

Basics van het vliegen

Harm Meertens

LaMaMa 23 februari 2026



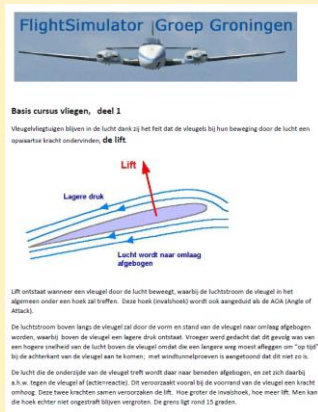
harm.meertens@home.nl



Basis cursus vliegen

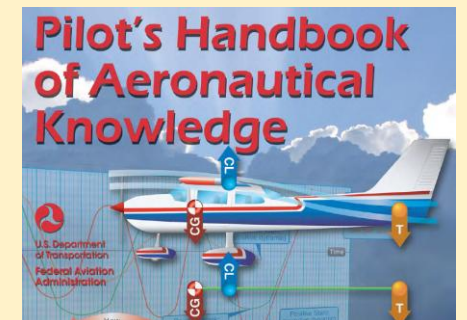
Inhoud presentatie

- Principes van het vliegen
- Benaming van onderdelen van de besturing
- Basis Instrumenten
- Hoe te manoevreren
- Oefenvlucht Cessna 172



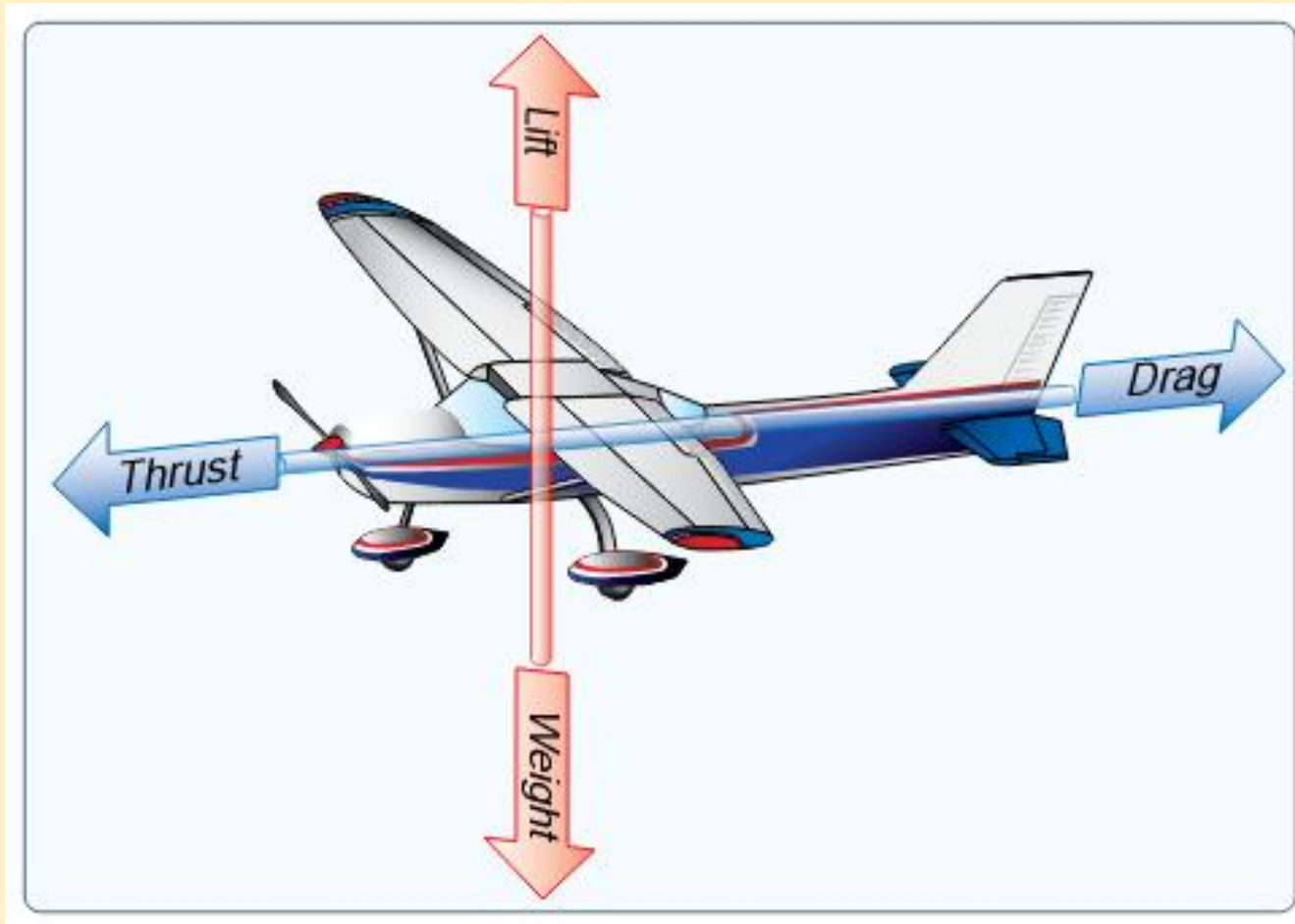
Basis cursus vliegen, deel 1 Enno Laverman 2017 FSGG website

