes den af elektromagnetisk stråling i bølgelængder fra 400 til 800 nm (synligt lys) fremkaldes nogle fotokemiske reaktioner i de lysfølsomme celler, og derved genereres nerveimpulser.

Der er to slags lysfølsomme celler i nethinden: 1: TAPPE, der findes overalt i nethinden, men særligt koncentreret i centrum (den gule plet), og aftager i tæthed perifert. De angives at tage sig af stærkere lys, dagslys, og er farvefølsomme. Den traditionelle fremstilling er, at der er tappe for rødt, grønt og blåt. Afvigende forhold mellem antallet af de forskellige tappe synes ikke være forklaringen på farve-



svaghed/-blindhed, men der er nok snarere tale om en defekt i afkodningen af signalerne. En sikker teori om farveblindhed findes endnu ikke.

2: STAVE, der helt mangler i centrum og bliver tættere i periferien. De har max. følsomhed i det blå-grønne område og skelner ikke farver. Har større lysfølsomhed end tappe og tager sig af mørkesynet.

De lysfølsomme celler arbejder sammen i grupper, hvis størrelse tiltager perifert. Hver enkelt gruppe har en fælles nervetråd, der fører til hjernen. Derfor aftager opløsningsevnen for detaljer jo mere perifert et objekt står på nethinden. Til gengæld kan summering af enkeltvis svage impulser til flere celler give energi nok til, at den fælles centrale nervetråd reagerer, d.v.s der er større lysfølsomhed.

Synsfeltet som nethinden dækker strækker sig fra ca. 60 grader ind mod næsen og ca. 90 grader til siden. Overlapning af de to øjnes synsfelt gør, at vi kan opfatte lys og bevægelser svarende til 180 grader vandret. I det lodrette plan er feltet lidt mindre.

I den gule plet, hvor der kun er tappe, endda særligt koncentreret, har hver enkelt tap sin egen nervetråd.

Det øger opløsningsevnen for detaljer. Den gule plet fylder mindre end 1 mm^2 på nethinden. Det betyder at et samlet billede af omgivelsernes detaljer fås kun ved hurtig og oftest ubevidst scanning.

Øjnene har således to operationsmodus:

1. Et fokuseret modus, det centrale syn, der varetages af den gule plet, og hvis styrke måles ved synstavlen.
2. Et orienteringsmodus, der varetages af den perifere nethinde. Dens udstrækning og kvalitet kan måles ved såkaldt perimetri.

Hvor synsnerven træder ind i øjet er der ingen synsceller - den såkaldte blinde plet.

Den blinde plet på nethinden kan illustreres:

Se på X med højre øje, hold fixationen samtidig med AT man nærmer øjet til papiret. I en vis afstand vil AT forsvinde, og tættere på komme frem igen. Forholdet har kun betydning ved enøjethed, eller hos toøjede, hvis det ene øjes udsyn er blokeret. Den enøjede kompenserer ved bevægelse.



Et fænomen som klarheds- og farvekonstans d.v.s. at klarhed og farver ikke varierer med lysniveauet som eks. på en fotografisk film skyldes synscellernes tilpasningsevne (adaptation) til forskellige lysniveauer, dog inden for visse grænser. Adaptationen fra lys til mørke tager i praksis mere end 40 min for at give max. følsomhed = max. mørkesyn. Ved mindre end tusmørkeniveau svinder tappenes følsomhed, og kun perifere nethindes stave kan se. Derfor er centrum mørkeblindt, og man må fiksere ved siden af et objekt for at se det. (Natsynet har to blinde pletter). Mørkesynet er uden farver, så "*alle katte er grå*". Fra mørke til lys sker tilpasningen i løbet af meget kort tid.

Øjeæblet opretholder sin form ved at have et lille overtryk i forhold til omgivelserne. Trykket dannes ved et afbalanceret forhold mellem dannelse af væske inde i øjet og denne væskes afløb til blodkredsløbet. Ved sygdommen grøn stær (glaucom) er der for højt tryk. Det vil kunne medføre beskadigelser på synsnerven, således at synsfeltet indsnævres. I slutstadiet kan synet helt svinde. Vil normalt kunne kontrolleres ved medicinsk behandling.

Synsstyrke: Opfattelse af genstande og enkeltheder på eller mellem sådanne er afhængig af synsvinkelen, hvorunder de ses. Den mindste synsvinkel, der kan stimulere øjet til at se et objekt, er ikke entydig. Eksempelvis ses fly fjernt på himlen blot som en lille plet uden detaljer. Kommer man tættere på, kan man se om der to eller flere. Først når man kommer endnu tættere på, er man i stand til at bestemme typen, idet karakteristiske detaljer nu kan ses. (Så var det måske fugle, og så ændredes afstanden pludseligt - se senere).

Orientering

Der skelnes således mellem:

1. Mindste synlighed (min. visibile) d.v.s. skelne om der overhovedet er noget. (Eks: fjerne fly, elledninger, dragesnor o.a.) Tærskelen er ca. 1 buesek.
2. Mindste skelnevinkel (min. discriminabile), d.v.s. mindste synsvinkel for at afgøre relativ position af to eller flere objekter. (Eks: nonius på en skydelære). Tærskelen er ca. 3 buesek.
3. Mindste opløselighedsvinkel (min. resolubile). D.v.s. mindste synsvinkel for at kunne adskille kritiske



detailler vedr. et objekt. Tærskelen er ca. 30 buesek. Det er mindste opløselighedsvinkel der bestemmes ved synstavlen.

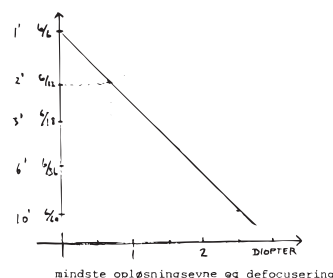
Selv om mindstetærskelen er 1/2 bueminut., har man vedtaget, at "normal" er 1 bueminut.

Synstavlens figurer er opbygget således, at 6 meter liniens kritiske detaljer ses med en synsvinkel på 1 buemin i 6 m afstand. 60 m liniens detaljer i 1 buemin i 60 m afstand, og i 6 m afstand har disse figurer så en synsvinkel på 10 buesek. Synsbrøken 6/60 siger netop, at personen har set detaljer, der har en synsvinkel på 10 buemin, (den reciprokke værdi af $6/60=10$) altså en kraftig øgning af tærskelen for mindste opløsningsvinkel, d.v.s nedsat synsstyrke.

Tærskelen for disse minima d.v.s. synsskarphed er dog afhængig af:

1. lysniveau
2. kontrast,
3. defokusering
4. eksponeringstid,
5. bevægelser,
6. placering i synsfeltet.

Figur 12



ad 1: Synsevnen holder sig konstant i et stort interval af lysstyrke (klarhedkonstans), men reduceres ved nedsat lys og har et maksimum, over hvilket yderligere lys ikke bedrer synet.

ad 2: Hvis kontrasten mellem en detalje og dens baggrund er stor (sort på hvid) er synet godt, men det aftager ved nedsat kontrast (gråt i gråt). Blænding opstår, når lysniveauet samlet er for højt i forhold til øjets aktuelle adaptationsniveau (overgangsblænding), eks. ud af mørk tunnel, eller hvis kontrasten mellem lysniveauer i synsfeltet er for stor, (sløringsblænding) f.eks. billygter mørket.

ad 3: Ved upræcis optikindstilling er mindste opløsningsvinkel det, der påvirkes mest. (fig. 12) De to andre minima er ikke så følsomme for defokusering. Upræcis optik kan være alm. nærsynethed (behov for minusglas), langsynethed (behov for plusglas) eller bygningsfejl (en misvisende daglig betegnelse for astigmatisme = ulig krumning af hornhinden i forskel-

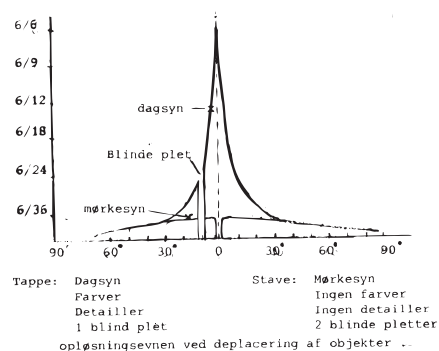


lige meridianer. Korrigeres med cylinderglas). Brillestyrke er således kun et udtryk for optikkens mangel på præcision, og siger intet om øjets synsevne. Uklar optik som eks. grå stær = uklar linse kan ofte afhjælpes med kirurgi.

ad 4: Øjet skal have en vis tid for at sansning kan finde sted. Falder den tid et øje har til at registrere under et vist niveau, registreres intet - i hvert fald ikke bevidst. Øjet har dog evnen til at sammenlægge kortvarige lysstimuleringer, blot intervallerne af mørke ikke er for store. Denne såkaldte flimmerfusion udnyttes ved f.eks. biograffilm. Den frekvens, hvor gentagen blinken flyder sammen til et lys er afhængig af lysniveau, farve og placering på nethinden. Der skal højere frekvens til fusion perifert på nethinden. (Et 50hz fjernsyn blinker, hvis billedet placeres perifert i synsfeltet, men ikke i centrum.)

ad 5: Hvis en genstand bevæger sig mere end ca. 40 grader pr sek., vil øjets følgebevægelser ikke holde trit, og detaljer forsvinder, da expositionstiden bliver for kort. Af samme grund opleves "high speed

Figur 13



tunneling", d.v.s. at nyttigt synsfelt indsnævres ved stor hastighed.

ad 6: Alle minimas tærskelværdi stiger med decentring. Blot nogle få grader ved siden af centrum er mindste opløsning over 2 buemin, (6/12) og 10 grader ved siden af over 3 buemin (6/18). Fig. 13.



Til gengæld registreres bevægelser og flimmer lettere perifert end centralt.

Alder har stor indflydelse på disse forhold. Tydeligst er den manglende fokuseringsevne på nært hold fra 40-50 år og opefter. Det dynamiske syn aftager mere end det statiske, det fornødne lys- og kontrastbehov øges og blændingstilbøjeligheden tiltager.

Bevægelse af øjet er på grund af den maksimale synsskarpheds lokalisation i nethindens centrum nødvendig for "at se" et helt billede. I virkeligheden er det, at vi opfatter omverdenen som et helt billede en illusion. For at få billedet "optaget" er der foretaget hurtige ryk af øjnene med små pauser, og det er i pauserne, man ser detaljer. Hertil kommer, at billedet på nethinden indeholder betydeligt flere informationsenheder end synssansen kan bearbejde i hjernen. Så ikke nok med at øjnene ustandseligt skal bevæge sig for at få så helt og detaljeret billede som muligt, så sker der også en udvælgelse af de informationsenheder, man "ser". Viden, erfaring, rutine har naturligvis betydning for udvælgelsen og ikke mindst bearbejdningen af informationen.

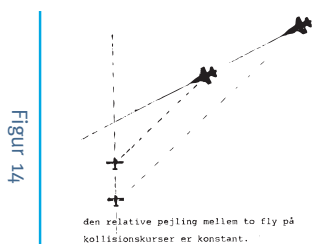
Ovenstående er faktorer, der kan reducere et ellers

perfekt syn. Med andre ord: uanset god synsevne, så er den aldrig bedre end fokusering (brillebehov), lys- og kontrastforhold (natflyvning og IMC), objekts-tørrelse (afstand) og bevægelse og placering i synsfeltet (se midair collision) tillader. Og den erfarne "ser" bedre end den uerfarne.