Aeronautics Handbook 2023 voor figuren



Vier krachten

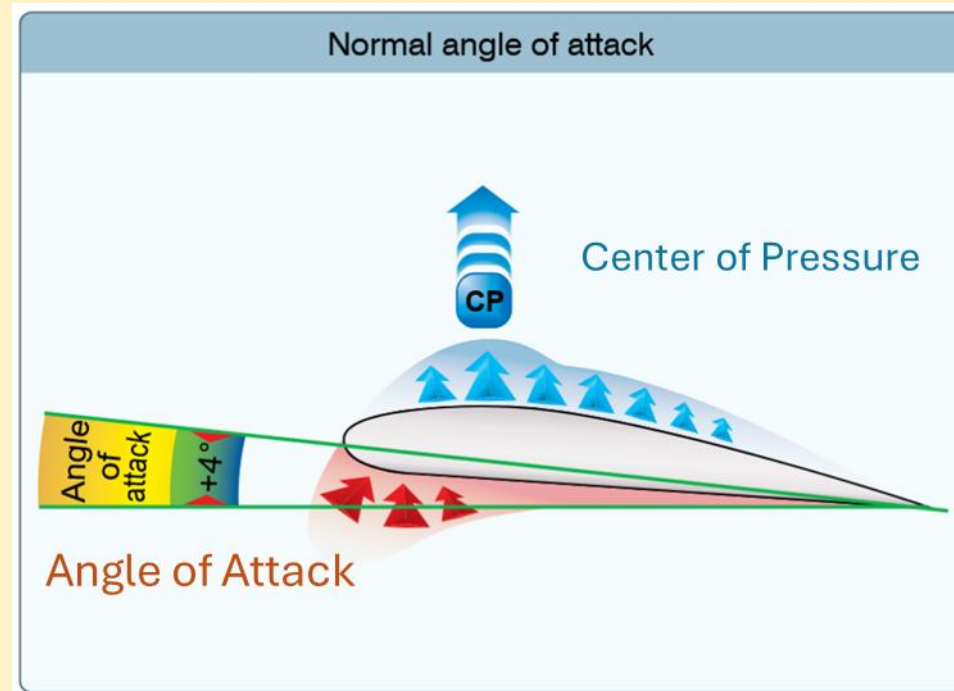
Op elk vliegtuig werken in principe vier krachten



- Voorwaardse kracht (Thrust)
- Luchtwrijving (Drag)
- Opwaardse kracht (Lift)
- Zwaartekracht (Weight)

Lift (1)

Vleugelvliegtuigen blijven in de lucht dank zij het feit dat de vleugels bij hun beweging door de lucht een opwaartse kracht ondervinden, **de lift**.



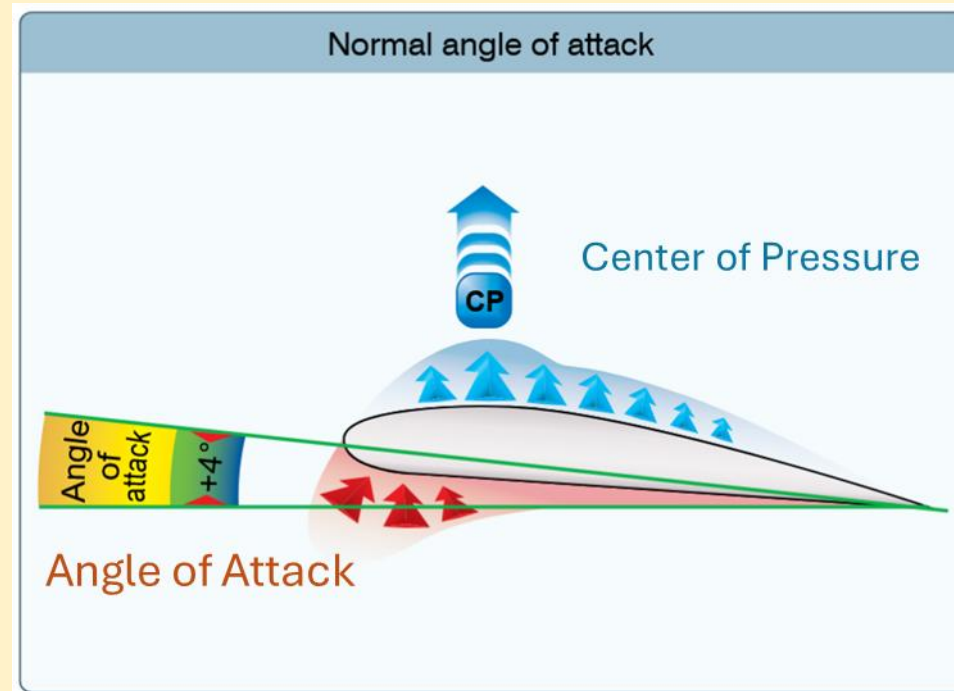
Lift ontstaat wanneer een vleugel door de lucht beweegt, waarbij de luchtstroom de vleugel onder een **invalshoek** treft

Deze invalshoek wordt ook aangeduid als de **AoA (Angle of Attack)**.

Lift (2)

De luchtstroom **boven langs de vleugel** zal door de vorm en stand van de vleugel naar omlaag afgebogen worden.

Daarbij ontstaat **boven de vleugel** een **lagere druk**.

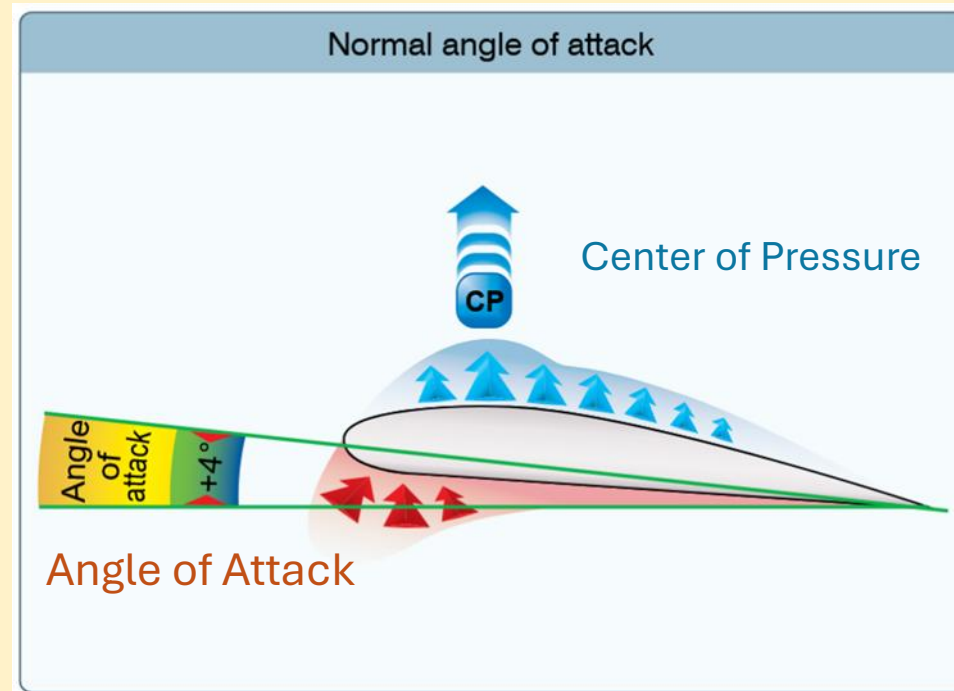


Met windtunnelproeven zijn deze nieuwe inzichten verkregen

Lift (3)

De lucht die de **onderzijde van de vleugel** treft wordt daar naar beneden afgebogen, en zet zich daarbij a.h.w. tegen de vleugel af (actie=reactie).

Dit veroorzaakt vooral bij de **voorrand van de vleugel een kracht omhoog**.



Deze twee krachten samen veroorzaken **de lift**.

Hoe groter de invalshoek, hoe meer lift.

De invalshoek kan echter niet ongestraft vergroot worden.

De grens ligt rond 15 graden.

Stall

Als de **AOA** te groot wordt,
dan laat de luchtstroom over de vleugel a.h.w. “de vleugel los”
De vleugel raakt overtrokken (**Stall**). De lift neemt ineens sterk af.
Om een hogere lift te krijgen, kan je de AOA dus niet ongestraft steeds groter maken.



Behalve door de **dichtheid van de lucht** en de **eigenschappen van de vleugel**,
wordt de lift hoofdzakelijk bepaald door het product van 2 factoren:

- de invalshoek (AOA) en
- het van de snelheid.

Kruissnelheid (2)

Zelfde hoeveelheid lift opwekken als bij kruissnelheid (124 kts) kan door te vliegen met :

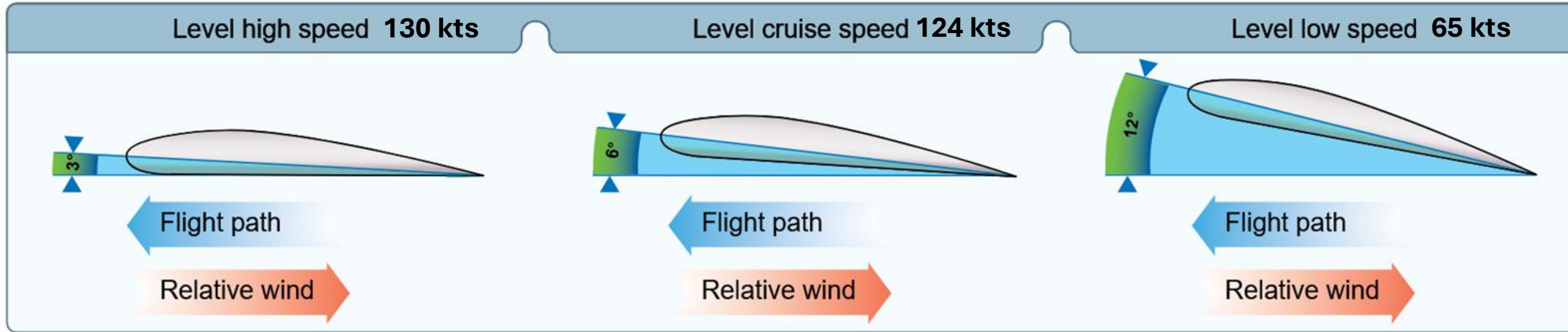
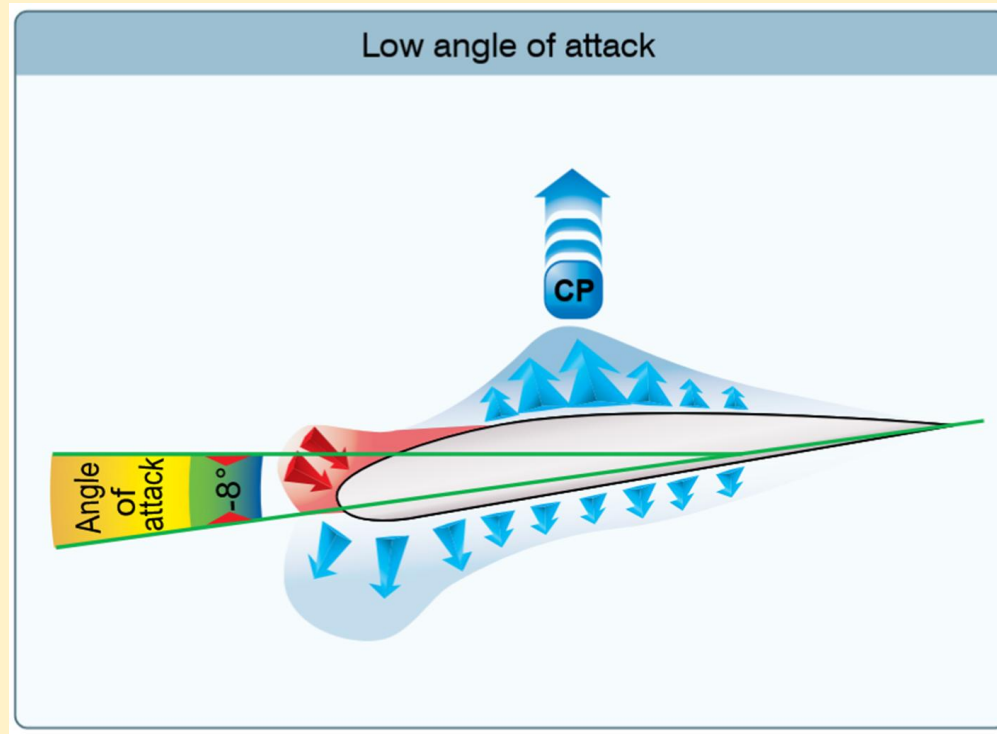


Figure 5-3. *Angle of attack at various speeds.*

- een hogere snelheid (130 kts) maar met een **kleine AOA** of
- een lagere snelheid (65 kts) maar **grote AOA**

Helaas neemt niet alleen de **lift** toe met het kwadraat van de snelheid, ook de **luchtweerstand** (drag) neemt toe met het kwadraat van de snelheid.