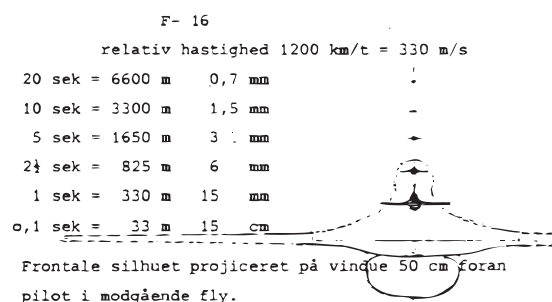
Midair Collision: Et fly på kollisionskurs er i samme højde d.v.s i horisonten (kontrast?) og hvis langt borte kun en ganske lille plet (synsvinkel?). Da den relative pejling mellem de kolliderende fly er konstant, (fig. 14), står et fly på kollisionskurs stille i forhold til f.eks. cockpitrammen, eller forbliver skjult bag denne. En lille synsvinkel ude i synsfeltet og ubevægeligt er ugunstigt. Vi er vænnet til at reagere på bevægelser i synsfeltet for dernæst at dreje blikket direkte på det bevægende objekt og undersøge det med den gule plet for at få detaljer. (Eller reagere ubevidst, refleksmæssigt, når indlæring, erfaring og rutine gør, at situationen er velkendt og indøvet. F.eks. boldspil, og alle andre ting vi gør uden nødvendigvis at have set nøjagtigt, hvad der kommer farende.)

Men netop flyet på kollisionskurs bevæger sig ikke, og overladt til et tomt synsfelt vil de fleste fokusere få meter foran øjnene (empty space myopia). Herved er fjerne objekter slet ikke fokuserede og da de også er små vil den perifere nethinde slet ikke opfatte flyet. [Fig 14](#)

Når øjnene skal undersøge et område på himmelen, foregår bevægelserne i ryk. (Glidende øjenbevægelser kan kun præsteres hvis øjnene følger et fokuseret objekts bevægelse, og da kun inden for visse grænser, dynamisk syn). Mellem rykkene holdes så passende pauser for at fokusere evt. indfangede



Figur 15



objekter, og det er i pauserne man ser.

At synet "er slukket" ved hurtige øjenryk (saccader) kan let vises: Stil dig foran et spejl. Se på dit venstre øje. Skift til det højre øje. Så du selve skiftet? Kunne du se øjenbevægelsen?

Det kræver øvelse at holde udkik effektivt, og en sådan scanning tager tid.

Eks.: Afsøgning af området fra venstre til højre og nedefra op for eks. for hver 10-20 grader afbrudt af korte blik på instrumenter, tager så lang tid, at en F-16 med 1000 km/t. som du ikke så ude til venstre, er kommet 3 km nærmere (ca. 10 sek.), når de vender tilbage til venstre side efter at have scannet til højre. 3 km væk vil en F-16 frontalt have en synsvinkel svarende til et insekt på 1,5 mm siddende på plexiglasset 50 cm foran øjnene. ([fig. 15.](#) - Fly er små, til de er for tæt på!)

Et andet drilagtigt problem er *afstandsbedømmelse*. Til dette har vi to principielt forskellige metoder. De fysiologiske og de billedrelaterede.

De *fysiologiske* omfatter akkommodation, de to øjnes konvergens ved nærfixation samt stereosynet (3-D syn). De to første er kun anvendelige på meget nært hold. Stereosynet er baseret på, at de to øjne er anbragt med en horisontal afstand på 60-70 mm. Det giver en ganske lille forskel i nethindebilledet på de to øjne, og det fortolkes så som en tredje dimension. Teoretisk og laboratoriemæssigt kan stereosyn på-vises på ret lange afstande, men i praksis er dets effektivitet begrænset til ganske få meter. Nu er det jo velkendt, at selv en toøjet, der lukker det ene øje, lige såvel som en enøjet, stadigvæk har rum- og afstandsforfølelse. Der må altså være andre elementer end de fysiologiske.

Det er de såkaldte *billedrelaterede elementer*. De anvendes i alle faser af en flyvning (incl. simulatorer). Det drejer sig om:

- 1) kendte genstandes størrelse,
- 2) overlappning med eller uden relativ bevægelse,

- 3) placering i synsfeltet,
- 4) klarheds- og farve "perspektiv" og
- 5) relativ bevægelse af sigte linie (moving parallax).

Desværre er alle de billedrelaterede elementer udsatte for fortolkningsfejl.

ad 1: En fremmed flyveplads med anderledes højde på bygninger og træer end omkring hjemmebase, eller med anderledes bredde og/eller længde evt. også stig eller fald af banen kan give vanskelighed med højde og afstandsbedømmelse til approach og finale. (Fig. 16).

Figur 16



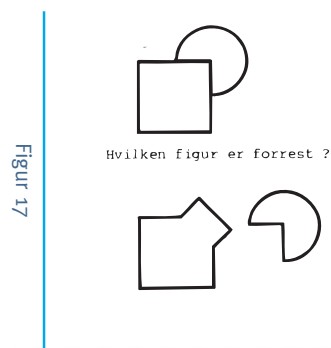
Et illustrativt eksempel er piloten i faldskærm, der tager sig god tid, da han kan se nogle campinghytter. Det var imidlertid bistader, så landingen blev noget hovedkulds.

ad 2: overlapning kan snyde, når man ikke kan være sikker på størrelse og form. (Fig. 17)

ad 3: Placering nær horisonten giver modstridende information. Enten fortolkes objektet fjernere, hvis det ses sammen med andre objekter højere på himlen, eller også, især hvis det er alene, opfattes det uforholdsmæssigt stort. Den store flotte fuldmåne ved horisonten er samme størrelse, som når den står højt på himmelen.

ad 4: Når genstande kommer længere bort svinder klarhed og farve og til sidst er alt blågråt. Dette bruges ubevidst, således at variationer af flyvesigtbarhed giver risiko for fejl. I diset, tåget vejr vil afstanden overvurderes, i klart vejr undervurderes den.

ad 5: Hvis man selv er i bevægelse vil sigtelinien til nære genstande variere mere end linien til fjerne



genstande. Hvis genstandene er i bevægelse og/eller størrelsen er ukendt giver det usikkerhed i afstandsbedømmelsen.

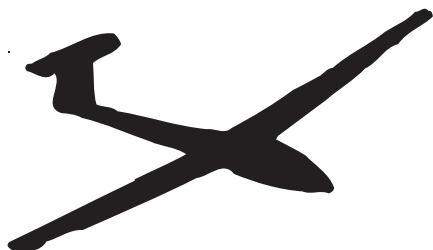
Øjets optagelse af information sker som tidligere nævnt ved små hurtige bevægelser, der får den gule plet til at scanne det billede, som øjets optik har dannet på nethinden. Dette billede er kun todimensionalt ligesom et fotografi, men alligevel opfatter vi verden tredimensionalt.

Denne informationsbearbejdning er betinget af tillært viden med anvendelse af de nævnte visuelle elementer. Men der skal oftest være flere elementer for at undgå misfortolkninger.



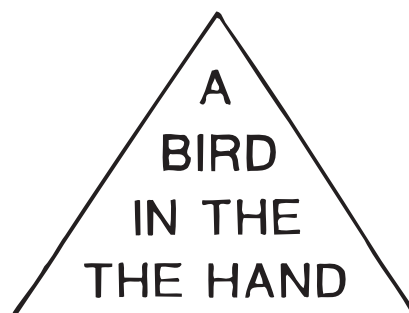
I bearbejdningen af sansningen anvendes ofte logisk følgeslutning og her kan der opstå forvirring, hvis nogle elementer mangler. (fig. 16 og 18). Eks. det skrå stillede flysilhuet, hvor man ikke umiddelbart kan afgøre om flyet drejer den ene eller den anden vej. En anden måde at bearbejde sansning på er den forventede virkelighedsslutning. (Engelsk: expectancy)

nedefra ? oppefra ?



Figur 18

Figur 19



Det klassiske eksempel på illusion i den sammenhæng er fig. 19. Her vil den, der kender engelsk være tilbøjelig til at overse det ene "the", selv om det må stå på nethinden.

Alle de billedrelaterede elementer til afstandsbedømmelse kan udsættes for sådanne fortolkningsfejl - *illusioner*.

Fig. 19 er også eksempel på fejl i forventede virkelighed. "Leans on the sun" (se RD) ligeledes. Skrå sky-lag og strømskel på vandoverflader i diset vejr kan også give fejlagtige slutninger om horisonten.

Andre visuelle illusioner: en ubemærket bevægelse af flyet kan bevirke at lys på nattehimlen synes at bevæge sig. Det er ikke helt det samme som autoki-

nese (selvbevægelse), der skyldes det forhold, at et enkelt lys, uden andre fikspunkter i nærheden, vil udløse søgebevægelser. Selv om øjet ikke bevæger sig og dermed heller ikke nethindebilledet, vil søgeimpulserne til øjenmusklerne alene udløse illusion om bevægelse af lyset.

Bevægelse i omgivelserne kan give illusion om egen bevægelse. (Tog der sætter i gang på nabosporet). Snefog eller piskende regn på tværs af en bane kan forvirre på samme måde, og få piloten til at fejlagtigt at ændre crab angle.

Manglende karakteristika på jorden (sand, sne eller havblik med dis) kan totalt forstyrre den visuelle kontrol (White out). På samme måde kan en belyst bane med totalt mørke omgivelser give en manglende sikkerhed i bedømmelsen (Black hole).

Illusioner er således et normalt fænomen. Vi er bare ikke bedre! (se også "Rumlig desorientering"). For at imødegå dem, drejer det sig om at få så mange visuelle input som muligt (repeated rewiewing), samt have viden, erfaring, årvågenhed og god dømmekraft.

Endelig er det ikke ligegyldigt, hvordan flyet er indrettet. Især at kunne se ud uden alt for mange hindringer, snavs, reflekser osv., burde være en selvfølgelighed.

Ved træthed, søvnmangel, stress eller andre tilstande, hvor pilotens ydeevne er nedsat forekommer illusioner lettere.

Informationsbearbejdningens kvalitet er også afhængig af motivation og årvågenhed. Ved kedsomhed, ligegyldighed, anspændthed, angst, frygt, reduceres ydeevnen for helt at svinde ved panik eller apati.

Informationsbearbejdning kan også udtrættes. Det er et faktum, at ved opgaver med svagt respons, f.eks. udkik, falder præstationerne efter kort tid. Øvelse fjerner ikke dette forhold helt, men motivation højner niveauet. Ved at gøre udkik til en aktiv proces fremmes sikkerheden.



R U M L I G D E S O R I E N T E R I N G

1. Definition

2. Typer (u-erkendt, erkendt, ukontrolleret)

3. Orientering i tredimensionelt rum, balance

4. Synets to operationsmodus:

- Fokuseret syn
- Orienteringssyn

5. VMC/VFR og IMC/IFR og RD

6. RD udløst af reaktioner i indre øre

- Graveyard spin
- Krydskoblingsillusionen
- Leans (kan også være visuel)
- Acceleration/Deceleration, Illusion
- Tryk
- Vertigo

7. RD udløst af visuelle illusioner

- Øjenrysten udløst af indre øre (oftest ophør af rotation)
- Leans
- Fejlagtig afstandsbedømmelse

8. Modforanstaltninger

9. Target fascination (se PDM)

10. Forventning (falsk hypotese, se PDM)

Illusioner d.v.s. fejlagtige opfattelser af omverdenen er omtalt i forbindelse med både synet og det indre øres organer. Med sådanne fejlagtige sansninger og /eller fejlagtige bearbejdelser af sansninger haves tilstande, som er potentielt farlige for fly-vesikkerheden.

Vertigo er en almindelig brugt samlebetegnelse for disse sanseforstyrrelser, men den er noget uheldig, idet svimmelhed (- vertigo) ikke behøver at være et symptom - snarere tværtimod. Efterfølgende vil



fænomenet blive betegnet RD = rumlig desorientering. (på engelsk: SD = spatial disorientation). Geografisk desorientering = navigationsfejl, er noget ganske andet og vil ikke blive omtalt. Et forsøg på definition kunne være følgende: RD vil sige, at en pilot opfatter sin og/eller flyets bevægelse og stilling i forhold til Jorden og dens tyngdefelt (evt. til andre fly) fejlagtigt.

- Type 1: Piloten vil manøvrere efter sin fejlagtige opfattelse, ofte med fuld kontrol over flyet og evt. ende i havari, uvidende om desorienteringen (Unrecognized Spatial Disorientation, USD).
- Type 2: Går det op for piloten "at noget ikke stemmer", vil han/hun forsøge at bringe sig ud af vildfarelsen (Recognized SD, RSD).
- Type 3: Her kan der af forskellige grunde ske det, at kontrollen over flyet mistes (Incapacitating SD, ISD).

Det er ikke kun et problem for high performance flyvning. En amerikansk statistik over 35000 General Aviation uheld (8 år) fandt, at i 2,5% var RD års-

gen, og 90% af disse uheld var fatale. RD var 3. hyppigste årsag til fatale uheld, og nøje relateret til næsthypigste årsag - fortsat flyvning visuelt ind i IMC uden fornøden IFR træning.

Vor orientering i det tredimensionale verdensbillede er indlært. Det er baseret på diverse sanseorganers registreringer af tilstandsændringer, og lemmers og krops placering i rummet både i forhold til hinanden og til Jordens og dens tyngdefelt. Vi lærer at holde balancen i dette rum ved sansesystemernes indbyrdes samarbejde (sanseintegration).

"*Balancesansen*" er sammensat af tre samvirkende systemer:

- 1) Synet,
- 2) Vestibularapparatet = Labyrinten = det indre øresbuegange og øresten samt
- 3) Kroppens stillingssans.

Synet er overordnet de andre. Det har så at sige i to vidt forskellige operationsmodi: orienteringsmodus og fokusmodus. (Som naturligvis ikke erkendes i den daglige færden) Orienteringssynet vil normalt være



styrende, og kræver ikke nogen stor opmærksomhed. Det ser ingen skarpe detaljer, men opfatter grove synsindtryk, der angiver indbyrdes relationer i omgivelserne, og er selv i begrænset lysstyrke effektivt. (Den perifere nethinde). Under VFR/VMC er det oftest sikkert og pålideligt.

Når synet af omgivelserne hindres, kan vi stadig på jorden holde balancen ved hjælp af de to andre systemer, men som det senere skal ses så svigter de, når G-påvirkningerne varierer.

Derfor må der ved flyvning uden orienteringssyn ud af flyet etableres et andet visuelt signal: Instrumenterne. Her er der imidlertid tale om synets andet operationsmodus, - det fokuserede syn (i nethindens centrum, den gule plet), der ser detaljer, kræver lys og ro i billedet, men er ikke automatisk samarbejdet med balancesystemerne. Det kræver et helt andet opmærksomhedsniveau og tager betydelig mere hjernekapacitet at anvende fokusmodus end vores sædvanlige orienteringsmodus.

At der så oven i købet kræves flere instrumenter, der skal krydscheckes fortløbende, gør ikke opgaven mindre.

Selv uden syn kan vi som anført orientere os i forhold til jordoverfladen, når vi går og står på den. Hertil anvendes de to andre systemer, indre øre og stillingssansen. (Se under: Hørelse, indre øre og balance) Disse to systemer registrerer først og fremmest tilstandsændringer og ophører med at signalere, når tilstanden igen er stabil. Kun synet giver vedvarende pålidelige oplysninger om vort forhold til omgivelserne, og selv det kan fejle. (Se "Synet og flyvning") RD kan således opfattes som en tilstand, vi kan bringes i, fordi vore sanser ikke er perfektioneret til flyvning. RD er næppe mulig under VFR/VMC, med mindre der er tale om voldsomme manøvrer, hvor rotatoriske bevægelser kan udløse regulær svimmelhed med uundgåelige reflektoriske øjenbevægelser (nystagmus) i en sådan grad, at synet sløres eller forvirres. Andre visuelle illusioner kan også forekomme, men ellers er RD et IFR/IMC problem, og kun med viden, håndlag, erfaring, rutine og sund dømmekraft, sammen med teknik, er sikker flyvning mulig. Ved en undersøgelse fandt man, at utrænede piloter, der flyver uden ydre visuelle referencer vil miste kontrollen efter gennemsnitlig 170 sek.



RD opstår især i stressede situationer, dersom opmærksomheden på instrumenterne svigter, eller piloten lader sig distrahere af andre opgaver. Alle stressfaktorer kan gøre sig gældende, såvel ydre: støj, kulde, varme, turbulens o.s.v., som personlige: træthed, sygdom og emotionelle problemer o.a. I det følgende gives nogle eksempler på illusioner, der kan føre til RD.

Vestibulære illusioner

Graveyard spin. Et længere varende spin med konstant rotation vil kun i begyndelsen registreres som rotation af buegangene. De vil efter 10 - 20 sek. falde til ro. Rotationen vil fortsat kunne ses og evt. føles via G-kræfter sideværts på kroppen. Når udretning finder sted registrerer buegangene igen rotation, og er piloten ikke ihærdig i sin visuelle kontrol (horisont og/eller instrumenter), vil han/hun kunne reagere på den falske rotation (og opbremsningens pitch down illusion?) og føre flyet ind i et nyt spin. Den visuelle kontrol kan være forstyrret af de ledsagende ufrivillige øjenbevægelser (nystagmus), som piloten kan opfatte som bevægelse enten af omverdenen eller af flyet eller piloten selv.

Krydskoblings Illusionen (Coriolis illusion)

Hvis flyet er i en stabil angulær bevægelse f.eks. et sving, er alle buegangene i ro. Drejes eller vippes hovedet vil buegangene, der bringes ud af eller ind i rotationsplanet reagere, og piloten vil føle en tredje rotatorisk bevægelse, som hverken er hans eller flyets, men en illusion. (Under stabil rotation i en akse, vil hovedbevægelser om en ortogonal akse udløse en illusion i en tredje ortogonal akse).

Der er en lang og indviklet forklaring på dette fænomen, men det er let at efterprøve det: Siddende på en stabilt roterende stol, prøv at vippe hovedet forover eller bagover, - og bagefter vrikke hovedet til siden. Med lukkede øjne virker det kraftigst. (Er i øvrigt også effektivt til at fremkalde transportsyge, hos de følsomme.)

Den praktiske konsekvens af denne illusion er, at krydscheck af basic instruments skal ske ved bevægelse af øjnene og ikke af hovedet. (Og så bør instrumenterne naturligvis være placeret således, at det kan lade sig gøre.) Sekundære funktioner bør kun udføres under ligeudflyvning eller af andet besætningsmedlem.



Leans

Den almindeligste - og ønskede - illusion er det rene sving. Her er den resulterende G-kraft lige ned i sædet og med lukkede øjne vil svinget slet ikke registreres. Den evt. følelige større G, vil kunne fortolkes anderledes, kun synet kan afgøre det. Når svinget er stabilt indikerer buegangene intet. Rettes så flyet op med en følelig rotation, kunne piloten uden visuel reference opfatte det som krængning til modsatte side.

Ligeledes kan en følelig krængning, der rettes op meget langsomt (under tærskel niveau) føles, som om krængningen stadig opretholdes.

Fænomenet kaldes "leans" og kan være meget generende.

For en uindviet kan det være svært at forstå, at selv om piloten kan se på sit instrument, at alt er "straight and level", så føles den falske krængning.

En illustration af vort orienteringssyns dominans i den rumlige orientering, er, at blot et ganske lille glimt af en horisont uden for flyet kurerer leans prompte. (Visuel leans: se nedenfor)

Pitch up/down illusioner

Ved acceleration/deceleration lineært vil resultanten af accl. vektoren og jordens G vektor, bevirke at der fremkommer en illusion. Ved tiltagende hastighed fremad vil resultanten af inertikræfterne være rettet bagud, nedad, d.v.s at piloten vil føle sig presset bagud i sædet som ved climbing. Det kunne uden visuel reference opfattes som om næsen går op (Pitch up illusion), omvendt ved opbremsning. Følges illusionen f.eks. på et overshoot eller touch and go med korrektion, er katastrofen der. Det er ikke blot teori! Tilsvarende kan neg. G uden visuel reference opfattes som rygflyvning - og omvendt. Den før omtalte nystagmus, der kan give en visuel illusion af bevægelse, udløses af buegangene, ved indsættende rotation og ophør af rotation. En særlig variant er trykvertigo, der udløses via mellemøre og indre øre ved sygelige tilstande, hvor trykudligning er uens på de to sider. Den kan være meget voldsom, med rotatorisk svimmelhed, omend oftest kortvarig. Visuelle illusioner er ellers omtalt under "*Synet og flyvning*". De kan også føre til RD, især ved forstyrrelser i afstandsbedømmelsen.



Leans kan også være en visuel illusion. En udgave, der kan optræde i usigtbart vejr, kaldes leans on the sun. Instinktivt er man tilbøjelig til at holde flyet således, at det kraftigste lys = solen er over hovedet. En anden visuel lean udløses af et skråt skylag. Nordlys kan også fejlplacere horisonten.

På samme måde kan man forstå tendensen til at presse flyet ned, hvis man under indflyvning har haft banen i sigte, men kommer ind i skyer. (Tuck under). Man vil instinktivt være tilbøjelig til igen at komme ned, hvor banen kunne ses.

Hvordan imødegås RD problemer ved IFR?

1. Viden. Kendskab til fænomenerne. Stol på instrumenterne, og vær overbevist om at vestibulære og stillingssans signaler, hvis afvigende fra visuelle signaler, skal underkendes til fordel for de visuelle input fra instrumenterne.
2. En gang på instrumenter, bliv på instrumenter til pålidelige og vedvarende visuelle signaler er til stede uden for flyet.
3. Hold dig i træning

4. Sørg for at være "fit for flight"
5. Erfaring hjælper, men gør ikke immun overfor RD.

Og hvis det sker alligevel:

Koncentrer om basic instruments, krydscheck, og bring dem "straight and level". Flyv sådan en tid, og manøvrer så igen således at instrumenter og flybevægelser ses og føles overens.