Kruissnelheid (3)



Bij verhoging van de snelheid (130 kts)

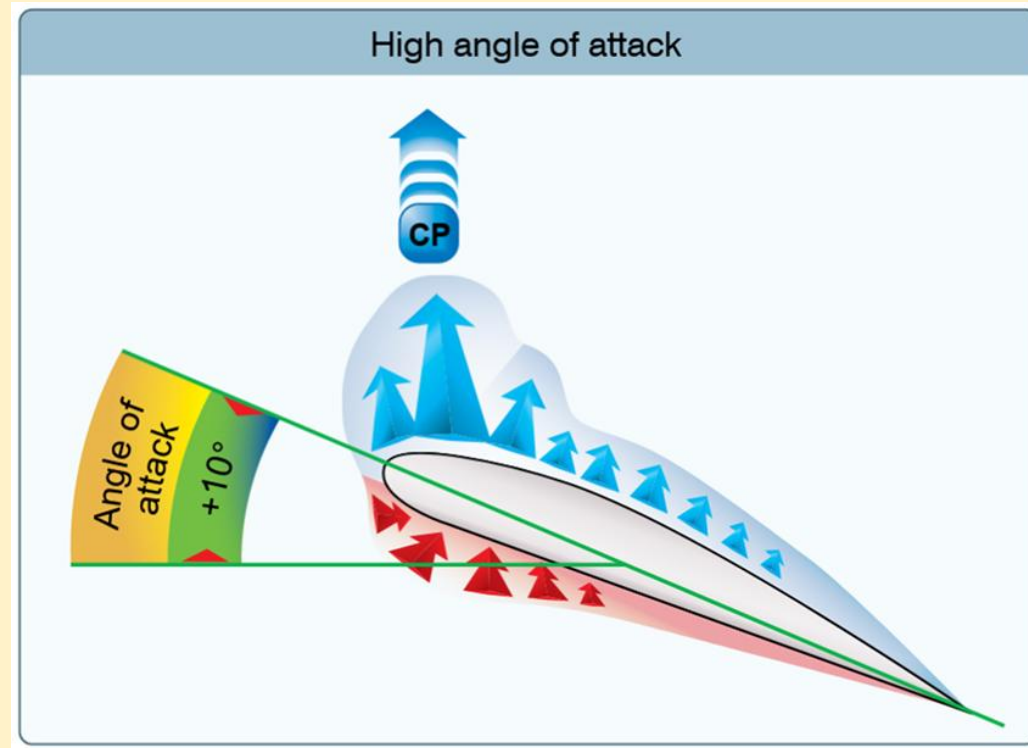
Nemen de lift en de luchtweerstand zeer sterk toe

Voor dezelfde lift moet je met een **kleinere AOA** vliegen

De kleinere AOA is wel gunstig,

maar de weerstand is juist weer veel meer door die hogere snelheid.

Kruissnelheid (4)



Bij verlaging van de snelheid (65 kts)

moet je voor dezelfde lift met een **grotere AOA** vliegen,
en produceert daardoor veel meer luchtweerstand

Een “schuin achteroverhangende” vleugel met grote AOA zal bij het genereren van lift veel meer weerstand opwekken dan een onder kleine AOA door de lucht schuivende vleugel

Kruissnelheid (5)

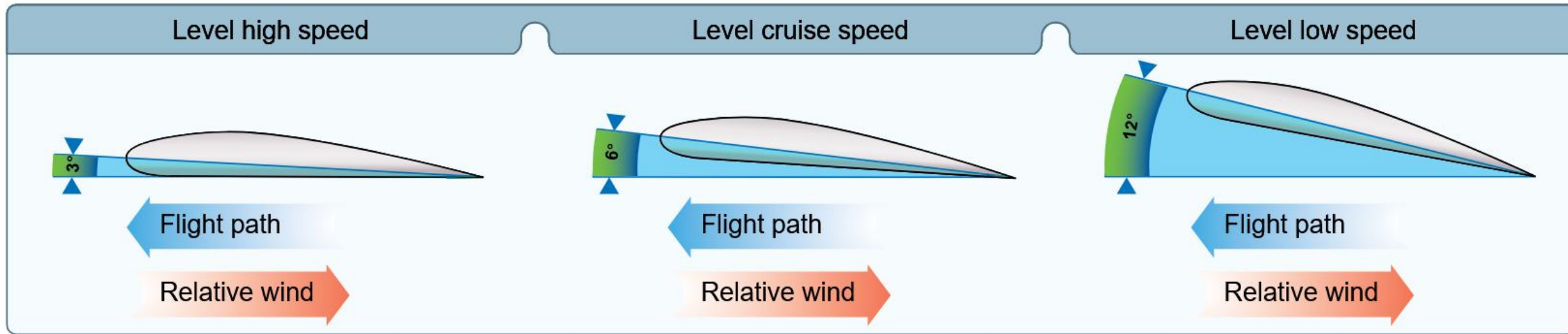


Figure 5-3. *Angle of attack at various speeds.*

Verandering van lift en luchtweerstand bij verandering van snelheid heeft tot gevolg dat er **voor iedere hoogte een optimale kruissnelheid** waarbij het brandstofgebruik per afgelegde mijl minimaal is.

Kruissnelheid (6)

Ga je langzamer,

dan moet je voor dezelfde lift met een **grotere AOA** vliegen,
en produceert daardoor veel meer weerstand

Ga je sneller,

dan is de **kleinere AOA** wel gunstig,
maar dan stijgt de weerstand juist weer veel meer door die hogere snelheid.

Door dit alles is er **voor iedere hoogte een optimale kruissnelheid** waarbij het brandstofgebruik per afgelegde mijl minimaal is.