Nogle specielle desorienteringstilstande, som måske hellere skulle kaldes "mangelfuld situations erkendelse" (lack of situational awareness) skal nævnes. De indtræffer såvel under VFR som IFR .

Target facination

Piloten bringer sig selv og flyet i en situation, der er faretruende eller direkte håbløs ved at bruge al sin opmærksomhed på at løse en eller få opgaver (eks: fotoflyvning i lav højde) og glemmer de andre, der er nødvendige, for at sikre flyvningen. Er ikke helt det samme som "coning of attention", der er en overbelastningsreaktion (stress), hvor man kun yder én eller få opgaver fuld opmærksomhed, fordi man ikke har overskud til mere.

**Forventning**

En anden uheldig adfærd kan være "forventning". Piloten har nogle forventninger om at omverdenen og begivenhederne ved flyvningerne vil udvikle sig på en vanlig måde. Undlader at checke realiteterne ved "repeated rewievig" og roder sig ud i en farlig situation, og mister måske endda kontrol p.g.a. RD. I en sådan situation kan der ske det, at opgavernes størrelse og antal nu overstiger pilotens ydeevne. For piloter gælder det som for alle mennesker, at når man nærmer sig en så høj belastning, at ens grænser er overskredet, da sker der en tilbagegang i evnen til at løse opgaver fornuftigt. Slutstadiet i en sådan udvikling bliver panik eller apati, hvor al fornuftig handling er ophørt.

S Ø V N M A N G E L T R Æ T H E D (F A T I G U E)

1. Træthedsfaktorer
2. Søvnmangel
3. Subjektiv ctr. fysiologisk træthed
4. Søvn (N-rem og rem søvn)
5. Forstyrrelser af søvn
6. Døgnrytmer
7. Lavpunktstider
8. Mikrosøvn
9. Jetlag/shiftlag

10. Symptomer og tegn på træthed

11. Forholdsregler

12. Om sovemedicin

Indenfor den professionelle flyvning er træthed/søvn-mangel et af de mere omstridte human factor emner. For fritidsflyvere er emnet måske knap så tungtvejen-de, men dog ikke uden betydning.

Træthed kan fremskyndes af andet end blot søvn-mangel. Mange af de ydre belastninger, der forekom-mer ved flyvning (støj, blænding, vibration, turbulens, varme, kulde o.s.v.), fremmer netop træthed. I perio-den efter en sygdom (rekonvalescens) vil træthed, eller blot øget træthed, ofte være mærkbar.

Trætheden kan dog kun afhjælpes på én måde, nemlig hvile og i sidste ende - søvn. Hverken erfa-ring, øvelse, motivation eller andet kan i længden hindre søvnen. Søvnen er tvingende for menneskets funktion.

"Uden mad og drikke, duer helten ikke", men han er endnu mindre værd, hvis han mangler søvn!!

Vi ved faktisk ikke, hvorfor hjerne og krop skal sove for at restituere. Vi ved dog, at der er forskellige for-hold, der kan hindre at søvnen bliver tilstrækkeligt restituerende. Dette er uheldigt, da det drejer om at vågne *"frisk og udhvilet"*, som det hedder i daglig-sprog, for at kunne fungere bedst muligt.

En krop og en hjerne, der er træt og i søvnunderskud vil miste færdigheder. Dømmekraft og beslutningsevne lider under det. (Se senere).

Hvis trætheden /søvnmanglen bliver udtalt vil der oven i købet kunne forekomme ufrivillige korte søvn-perioder (mikrosøvn) uden for pilotens kontrol. Hjer-nen prøver så at sige at tvinge sit krav om søvn frem. Disse korte søvnanfald aner piloten intet om, men opmærksomhed på omverdenen og flyvningen er bor-te, og korrekt situationserkendelse mistes.

Efter mikrosøvn er man hverken frisk eller udhvilet, men har måske bragt sig i en situation, hvor der optræder uventede, ubehagelige problemer, og så er scenen sat for negative stressreaktioner. (Se dette) Søvn-mangel er ikke blot at akut fænomen efter en lang arbejdsdag, men er ofte ophobet over flere døgn søvnunderskud.



Problemet kan være skjult for piloten, idet en egen følelse af at være frisk p.g.a. eksempelvis kaffe, fysisk aktivitet eller motiverende opgaver, slører trætheden (subjektiv træthed) - men den reelle træthed (fysiologisk træthed) vil på et eller tidspunkt afsløres.

Om søvn: (orientering)

Søvnen inddeles i to grundstadier: Non REM og REM. (REM = Rapid Eye Movement), baseret på elektronisk registrering af de elektriske fænomener, der altid optræder i hjernen, øjen- og anden muskulatur. Non REM søvnen inddeles i 4 faser med tiltagende bevidsthedstab, muskelafslapning, og ubevægelighed. Fra dette stadiums dybe faser svinger søvnen over i REM-søvn, hvor der er hurtige spontane øjenbevægelser, alligevel helt afslappet muskulatur i arme og ben, og kun overfladisk tab af bevidsthed. Drømme menes i øvrigt at forgå i dette stadium.

I løbet af en søvnperiode skiftes mellem de to stadier. Det første NREM-stadiums dybe fase indtræder ved uforstyrret indsovning efter 40-45 min, og efter endnu 15-30 min kommer det første REM stadium, der

står på i ca. 15 min. Herefter indtræder et nyt NREM stadium. Søvn dybden skifter således rytmisk gennem hele søvnperioden. I løbet af perioden svinder de dybeste faser i NREM og REM stadierne forlænges. Med stigende alder sker også ændringer. Søvnperioden forkortes. De dybeste faser i NREM bliver kortere og færre. Den samlede REM søvn bliver kortere. Søvn bliver mere overfladisk med mange lette NREM og REM-stadier, ofte med kortvarig vågentilstand flere gange i periodens løb. (Må ikke forveksles med søvnløshed).

Det menes, at den dybe fase af NREM og REM stadierne er vigtige, for at søvnen bliver restituerende. En sovende er svær at vække i de dybeste faser af NREM. Den sovendes bevidsthed er maximalt undertrykt, og opvågningen går langsomt, med en periode af omtågethed og forvirring på flere minutter (søvninerti). I de lette faser af NREM og i REM stadiet er der næsten ingen inert.

Forstyrres den normale vekslende søvn dybde svækkes søvnens restituerende virkning. Forstyrrelserne kan være fysiske og fysiologiske faktorer: støj, lys, kulde, varme, sult, tørst o.m.a. (fysiske stressfaktorer), men



det er også velkendt, at problemer med familie, arbejde, økonomi o.s.v. (psykosociale- og emotionelle stressfaktorer) spiller en stor rolle for søvnen. Hertil kommer, at indtagelse af opkvikkere såsom kaffe eller the lige før sovetid kan hindre en normal indsovning. Omvendt kan de så anvendes for at udskyde søvn.

Alkohol har en negativ virkning på søvnens kvalitet.

Når mange alligevel finder "en lille en" at sove på som en hjælp, kan det være alkohols sløvende virkning, der gør sig gældende. Større mængder alkohol hindrer den normale rytme i søvnstadiene. Indtagelse af rene "korte" kulhydrater (druesukker, rørsukker o.lign.) kan medføre søvnighed i utide. Stivelse ("lange" kulhydrater, i eks. brød, ris, kartofler) og protein rig kost mindsker dette.

Men væsentlige trætheds- og søvnproblemer følger af forstyrrelser i forholdet mellem vågen- og søvnperioderne.

Orientering: Søvnen er nøje knyttet til organismens døgnrytme, d.v.s. det faktum at vores funktioner varierer i løbet af et døgn. Talrige målbare data indenfor menneskets fysiologi kan vises at svinge med døgnnet. Andre funktioner kan svinge med månedsvariati-

on, og fra dyrene kender vi tydelige variationer med årstider (vinterpels/ sommerpels). Meget tyder på at dette styres fra en lille struktur i hjernen, der kaldes koglekirtelen (corpus pineale), hvor der udskilles et hormon, der kaldes Melatonin. Styringen sker gennem et feedback system, hvor en lille kerne i hjernestammen med nerveforbindelser fra øjets nethinde er et af leddene. Lys eller snarere lysets varighed er således en væsentlig faktor. Der mangler megen forskning før sammenhængene er afklarede.

Døgnrytmen gør bl.a., at man ikke kan lægge sig til at sove på et hvilket som helst tidspunkt og forvente at falde i søvn lige så let, som ved sædvanlige sovetid. Der er dog også lavpunktstider, hvor indsovnings-tiden er meget kort. Nogle kan sove på forskud andre kan ikke.

Mikrosøvn, som er ufrivillig, ubevidst og uden restitution, er nævnt tidligere. En "lille lur" kan derimod være restituerende, omend effekten kan være varierende afhængig af omstændighederne. I tilfælde af søvnmangel kan et kort blund på 15-40 min. være en udmærket nødløsning. Det forudsætter naturligvis, at der er andre til at tage sig af flyvningen imens.



Den kendteste gene i forbindelse med døgnrytmer er *jetlag*. Piloten eller passageren rejser over flere tidszoner på så kort tid, at organismen ikke når at tilpasse sig en døgnrytme, der svarer til det nye opholdsteds aktiviteter.

Det tager ca. 1 døgn pr tidszone, før der er fuld tilpasning. Pudsigt nok er menneskets døgnrytme ikke 24 timer, men snarere 25-26 timer, og vågen periode er længere end soveperioden. Det betyder, at tilpasning til forskydning, der svarer til forlængelse af vågenperiode, er hurtigere tilpasset end forskydninger, der forkorter vågenperiode. Øst til vest klares bedst, bedre end vest til øst.

(SLV har udgivet et lille hæfte om *jetlag*).

For fritidsflyveren er det ikke så meget tidszoneforskydning, der er problemet, men nok mere forskydning i vågen-søvn perioder. (*shiftlag*). Typisk er det skifteholds arbejde, eller blot det forhold, at man omkring weekends og fridage forskyder og/eller ændrer sin søvnrytme. ("Dagdyr" fra mandag til torsdag/fredag, "natdyr" i weekenden). Alkohol bedrer ikke på forholdet, tværtimod.

Som nævnt tidligere vil træthed/søvnmangel påvirke dømmekraft og beslutningevne negativt.

Alle kender til symptomer og tegn på træthed. De kommer snigende og er i længden uafvendelige. Reaktionstiden forlænges, opgavers løsninger sjuskes, og man er parat til at acceptere det. Det samme gælder håndlaget. Man bliver fokuseret (fikseret) på en opgave og hænger ved den (perseveration). Korttidshukommelsen, hovedregning og andet mentalt arbejde svigter. (Lange ATC-clearances frabedes!). Sansebedrag (illusioner) opstår lettere. Humøret påvirkes, og man bliver irriteret. Nogle bliver direkte depressive.

Der er kun et middel til afhjælpning: *søvn*. Kortvarigt kan opkvikkere give et vist overskud, ligesom motiverende opgaver, men i længden er der ingen vej udenom.

Der er naturligvis store individuelle variationer i vores modstandskraft over for træthed og søvnmangel. Men ingen er upåvirkelige.

Om det skal have negativ indflydelse på fritidsflyvningens sikkerhed afhænger som sædvanligt af piloters selvindsigt og selvkontrol.