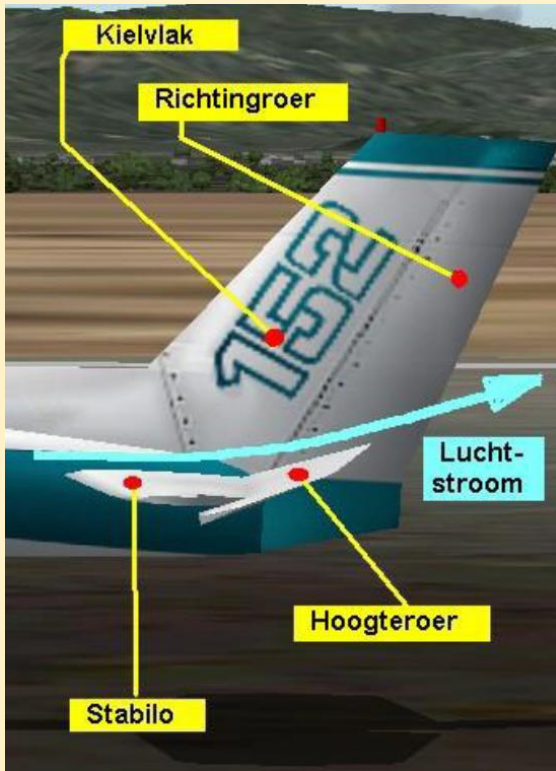
124 kts op 8000 feet hoogte

Zowel een hogere als een lagere snelheid kost je meer brandstof per mijl.

Stabiliteit

De stabiliteit **om de langsas** is een gevolg van de stand van de vleugels, die van voren bezien iets van een platte V weg heeft.

Rotatie om de langsas draait een vleugel omlaag.
Deze vleugel krijgt daardoor net iets meer draagkracht, en zal dan het vliegtuig willen terugdraaien naar horizontaal.



Rotatie om de topas wordt tegengaan door in de staart een verticaal vlak (het kielvlak) aan te brengen
Achter het kielvlak zit het richtingroer.

Draaiing om de dwarsas wordt tegengegaan door de stabilo.
Dat is het horizontale vlak waaraan ook het hoogteroer zit.

Besturing – Hoogte (1)

Als we de **yoke naar ons toe** trekken,
draait het hoogteroer omhoog
de langsstromende lucht duwt de **staart omlaag**
Hierdoor neemt de **AoA** toe,
de **lift neemt toe**,
het **toestel gaan klimmen**.



Maar:

een gedeelte van het motorvermogen wordt nu gebruikt om het vliegtuig op te tillen
De luchtweerstand is hoger
Er blijft minder vermogen over voor voortstuwing, **de snelheid daalt**.
Daarmee neemt de lift af,
het toestel zal weer **minder gaan klimmen**,
tenzij we de stuwkracht van de motor kunnen verhogen (meer vermogen).

Dus: de verandering naar klimstand veroorzaakt stijgen, maar zal zichzelf ten dele tegenwerken.

Besturing – Hoogte(2)

als we **de yoke van ons afduwen**,
komt de **staart omhoog**,
neemt de **AoA** af,
de lift neemt af,
Het **toestel gaat dalen**.

Hierbij **neemt de snelheid toe**,
daardoor neemt de lift dus weer toe,
de neus komt weer omhoog.
het toestel zal **minder gaan dalen**

Gevolg:

Na verandering van de “attitude”, en daarmee dus de **AoA**,
als we gaan stijgen of gaan dalen of daar juist mee ophouden,
zijn we altijd even een **tijdje bezig met bijregelen van trim en power** tot alles weer
stabiel is.



Besturing – Hoogte(3)

Best Rate of Climb – Best Angle of Climb

(klimsnelheid versus klimhoek)

“Rate of Climb”, klimsnelheid in voeten per minuut

Tijdens de **klim** gebruiken we motorvermogen om

- de luchtweerstand van vliegtuig en vleugels te overwinnen, zodat we vooruit gaan
- zoveel lift op te wekken, dat we niet alleen in de lucht blijven, maar ook stijgen.

Bij **gelijkblijvend motorvermogen** regelen we de klim met onze **AoA**.

Voor de Cessna 172 is de beste “**Rate of Climb**”, ongeveer 76 knopen.

RoC 76 knots fastest climb

AoC 60 knots gain the most altitude in the shortest distance by flying

Besturing – Hoogte(4)

Best rate of climb – Best angle of climb

Een kleinere AoA : meer snelheid, minder lift en minder snel stijgen, **beste klimsnelheid**.

Een grotere AoA : minder snelheid, meer lift en sneller stijgen, **beste klimhoek**

Hoewel we bij een grotere AoA wat steiler omhoog gaan, klimmen we toch iets minder snel (minder ft./min.)

Wat doen we dus met de Cessna 172 na take-off:

- . Vrije baan, geen obstakels? 76 kts voor de **beste klimsnelheid** (RoC)
- . Wel obstakels aan het eind van de baan? 60 kts voor de **beste klimhoek** (AoA)

Besturing – Hoogte(5)

Best rate of climb – Best angle of climb



Besturing – Richting (1)



Cessna 172 Skyhawk

Besturing – Richting (1)

Besturing in het **horizontale vlak** vindt plaats om twee assen;

- we kunnen het vliegtuig om de **topas laten gieren** (Yaw) en
- we kunnen het om de **lengteas laten rollen** (Rolling/Banking)

Beide bewegingen hebben verandering van richting ten gevolg

Een vliegtuig doet tijdens zijn beweging in de lucht niets liever dan gewoon de op dat moment bestaande beweging door de lucht onveranderd in dezelfde richting voort te zetten.

Dat hoeft dus niet perse in de richting van de neus te zijn!

Het draaien van bochten is daarom net iets ingewikkelder dan een trap tegen het voetenstuur geven... citaat Enno

Besturing – Richting(2)

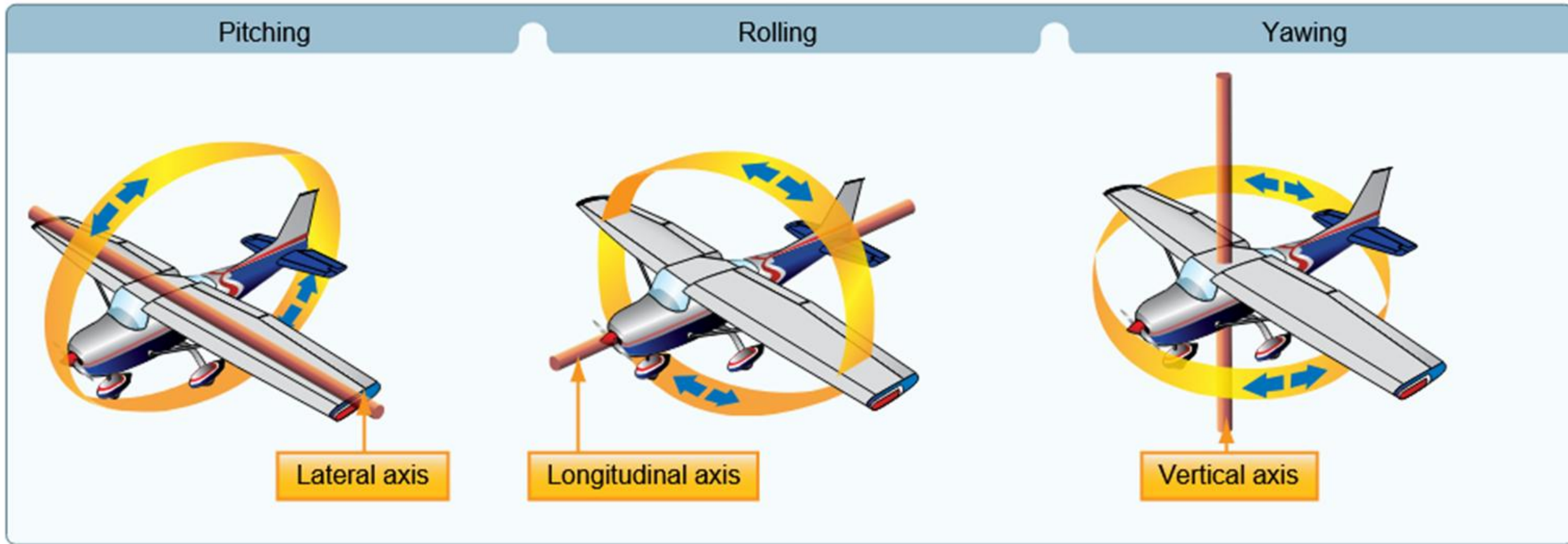


Figure 3-2. Illustrates the pitch, roll, and yaw motion of the aircraft along the lateral, longitudinal, and vertical axes, respectively.

Besturing – Richting(3)

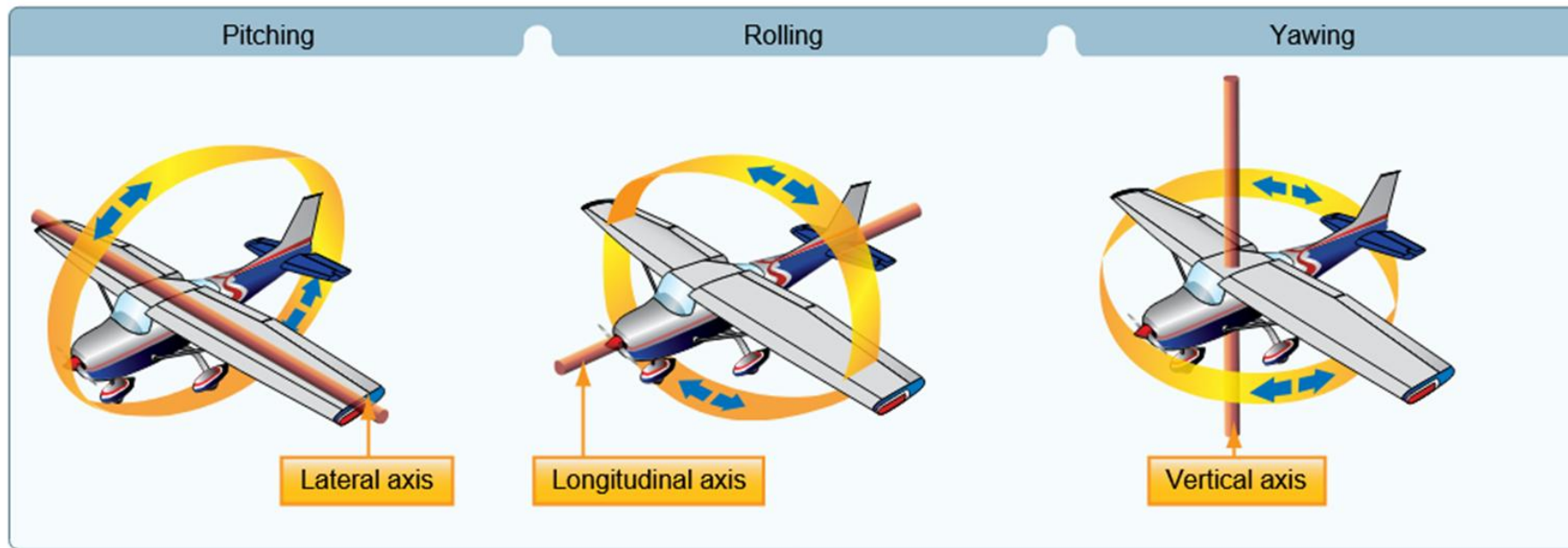


Figure 3-2. Illustrates the pitch, roll, and yaw motion of the aircraft along the lateral, longitudinal, and vertical axes, respectively.

As	beweging	apparaat	bediening	kracht	kracht	
dwars-as Lateral axis	stampen Pitching	hoogteroer Elevator	stuurknuppel Yoke			
langs-as Longitudinal axis	rollen Rolling/Banking	rolroer Aileron	stuurknuppel Yoke	trekkracht Thrust	luchtweerstand Drag	
top-as Vertical axis	giering Yawing	richtingsroer Rudder	Voetenstuur Pedals	opstijgkracht Lift	zwaartekracht Weight	

Besturing – Richting(4)

Cessna 172 Skyhawk

rolroer
Aileron

Bocht naar rechts

rolroer
Aileron



Besturing – Richting(5)