Forholdsregler

1. Regelmæssige søvnvaner (så vidt muligt)
 2. God fysisk form
 3. Modvirk stress af enhver art (så vidt muligt)
 4. Gode spise og drikke vaner.
 5. Forbered flyvningen og tag hensyn til tidsfaktoren.
- I et ensædet fly kan du ikke gøre så meget til bedring af situationen, hvis du overmandes af træthed. Derfor: tænk over det inden du flyver (pre-flight check), og land hvis du kan, hvis du alligevel skulle være kommet af sted

Sovemedicin

Generelt: Undgå det!! - Selv om der både indenfor militær- såvel som professionel civil flyvning kan opstå situationer, hvor piloters og andet personels rytme er så forstyrret, at indsovningsmidler er en forsvarlig, opnåelig udvej. Der findes midler, hvor virkningen indtræder hurtigt (30-40 min) og halveringstiden i blodet er 6-8 timer. De er absolut kun til episodisk brug - og alle har aftagende virkning ved konstant anvendelse. (Tilvænning og afhængighed)
Midlerne bør ikke komme på tale hos fritidsflyverne...

S T R E S S

1. Kort definition
2. Stressvirkninger
3. Stressfaktorer
4. Forholdet mellem ydeevne og belastning
5. Oplevelse af positive stressreaktioner
6. Oplevelse af negative stressreaktioner
7. Fejlreaktioner ved negativ stress
8. Negative stressreaktioner er normale reaktioner når overbelastende situationer/problemer opstår
9. Forholdsregler mod negative stressreaktioner
Stress



Stress er kroppens uspecifikke svar på belastninger (behagelige som ubehagelige). Dvs. at stress er en naturlig og nødvendig del af livet, nødvendig for optimal ydelse.

I daglig tale anvendes begrebet mest som noget negativt oftest i forbindelse med belastende psykosociale leveomstændigheder, men det er en alt for snæver afgrænsning.

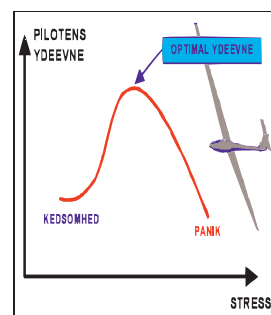
Stress virkninger

1. Alarm-, kamp- eller flugtreaktion, hvor der kan måles forskellige hormonelle ændringer i kroppen. Styrke, årvågenhed og sanser skærpes.
 2. Tilpasning til den belastende situation
 3. Udmattelse af enkelte eller flere funktioner.
- Hvis 2 og 3 fortsætter uden aflastning indtræder overbelastning, sygdom osv.

Stressfaktorer (i relation til flyvning)

1. Fra omgivelser (fysiske): støj, blænding, varme, vejr, ilt, CO o.m.a.
2. Fysiologiske: sult, tørst, vandladningstrang, sygdom, smerter o.m.a.

Figur 20



3. Emotionelle (psykologiske): familie, børn, økonomi, arbejde, overbooking af tiden o.s.v.
4. Reaktive: tidnød ved pludselige uventede ændringer, der kræver indsats: sidevind, trafik, tekniske problemer, procedure- og/eller håndteringsfejl o.m.a.

Stressfaktorer er ofte ophobende. Er der belastninger af f.eks. psykosocial art, og andre stressfaktorer kommer til, vil resultatet være summen af faktorerne. I denne sammenhæng (stress) skal det nævnes, at det ikke er stressfaktorens(ernes) evt. skadelige virkning i sig selv, der er udløsende. Det er personens mentale reaktion på den/dem - d.v.s. personens egenfortolkning af forholdene.

Stressoverload: alle har en grænse. Når den overskrides fører det til nedsat ydeevne, og kan udvikle sig til totalt sammenbrud i apati/panik.

Forholdet mellem ydeevne og stress kan billedligt tegnes som en kurve, der svarer til en effektkurve for en motor. Se [fig. 20](#).

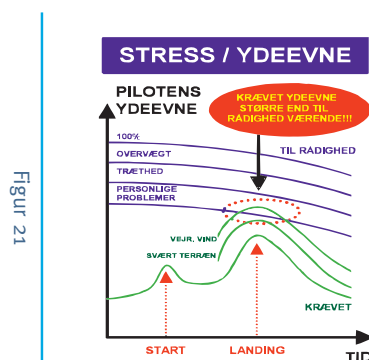
Ved lav belastning kræves ingen større ydeevne (omdrejninger). Øges belastningen (brug for flere HK), kan motoren ved at tilføres brændstof (ressourcer) øge ydeevnen, indtil et maksimum. Maksimal værdien er afhængig af flere forhold bl.a. motorens størrelse og mekaniske vedligeholdelses tilstand. Overskrides maksimum vil motorens ydeevne begynde at aftage, og ved et eller andet højt omdrejnings-tal bryde sammen.

Det er karakteristisk, at motoren kan bryde sammen pludseligt og al funktion ophører. I biologiske sammenhænge (mennesker og dyr) gælder, at overskridelse af grænserne ofte blot medfører en gradvis aftagende ydeevne, der dog til sidst kan ende i totalt sammenbrud. (Stressoverload)

Den opadstigende del af kurven repræsenterer de positive stress reaktioner. Det er det, man oplever, når man udsættes for pres i situationer, hvor man kan mobilisere de fornødne ressourcer fysisk såvel som mentalt, til at klare opgaven. (Det er egentlig en del af enhver indlæringssituation, hvor man net-op presses til grænsen for at forbedre ydeevnen.) Den nedadgående del af kurven repræsenterer de

negative stressreaktioner, hvor ressourcerne ikke slår til og ydeevnen aftager. Der kommer nu forkerte, utilstrækkelige og u hensigtsmæssige reaktioner. Den maksimale ydeevne (toppen af kurven) kan sænkes af sygdom, medicin, alkohol, træthed, manglende flyvetræning o.a.

Fig. 21 viser en tænkt flyvning og kravene til ydeevne i de forskellige faser i flyvningen.





Ydeevnen falder med flyvetiden p.g.a. naturlig træthed. Udgangsniveauet er afhængig af sygdom, medicin, søvnmangel, kronisk træthed o.a. ikke mindst aktuelle flyvetræningstilstand.

Hvor kravene til ydeevne overstiger de tilgængelige ressourcer vil negative stressreaktioner kunne ventes og dermed høj risiko for havari.

Nøgleordet for forståelse af stressbegrebet er: tilpasning.

Livet er en evig kamp mellem egne indre krav og forventninger til tilværelsen og den fornødne tilpasning under omgivelsernes påvirkning.

Lykkes tilpasningen opleves det positivt. Svinger tilpasningen opleves negative stressreaktioner.

Oplevelse af stress i en situation er afhængig af pilotens viden, erfaring, hånddelag, karakter og holdninger og flyvetræning. Det vil altid være hans/hendes egen fortolkning af situationen der er afgørende. Det andre har set som en truende situation, er ikke nødvendigvis opfattet således af piloten.

Overskrides grænserne kommer de negative stressreaktioner. I let grad er det undladelser, filtreringer

og udskydelser af opgaver. "*Coning of attention*", d.v.s man begrænser sin opmærksomhed til en eller ganske få opgaver. (Ikke helt det samme som Fascination, der er en opmærksomhedsbrist og ikke en stressreaktion). Regression er også en typisk negativ stressreaktion. Her vil man gøre som på tidligere indlæringstrin, men som nu ikke passer til aktuelle opgaver.

Fysiologiske virkninger af stresshormonerne er hurtig puls, stigende blodtryk, sved, rysten, sitren og måske total stivnen. Til sidst bryder alt sammen i panik eller apati.

Fejlreaktionerne eller forkerte aktioner under stress kan også udtrykkes forenklet som:

1. Gør noget som ikke skulle være gjort.
 2. Gør noget for sent eller for tidligt.
 3. Gør for meget eller for lidt
 4. Gør ingenting, hvor noget skulle være gjort.
 5. Gør for mange ting på en gang - og upræcist.
 6. Gør hvad andre (måske mindre erfarne) siger.
- O.s.v.



Det man skal gøre sig klart er, at *negative stressreaktioner* er *normale* reaktioner på *unormale, uventede, usædvanlige* situationer. Det rammer *alle*, der går eller bringes ud over sine grænser - eleven så vel som verdensmesteren. Grænsen er blot forskellig.

Forholdsregler mod negative stressreaktioner

1. Evt. psykosocial belastning kræver selvransagelse/-erkendelse hos piloten.
2. Om fysiske og fysiologiske faktorer: kræver opmærksomhed og forberedelse.
3. Følg regler, standardprocedurer o.s.v.
4. *Forbered* de forskellige faser af flyvningen *mentalt*. Hav *mentale modeller* til løsning af især højrisikosituationer. (Start, flyvning med flere fly i samme boble, ikke landbart terræn, landing o.a.)
5. Forudseenhed - eller som det er udtrykt af en vis hr. A.P. Møller: *Ethvert havari eller hændelse skyldes mangel på rettidig omhu.*

Stressignaler i hverdagen

Altid travlt? spiser hurtigt? utålmodighed med andre?, føler du dig altid i tidnød?, overfyldt Time Manager? fritid?

Påtager du dig for meget? kan du sige "nej"?

Nogle kører i højt gear og kan tåle det, mens andre må geare lidt ned. Det gælder med andre ord om at kende sine grænser - også der.

Man har forsøgt at stille nogle regler op:

1. Lær at slappe af, bare lidt ad gangen.
2. Dyrk motion
3. Spis regelmæssigt
4. Indskrænk nydelse af alkohol og tobak.
5. Undgå tæt stressende trafik (ophidselse, tidnød)
6. Ikke overbooke din tid.

Det er jo umuligt vil mange sige; men prøve kan man da.

Psykiske/sociale forhold:

1. Mindre selvhøjtidelighed. Stolthed før fornuft er ikke begavet.
2. Sans for humor

3. Prøv at være selskabelig. Samvær med andre kan give muligheder for samtaler om diverse problemer og erfaringer. (Sikkerhedsventil).
 4. Læg ikke opgaver eller problemer til side i håb om at de forsvinder.
 5. Undgå ønsketænkning såvel som dommedagstænkning.
 6. Det er godt at være engageret, men det kan blive for meget. (Se pkt. 1 og 2).
- Kan du ikke efterlade dine familie- økonomi- arbejde- og andre belastende problemer uden for cockpittet, så undlad at starte.

F L Y V N I N G I V A R M T V E J R

1. Varmestress

2. Hedeslag

3. Dehydrering

4. Kroppens varmeregulering

5. Påklædning

6. Indtagelse af væske

7. Forholdsregler

Med jævne mellemrum kan der i længere perioder om sommeren indtræffe højtryksvejr over Danmark, med meget høje dagtemperaturer, og samtidigt alligevel ganske godt flyvevejr til både stræk og varighedsflyvninger. Der er forholdsregler, man bør tage i sådanne vejr-situationer. Det væsentligste er, som sædvanligt, at have tænkt på situationen og forberedt sig. Først nogle begreber:

Varmestress

En tilstand hvor kroppen ikke kan slippe af med varmen, da de fysiologiske og fysiske faktorer, der skal hjælpe til denne afkøling, er utilstrækkelige eller hindret i at fungere. Det vil medføre nedsat fysisk såvel som mental ydeevne, og evt. bevidsthedstab.