Cessna 172 Skyhawk

vertikale **stabilisator**
Vertical stabilizer

richtings**roer**
Rudder

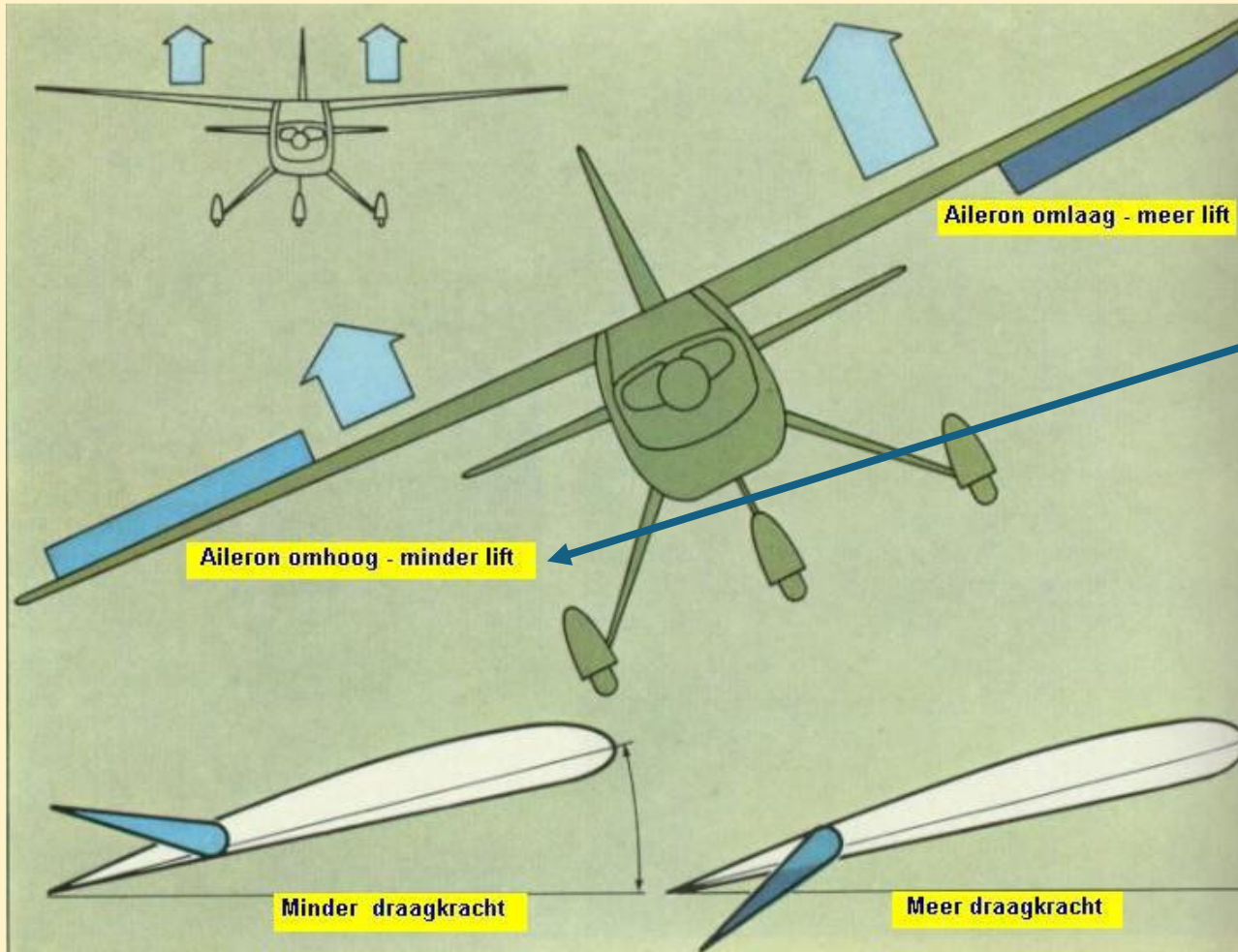
hoogte**roer**
Elevator

horizontale **stabilisator**
Horizontal stabilizer

Besturing - Bocht (1)

rechterbocht **alleen met de ailerons**

een zijdelingse beweging van de **stick naar rechts**
de **aileron**s aan de achterzijde van de vleugels bewegen



linkervleugel krijgt meer draagkracht,

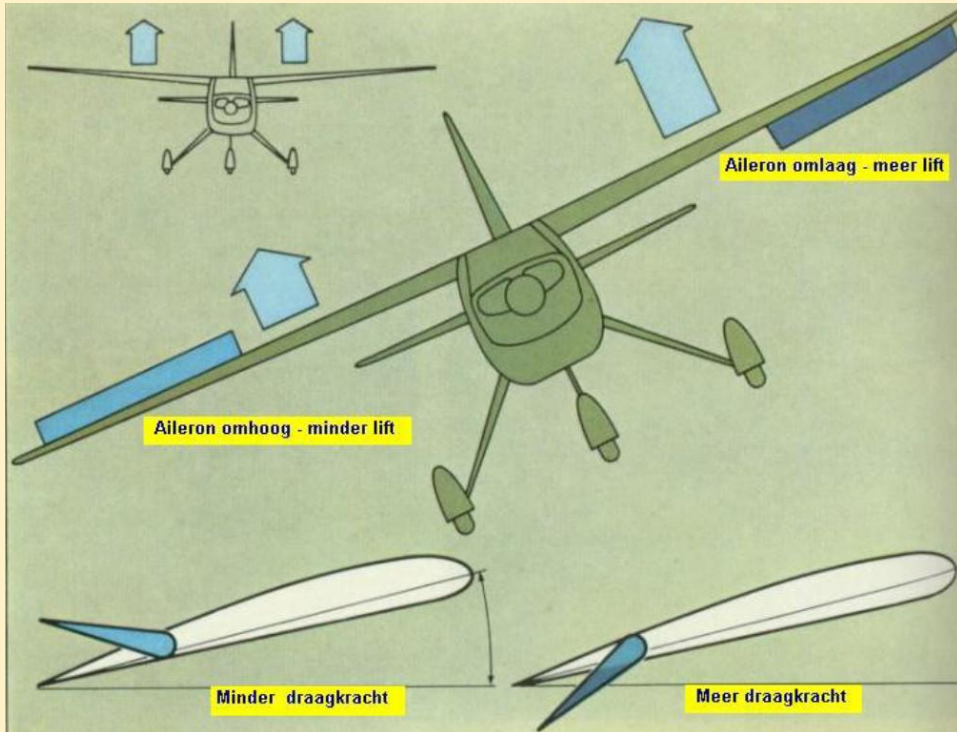
rechtervleugel minder draagkrachten

het toestel roteert om de lengteas naar rechts (bank)

Besturing - Bocht (2)

rechterbocht **alleen met de ailerons**

Maar er gebeurt meer:



de luchtweerstand van de linkervleugel (waar het rolroer omlaag draait) neemt toe, en wordt groter dan rechts, waar de invalshoek juist afneemt.