Hedeslag

Videreudvikling af varmemstress, hvor alle reguleringsmekanismer incl. sveddannelse er ophørt. Legemstemperaturen er 42 gr. C eller højere. Tilstanden er fatal. Denne tilstand er næppe relevant i denne sammenhæng.

Dehydrering

Væskemangel. Selvforklarende. Der skal dog et forholdsvis stort underskud af væske til at påvirke ydeevnen, og uoplagthed og hovedpine samt tørst indtræffer før.

Kropsvarmen stammer fra energiomsætningen i legemets celler. (Stofskiftet). Varmen kan øges ved muskelarbejde, tilledning fra omgivelser og indstråling.

Termosensorer centralt i hjernen og perifert (hovedsagelig i huden) regulerer legemstemperaturen. Væskemangel menes at nedsætte termosensorernes funktion.

Den eneste måde hvorved kroppen kan imødegå overophedning er afkøling.

For at bedre varmeafgivelsen er der to væsentlige mekanismer.

1. Hudens radiatorfunktion, idet varmen vil bevirke at blodkarrene i huden udvider sig, således at kropsvarmen via blodet kan afgives til omgivelserne ved simpel udstråling. (Forudsætter køligere omgivelser)
2. Sveddannelse, idet fordampningen fra hudoverfladen vil forbedre kølingen. (Forudsætter lavere fugtighed i omgivelserne.)

Udvidelsen af blodkarrene i huden vil normalt blot medføre at den føles varm, men vil også, især ved væskemangel, medføre at blodtrykket kan falde og i værste fald føre til bevidsthedstab. Væsketabet ved sveddannelsen kan være ganske betydeligt. Alle idrætsudøvere kender til væggtabet - væsketabet efter anstrengelserne, og det skal erstattes, helst løbende (ligesom Tour de France rytterne, selv om de så må stå af cyklen med passende mellemrum). En svæveflyver er ikke luftkølet som en cykelrytter, men sidder i et lukket cockpit med solen bagende ind. Drivhuseffekten fra plexiglasset kender alle, så ventilationen af cockpittet skal være effektiv.



Muskelarbejde skaber varme, som kroppen skal af med. Det er ikke nogen god ide at løbe eller anstrenge sig på anden måde lige inden man sætter sig op i et varmt cockpit. Vent til du er afkølet.

Påklædningen skal være således, at varmen kan undslippe, men dog således at den direkte stråling fra solen ikke rammer direkte på huden, der derved kan opvarmes (og brændes). Beklædningen skal være løstsiddende, således at der er et rum mellem huden og beklædningen. Det giver et "klimatisk" rum, hvor varme kan udveksles mellem huden og luften i dette rum, hovedsagelig som fordampning, og fra dette rum udveksles med den varmere men dog mindre fugtige luft i omgivelserne. Derfor går beduiner med store gevandter. De beskytter mod varmen. Farven er egentlig underordnet, dBet gælder også den allestedsnærværende "termikhat", som alle svæveflyvere bør anvende i solskin. Den har netop denne funktion. Effekten kan bedres, hvis man lægger en våd klud under hatten.

Vandtab er obligatorisk, uundgåelig. Op til 2 liters underskud mærkes ikke, men er et dårligt udgangs-

punkt. Sørg for rigelig regelmæssig væskeindtagelse i varmen. Du kan faktisk se på urinens farve og mængde, om der er mangel. Mørkere og sparsom urin ved mangel. Men pas på, at du ikke blot har fået kaffe eller the, der i vekslende grad virker vanddrivende og derved giver lys urin.

Hermed er også nævnt, at disse almindelige drikke (ligesom alkoholiske ditto) faktisk ofte virker mod hensigten: at genoprette væskebalancen. Mineralvand er det allerbedste, det erstatter også det salttab, der er ved svedproduktion. Egentlig saltindtagelse med tabletter er ikke nødvendig, med mindre et stort svedtab erstattes af rent vand.

Ved forventet længere tids flyvning i høj temperatur er det ganske enkelt tankeløst ikke at medbringe væske, selvom det medfører, at man ligesom cykelrytterne, skal af med noget igen. Vi kan ikke stå af ved nærmeste træ eller busk, men der fås faktisk hjælpemidler i form af uridomer med tilsluttede plastposer. (Fås hos KDA eller Svæveflyvecenter Arnborg). Til vore kvindelige flyvere findes mig bekendt ikke noget velegnet udstyr i DK, men i Aerokurier



var der i 1994 en omtale af et nyt produkt. Ellers må man nøjes med en simpel ble, ligesom i rumdragter! Det burde være overflødigt at nævne, at træthed, søvnmangel og tømmermænd er indisponerende i relation til flyvning, men disse tilstande vil også forstærke følsomheden for varmemstress og vandmangel. Det må ikke glemmes, at der på svæveflyvepladserne er hjælpere til diverse funktioner på jorden, som også er udsat for voldsom varmepåvirkning. Deres muligheder for at komme i skygge og indtage passende væske bør en evt. konkurrenceledelse også have in mente. Sluttelig kan jeg ikke dy mig for at foreslå, at det på sådanne varme dage, hvor der kan flyves langt og længe, er bedre at gennemføre to kortere opgaver i stedet for en stor. 4-6 timer i et varmt cockpit er lang tid, og jeg tror ikke, at alle piloter er på toppen ved landingen (dårlig vits, men meningen er god nok) efter sådan en tur.

Resume: Ved flyvning på meget varme dage:

1. Sørg for passende væske inden og under flyvningen.
2. Sørg for muligheder for at kunne lade vandet, hvis (når) trangen måtte melde sig.
3. Sørg for løs, dækkende beklædning på de dele af kroppen, der kan udsættes og derved opvarmes af solen under flyvningen. Våde klædningsstykker på hoved og skuldre kan supplere varmeafgivelsen.
4. Undlad større fysiske anstrengelser lige inden flyvning.
5. God fysisk (trænings) tilstand er en fordel.
6. Føler du dig utilpas, så land, mens du kan...

G - P Å V I R K N I N G

1. (Lidt fysik)

2. Forhold ved G som er af betydning

- Retning (+-Gz, +-Gx, +-Gy)
- Størrelse
- Indsættelsesrate
- Varighed

3. POSITIV Gz

- Indflydelse på bevægelser (hoved, arme, ben)
- Syn (gray-out, black-out)
- Bevidsthed (G-loc)



4. Positive tolerancefaktorer (modforholdsregler)

- Siddestilling
- AGSM (Anti G Straining Measures)
- Anti G-dragt
- Fysisk træning (muskelmasse)

5. Negative tolerancefaktorer

- Træthed, sygdom (feber), alkohol o.a.
- Hyperventilation
- Nyligt overstået neg. Gz (push-pull effekt)

6. NEGATIV Gz

7. Effekt

8. Virkning på hjerte og kredsløb

9. Push-pull effekt

Så længe man holder sig indenfor jordens tyngdefelt, er man påvirket af tyngdeaccelerationen. Det er den, der giver os fornemmelsen af vægt. Ved enhver bevægelse i forhold til jorden vil andre acceleratio-

ner også være på involveret. Nu handler det om fysik. Den der ikke kan med formler og den slags, kan roligt springe frem i teksten.

Hastighed: (m/sek.). En vektor, der beskriver et legemes ændring i beliggenhed pr. tidsenhed. Længden af vektoren defineres som fart og pilen retningen.

Acceleration: (m/sek. sek.). En vektor, der beskriver ændring af hastighed pr tidsenhed for et legeme. Ved ændring af en hastighedsvektors retning (= radiært), og/eller fart (=lineær) finder en acceleration sted. I en cirkelbevægelse med konstant fart er der ingen lineær acceleration, mens der konstant sker en radiær acceleration, d.v.s en retningsændring. Tyngdeaccelerationen er lidt speciel. Den fremkommer på grund af massetiltrækning. Hvor alle andre accelerationer ifølge Newtons love er karakteriseret ved at have en modsat rettet inertikraft (=følelsen af vægt), gælder det kun tyngdekraften, hvis den modstås. Vægtfølelsen (G-vektoren, om man vil) har så samme retning som accelerationsvektoren. Et legeme i frit fald mod jorden har nok masse, men ingen vægt, før faldet bremses!



Vægt: Hvis en masse accelereres fremkommer en kraft, der er produktet af massen og accelerationen ($F = m \times a$). Hvis massen 1 kg accelereres med tyngdeaccelerationen (9,81 m/sek. sek.) fås kraften 9,81 kgm/sek. sek. Kaldes 1 Newton (N). Omvendt er 1 kg=den masse, der med tyngdeaccelerationen (lille g) udfører en kraft på 1 newton (N). Det er denne kraft, der i daglig tale kaldes vægt. D.v.s at vægt i daglig tale bruges i flæng om både masse og den kraft som masse $\times$ acceleration udgør.

Det er forvirrende, så derfor udtrykker man ofte acceleration (store G) i multipla af g. $G = a/g$, hvor a er den påførte acceleration. Når $a = g$, er $G = 1$.

Er $a = 3$ bliver $G = 3$ og vægten af en masse er 3 gange større end ved g.

Det hele forklares ved Newtons love:

Newton 1: et legeme, der ikke påvirkes af nogen kraft er enten i ro eller har konstant hastighed.

Newton 2: påvirkes et legeme med en kraft, fremkommer en acceleration ($F = m \times a$)

Newton 3: Aktion = Reaktion. Påvirker et legeme A, et andet legeme (B) med en kraft, vil B påvirke A med en ligeså stor, men modsat rettet kraft.

Lad os nu se på, hvad der sker i et loop:

Vi sætter farten til 160 km/t - 44,4 m/sek., og forudsætter den konstant under hele loopet (ikke realistisk). Vi accelererer til 4 G radialt. D.v.s at den accelererende kraft er rettet mod loopets centrum, og G-vektoren (vægten) vinkelret på tangenten til kurven. (ned i sædet, ved indvendigt loop).

Ved radiær acc. gælder at $a = v \times v/r$.

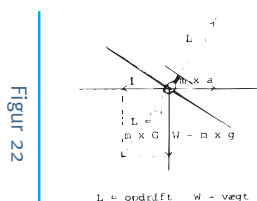
$4G = 4 \times 9,81 = 44,4 \times 44,4/r$. $r = 50,3$ m. Diameter: 100,6 m. Omkreds: 316 m og omløbstid = $316/44,4 = 7,1$ sek.

Nok er accelerationen 4G, d.v.s at retningsvektoren konstant er 4G i flyet. Men hvordan er det i forhold til jorden? Tyngdeacc. ene G er der jo også. På toppen af loopet trækker den fra, således at den samlede G i sædet er 3G, mens den i bunden bliver 5G. De øvrige steder i loopet er G-påvirkningen resultanten af G-vektoren i loopet og tyngdevektoren.

Hvad sker der så i vandrette kurver (sving):

Her er der altid en vektor fra tyngdeaccl. (vægten af flyet), som altid er rettet mod jordens centrum, og en radiær accl. vektor rettet mod kurvens centrum.

Resultanten repræsenterer den kraft = opdrift (L), der må være $m \times G$, og som skal skabes for at flyve kurven. Den kan udtrykkes i forhold til krængningsvinklen (kv). (fig. 22)



$L = m \times G$; $W = m$; $\cos \text{kv} = m/m \times G = 1/G$. Ved 60 graders krængning er $G = 2$ - ved 45 grader = 1,42 og ved 30 grader = 1,15.

Den centripetale accl.vektor, der sørger for at holde kurven = den modsatrettede inertikraft (I). Hastigheden fremad (V) holdes konstant.

$I = m \times a$, $a = V \times V / r$. d.v.s $I = mV^2/r$. (r = kurveradius)

Men også $I = W \text{ tg kv}$. og $W = m \times g$. d.v.s at $I =$

$m \times g \times \text{tg kv} = m \times V \times V / r$. m udgår på begge sider og vi får $r = V \times V / g \times \text{tgkv}$. Der er altså en relation, der dikterer at radius, hastighed og krængningsvinkel er indbyrdes afhængige men uafhængige af den kurvende masse.

En Boing 747, en F-16 og en K-8 vil med samme hastighed i en kurve krænge ens og have samme kurveradius! (Hvis det var muligt). Men den energi, der medgår dertil er naturligvis forskellig.

Eks:

1. 60 gr 90 km/t (25 m/sek). $G = 2$; $r = 36,82$ m
diam: 73,64 m omkreds: 231 m; omdr.tid 9,24 sek.
2. 45 gr 120 km/t (33.33 m/sek). $G = 1,4$; $r = 113,2$ m;
D: 226,4 m; omk: 711 m; omdr.tid: 21,3 sek.

Bemærk at eks. 1 kun lader sig gøre i et fly, der har mindste flyvefart vandret på $25 / \text{kvrod} G = 17,5$ m/sek. = 63 km/t. (mindste flyvefart øges med Kvroden af vægttilvæksten (G))

Slut med fysik og formler, nu skal vi se på, hvad der sker, når levende mennesker udsættes for mere end (og mindre end) den ene dagligdags G. Her skal et par forhold ved G-påvirkningen tages i betragtning.



1. Retning: det kaldes $+G_z$ når inertikraften (vægten) virker ned i sædet, og $-G_z$ når den virker mod hovedet. (At selve accl.vektoren vender modsat, springer vi let hen over for ikke at forvirre ikke-fysikere).
I længdeaksen bruges betegnelsen G_x og til siderne G_y .
De har næsten kun betydning ved high-performance flyvning og crash (og formel 1 race).
2. Størrelsen af accelerationen. Angives i G .
3. Indsættes raten af accl. Angives i G/sek .
4. Varighed af accl. Angives i sek.

Under kunstflyvning vil man udsættes for både pos. og neg G .

Korte stød med endog meget høje G -værdier er ubehagelige og kan gøre ondt (kørsel på ujævn bane), men giver ikke nedsat ydeevne på sanser og hjernefunktion. Derimod kan det nok gå ud over bevægelsesfriheden.

Længerevarende høj G -belastning vil derimod kunne påvirke pilotens mentale ydeevne. Alle har en grænse for, for hvad de kan tåle.

Bevægelser: Øgningen af vægten gælder også enkeltdele af kroppen. Ved $2+G_z$ kan man mærke kinderne hænge og armene er tunge. $2.5-3 G$ kan man ikke længere rejse sig fra sædet, og man er låst (i tilfælde af nødudspring), men ikke nødvendigvis lost. Ved $5-6G$ vil man ikke længere kunne rejse hovedet, hvis det er faldet til siden, forover eller bagover. Ved $8 G$ kan hverken arme eller ben løftes. Fingre kan bevæges ved højere G .

Synet: $4-5 +G_z$ i 5 sek. uden beskyttende foranstaltninger vil hos de fleste medføre, at synsfeltet efterhånden indsnævres. Så kan alt blive gråt (grayout), og det ender med at blive helt sort for øjnene (blackout). På dette stadium er hørelse og mentale funktioner stadig fungerende. Uanset accl. størrelse vil der altid gå ca. 5 sek. før der sker noget. Det skyldes, at der altid er et lille lager af ilt i nethinde (og hjerne), der gør, at de kan holde funktionen i ca. 5 sek. efter at blodforsyningen er ophørt. Efter nogle sek. kan der ske en bedring (ved uforandret lav G) idet fysiologiske reguleringsmekanismer sætter ind. Efter G ophør er der ca. 5 sek. restitutionstid efter blackout.



Bevidsthed: tiltager G belastningen eller er den meget høj fra starten indtræder GLOC (G induced loss of consciousness), som man så kunne kalde "knockout". De mentale funktioner er ophørt, piloten er bevidstløs og der kan opstå kramper. Ved hurtigt indsættende meget høje G værdier kan GLOC ske uden forudgående advarsel i form af grå- eller sortsyn (high performance fly) Ophører G-påvirkningen vil bevidstheden vende tilbage efter ca. 15 sek., men efterfølges af en periode på 15-45 sek. med forvirring og omtågethed. Der er hukommelsestab for episoden hos 50% med G-LOC i centrifugeforsøg.

Fig. 23 forsøger at fremstille det grafisk:.

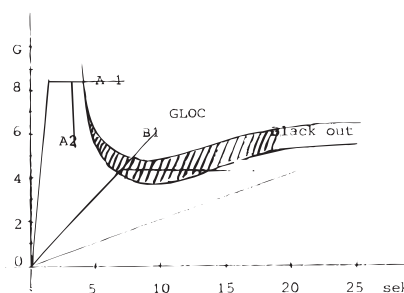
A1: Hurtigt indsættende, høj G i mere end 5 sek. fører lige over i G-LOC, uden blackout.

A2: Høj G i få sek. Intet sker.

B1: Langsommere indsættende men stigende G vil føre til Blackout og videre til GLOC.

B2: Ophører tilvæksten i G i et passende niveau vil der kunne indtræde en vis bedring p.g.a kredsløbsregulerende mekanismer.

Figur 23



Det vil føre for vidt at gå i detaljer med en beskrivelse af de fysiologiske mekanismer, der udløses ved G-påvirkning, og som bevirker, at vi kan modstå en vis G-belastning.

Kort fortalt sker der det, at blodet presses ned i underliv og benene, og hjertet synker også lidt. Det resulterer i et fald i blodtrykket og dermed blodforsyningen i både hjerte, øjen og hjerneniveau. Nogle autonome blodtryksregulerende reflekser i kredsløbet



forsøger at rette op på den opståede afvigelse fra normal belastningen, og indtil en vis grænse går det fint. Faktisk adskiller mekanismen sig ikke væsentligt fra det forhold, at vi kan rejse os fra liggende stilling uden at besvime. Eller tænk på en giraf, der uden at falde omkuld rejser sit hoved til 5-6 m's højde efter at have drukket vand.

Menneskets G-tolerance er afhængig af: G-belastningens størrelse, varighed og indsættelsesrate.

Hertil kommer: Modforholdregler (positive tolerancefaktorer). Fysiske forhold i omgivelserne og såkaldte negative tolerance faktorer hos personen.

Modforanstaltninger: G-tolerancen øges ved: Sidde stilling. AGSM= Anti G Straining Measures. Anti G dragt.

1. Den tilbagelænedede stilling i moderne svævefly (og jagerfly) øger tolerancen, idet afstanden i G- vektorens retning mellem hjerte og hjerne aftager med $\cos$ til hældningsvinkelen.
2. AGSM. Består af nogle muskelspænds- og vejrtrækningsteknikker, der kan læres. Simplest er

blot at spænde alle muskler i ben og bugvæg og bækkenbund. Det kan give en gevinst på 1-2 G ved at hindre blodet i at løbe væk fra hjerte og hoved. Kombineres med en speciel vejrtræknings-teknik, hvor udåndingen blokeres delvis, således at den er en hørlig hvæsen. Hvert 3-4 sek. løsnes for en hurtig indånding. Rigtigt udført er gevinsten 1-2 G.

3. Anti G dragt. Ikke aktuel for civile flyvere. Principet er en stramt siddende dragt om ben og underliv. Den pustes op af flyets kompressor ved G-belastning, og hindre også blodet i at synke ned.

Modforanstaltningerne kan gøre en trænet jagerpilot i stand til at modstå op til 8-9 G i 15- 30 sek. Høje G-værdier i længere tid kan gøre ondt og ofte efterlade blodudtrædninger i huden på arme og ben. (G mæslinger).

G-belastning under flyvning er trættende, uhyre trættende. Især hvor AGSM anvendes. God fysisk træningstilstand er derfor en fordel. Men der skal trænes rigtigt. Det har vist sig at ekstrem aerob træning (marathon løb o.l.) er uegnet. Den lave puls,



der følger heraf, medfører reelt neg. tolerance. Det handler derimod om at have muskelmasse, d.v.s. vægttræning.

Fysiske forhold i omgivelserne som varme og iltmangel nedsætter tolerancen.

Negative tolerance faktorer hos piloten og eleven/passageren: Træthed, søvnmangel, medicin, alkohol, Feber. (Blot 38 gr. angives at mindske tolerancen ca. 30%). Hyperventilation, Push-pull effekt.

Man skal være opmærksom på *hyperventilation*. Det optræder let ved spænding og angst. Det har en særdeles kraftig neg. effekt. Faktisk kan 1 G udløse besvimelse, hvis en hyperventilerende rejser fra liggende stilling!

Årsagen er det mindskede CO₂ indhold i blodet, der bevirker at hjernekarrene trækker sig sammen. De er derfor ikke "parate" til at deltage i den regulering, som kræves ved G-belastningen.

En tilsvarende neg. effekt har *nyligt overstået neg G*. (Push-pull effekt; se senere).

Som det fremgår er det svært at angive et enkelt tal for G-tolerancen. Indsættelsesraten er af stor betydning. F.eks. vil en accl. der stiger med 0.1 G/sek. give

blackout ved en noget højere G-værdi, end hvis indsættelsesraten er 1 G/sek. (Se linie B-3, fig. 23) Der er store individuelle forskelle, men de fleste vil uden større besvær kunne klare 4 G i den korte tid, som en svævefly kan holde både farten og G oppe. Den halvt liggende stilling er også en fordel.

Men vigtigst af alt. Sørg for passende instruktion, inden du giver dig af med kunsthjvning. Og tænk på, at det sikkerhedsmæssige ikke blot afhænger af din erfaring, men i mindst lige så høj grad din aktuelle flyvetræningstilstand.

Negativ G-belastning

Tolerancen overfor neg. Gz, d.v.s. hvor G-kræfterne virker mod hovedet, er langt mindre end overfor pos. Gz.

Gz 0 = vægtløs giver ubehag i maven. -1Gz giver trykken i hovedet, ved -2 Gz er det direkte ubehageligt. Øjnene kan blive blodskudte, og der kan komme blodudtrædninger i øjelåg og øjenslimhinden.

Næseblod kan også provokeres. -4-5 Gz i mere end 5 sek. vil udløse neg GLOC hos de fleste utrænede. Ved neg Gz øges trykket i halskarrene, og tryksensorer



dér vil udløse langsommere puls, udvidelse af blodkar i legemet perifert, nedsat pumpetryk fra hjertet og føre til regulært kredsløbsstop. Påvirkningen er allerede til stede ved lave neg G og ved 2-3 neg G kan optræde pauser i hjerteslagene. Når neg GLOC indtræder skyldes det faktisk hjertestop.

Der er ingen større risiko for blødninger inde i øjne eller hjerne, idet væsken i øjnene og omkring hjernen også udsættes for det af G-kræfterne udløste højere tryk. Men det tiltagende øgede pres i halsvejerne og den langsommere puls og lavere blodtryk, medfører at hjernens gennemblødning nedsættes, og standser helt når pulsen bliver 0.

Det nedsatte blodomløb i hjernen tager lidt tid at regenerere. Derfor tåles kun mindre posGz i tiden umiddelbart efter negGz. (push-pull effekt). Forf. kender to tilfælde beskrevet af svæveflyveinstruktører, der har oplevet pos. GLOC hos eleven efter negGz! (blot rygflyvning = -1 Gz) De fleste undgår neg G, når de kan. For dem, der vil, kan en vis tolerance opbygges. Egentlige mod-foranstaltninger findes ikke. Man ser dog alligevel ihærdige kunsthjævningspiloter udsætte sig for både 4 og 5 negGz - i kortere tid.

Nødudspring med faldskærm

Om det er muligt at komme ud af et beskadiget fly er afhængig af mange faktorer. Ved belastning på 2-3+Gz er det ikke muligt at løfte sig fra sædet. Er farten mere end 3-400 km/t vil det heller ikke være muligt at stige ud. Hertil kommer forskellige forhold ved flyet indretning, og såmænd også pilotens fysiske tilstand.

Højden har naturligvis betydning. Fra 200 ft (falddid ca. 3 sek.) er det ikke muligt at få skærmen til at bære. De fleste skærme skal bruge mindst 3 sek. til udfoldelse.

Om det frie fald: En tommelfingerregel siger at de første 1000 ft tager 10 sek., hver følgende 1000 ft tager 5 sek. (lavere højder) Sluthastighed omkring 100 knts. (52 m/sek.). (indicated airspeed) I store højder vil den sande faldhastighed (true airspeed) afvige fra den indikerede faldhastighed.

Har man i frit fald opnået sluthastighed vil skærmens udfoldelse give en ganske stor G-belastning. I store højder vil den større sande faldhastighed give et større åbningschok, hvis ikke der på forhånd er taget forholdsregler. (Langsommere åbning. større skærme o.a.).



Roeger og Conradi fra Aachen analyserede tyske svæveflyveulykker fra 1975 til 1988, hvor besætningen var tvunget til at springe ud for at overleve. 34 ulykker hvori 58 svævefly var indblandet. Det betyder at de fleste ulykker af denne art er midair kollisioner. 13 omkom p.g.a. lav højde eller andre vanskeligheder.

Næsten alle uheld indtraf under 1200 m (3600 ft).

Forfatterne har på den baggrund analyseret forskellige faktorer ved nød-udspring fra svævefly.

Nødafkast af cockpit-hood: Der findes både 1, 2 og 3 udløser grebs systemer. Ved 3 grebs systemer tager det 1 sek. længere at frigøre hutten. (3,5 s versus 2.5 s). Pilotens alder har ingen indflydelse.

Automatisk aerodynamisk nødafkast vinder 1 sek.

Forlade flyet: Den tid det tager at forlade flyet efter løsning af selerne er afhængig af: cockpitkarmens højde, pilotens alder og fysik. (Høj karm øger tiden. Høj alder (o/40 år- sic!) og svag fysik medfører større tidsforbrug). Instrumentpanelet kan være i vejen.

Simuleret belastning svarende til 1,5 G viste en alarmerende stigning med alderen for den tid det tog at forlade et fly .

Man kunne derfor godt gøre det til en vane, at udstigning efter enhver landing med svævefly sker med skærm påspændt. Så har man teknikken i beredskab. Og sammen med at udløsnings- og udstigningsproceduren er gennemgået mentalt mange gange, vil det, at forlade et fly i nødstilfælde, ske næsten pr. refleks. Det er jo ikke sikkert, at der tid til at fumle...



M E N N E S K E T S
I N F O R M A T I O N S
B E A R B E J D N I N G S S Y S T E M
(I B S)

1. Sansning

2. Perception

3. Cognition

- Hukommelser:
 - Korttidshukommelse
 - Langtidshukommelse
 - Arbejdshukommelse (central processing unit)
- Centrale beslutnings kanal

4. Automatiske reaktioner (tillærte funktioner)

5. IBS påvirkning.

Orientering

Grundlaget for IBS er sanseorganerne, hukommelse og opmærksomhed. Sansedata strømmer ind ustandseligt. Der sker derefter en første bearbejdning og filtrering, hvor datas natur, kvalitet og betydning opfattes. (Perception) (eks.: afstand, højde, hastigheder og lign. der er ikke kræver beslutninger, når først det er lært.) I afsnittene om sanseorganerne er de forskellige muligheder for fejlfortolkninger på dette plan omtalt.

Skal de data nu anvendes til videre bearbejdning i form af en bedømmelse, beslutning og videnserkendelse (cognition), kræves samkøring med data fra hukommelserne.

Der må så også være et styresystem i IBS. Det er "opmærksomhed", der igen er knyttet til bevidsthed og erkendelse, men også til den primære bearbejdning af sansedata (perception). F.eks. vil en fejlagtig førstefortolkning (en illusion) kunne blokere for opmærksomhed på nødvendigheden af yderligere bearbejdning.

Selv om psykologi er en videnskab i udvikling og forlængst har beskrevet flere slags hukommelser,

holder vi os her til de traditionelle to: korttidshukommelse (KTH) og langtidshukommelsen (LTH). De har hver deres egenskaber og funktioner. KTH er karakteriseret ved ringe kapacitet både med hensyn til indhold og tid, hvor den kan holde dette indhold. Som regel kun nogle få enheder (tal f.eks.), og kun i få sekunder. Anordning af enheder i grupper (lagdeling), der støttes af LTH, giver mulighed for flere enkelt enheder i hukommelsen.

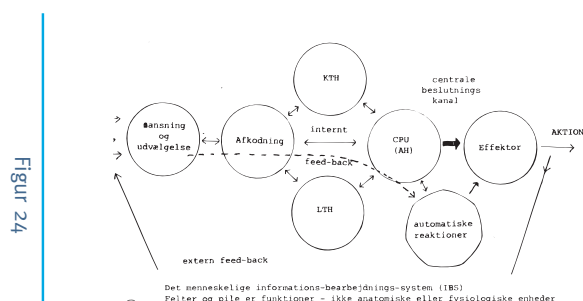
Eks.: SF25ELS4ASW24K6CR

Disse 17 enheder vil de færreste kunne gengive umiddelbart, men har man kendskab til svæveflytyper, skal man kun huske fire.

KTH kan let forstyrres af overbelastning og evt. derved videregive falske informationer, der kan give anledning til mangel på situationserkendelse p.g.a. således indkodet falske data om en situation. LTH er karakteriseret ved nærmest ubegrænset kapacitet, og rummer indlærte færdigheder af enhver art. Evnen til at gengive denne viden er imidlertid begrænset. Gentagen brug af det indlærte fremmer evnen til at gengive. (Den arbejder i et hierarkisk netværk. og ikke serielt, som KTH synes at gøre.

D.v.s at LTH bruger "stikord" til at finde ind i et passende netværk, hvor data findes, mens KTH skal søge fra ende til anden i en rækkeanordning af data).

Man har så også talt om en arbejdshukommelse (AH). Den kan næsten sammenlignes med en CPU (central processing unit), hvor udvekslingen og samkøring af data fra sanser og KTH og LTH finder sted. På et diagram kunne IBS se ud som på [fig. 24](#).





Data ender efter perception i CPU'en, hvor der tages data ind og ud fra KTH og LTH i fornødent omfang, og fra CPU'en er så en "beslutningskanal" (central decision channel), der fører til en effektor station. Det interessante er nu, at der tilsyneladende kun er den ene beslutningskanal til rådighed, når nogle relevante data skal bearbejdes og føres til en beslutning og aktion. Den deraf følgende selektive opmærksomhed på data, der skal behandles og føre til et resultat, er ganske effektiv. Andre data kan holdes ude, så de ikke forstyrrer. Ved stor belastning er kanalen helt lukket for andre data end dem der vedrører det problem, som optager piloten. (Channelizing).

Der er dog normalt så åbent ind i CPU, at kraftige eller interessante data fra andre sanseindtryk kan trænge ind og give anledning til ændret opmærksomhed. CPU'en vil nu styres til at tage de nye indtryk til behandling. De andre vil så blive parkeret i KTH og eller LTH, til evt. senere behandling.

Denne selektive opmærksomhed er velkendt i det forhold, at man ikke fuldt ud kan følge to samtaler samtidigt, men man må vælge. Taler man med en

instruktør eller passager vil f.eks. ens kaldesignal på radioen straks få opmærksomheden til at skifte - og så opfattes den anden samtale ikke længere. Tilsvarende med de forskellige tvetydige figurer. Det er ikke muligt at se begge figurer samtidigt.

Den subjektive fornemmelse, man kan have af at kunne udføre flere beslutninger på een gang, er kun et udtryk for, hvor hurtigt CPU kan styres fra den ene gruppe af data til den anden og fører dem til beslutning og aktion.

Om der kan udføres flere ting på en gang er dog afhængig af "programmeringsniveau". Automatiske reaktioner (se nedenfor) kan gøres samtidigt, men en mere kompliceret problemstilling vil optage CPU og beslutningskanalen, så der kun er plads til det problem.

Hvis man via IBS behandler de samme opgaver gentagne gange lettes gangen i systemet, og til sidst er det, der før krævede arbejde på højere plan såsom KTH og LTH, nu noget, der går lige igennem som en automatisk proces - eks. motoriske reaktioner.

- Håndelaget er lært...

Man må bare gøre sig klart, at de automatiske processer har ikke noget indbygget kontrolsystem (feedback). Så længe man skal tænke over tingene vil et internt feedback system kontrollere udvekslingerne mellem KTH, LTH og AH, og der kommer (forhåbentlig) en fornuftig løsning på problemet. Kun opmærksomhed på resultatet vil via behandling gennem IBS kunne føre til korrektion (ekstern feed-back), hvis en automatisk aktion viser sig uhensigtsmæssig. Eks: forveksling af håndtag eller kontakter. En god grund til ikke blot at have farvekoder på håndtag (det er godt til cockpitek), men der bør også være taktile koder, d.v.s at man kan føle om det er det rigtige håndtag, ved at håndtagene er forskelligt udformede, og helst ensartet mønster i forskellige fly.

- Sådan er det bare ikke!!!!

Hele dette IBS er følsomt for forskellige faktorer, ikke mindst sygdom, medicin, alkohol, træthed og stress.

Under belastning vil den tiltagende ydeevne fremme IBS - afhængig af ressourcerne - indtil en vis grænse (positiv stress), hvor diverse funktioner begynder at

forfalde (negativ stress). KTH bliver mere upålidelig, LTH kan ikke genkalde viden, CPU blokerer beslutningskanalen, aktionerne bliver forkerte, og alt falder til sidst fra hinanden i panik eller apati. (Cognitivt sammenbrud).