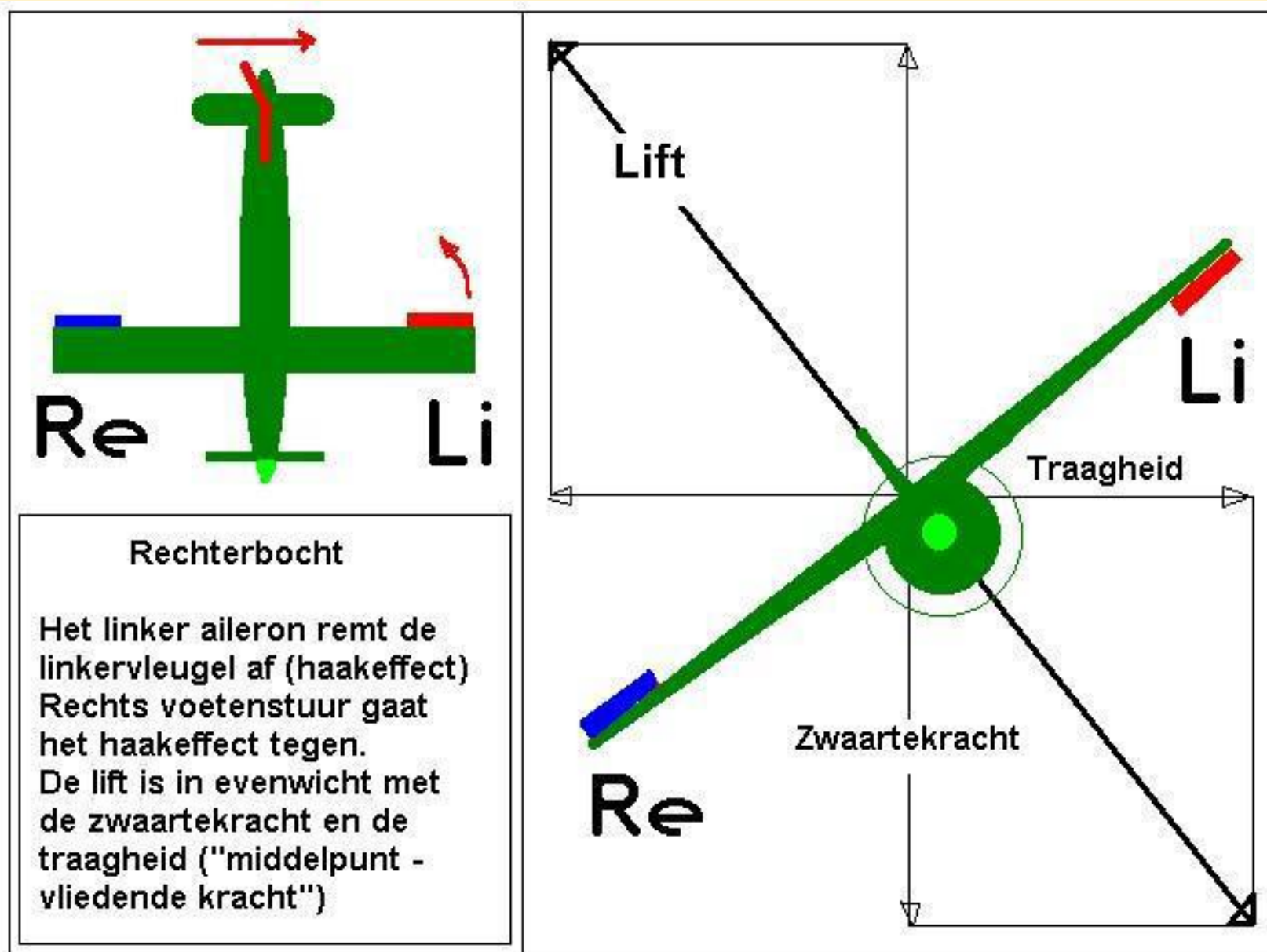
De linker vleugel wordt hierdoor wat afgeremd, het **toestel giert om de topas naar links**

Deze beweging, tegengesteld aan wat we zouden willen, heet het **haakeffect**

Door de helling naar rechts die we nu hebben, **wijst de kracht van de lift niet langer recht omhoog, maar naar rechts-boven.** Een deel van deze kracht trekt ons dus **zijdelings naar rechts (slip)**

Besturing - Bocht (3)

rechterbocht **alleen met de ailerons**



Besturing - Bocht (4)

rechterbocht **alleen met de ailerons**

Het **kielvlak** zal voor de staart deze beweging naar rechts afremmen (net als bij een weerhaan). De staart draait dus mooi naar links en de neus draait de rechterbocht in.



Er zijn nog twee effecten:

- Het dragend oppervlak van de vleugels is in deze stand kleiner dan als de vleugels horizontaal staan. Dus de verticale component van de lift is kleiner, we zullen **gaan dalen**, tenzij we ook het hoogteroer gebruiken.
- De weerstand van het vliegtuig is groter en de **snelheid zal dus afnemen**

Besturing - Bocht (5)

rechterbocht **alleen met het richtingroer:**

Als we het **rechter voetenstuur naar voren** trappen, zal het richtingroer naar rechts draaien, en daarmee de staart naar links duwen.

Hierdoor draait de neus van het vliegtuig naar rechts, de linkervleugel naar voren.

Dit heeft twee gevolgen:



Besturing - Bocht (6)

rechterbocht **alleen met het richtingroer**:

1. Omdat het zwaartepunt gewoon rechthout wil bewegen, zal het vliegtuig er toe neigen met de neus scheef naar rechts wijzend in de zelfde ichting als eerst door bewegen.

Het vliegtuig “schuift de bocht uit” (**skid**)

2. De linker vleugel draait naar voren, krijgt daardoor een iets hogere snelheid en meer lift, en zal dus een rol naar rechts veroorzaken in de richting van de gewenste bocht. Hiermee zal het vliegtuig dan aan de rechterbocht beginnen.

We kunnen een rechterbocht maken met **alleen ailerons** of met **alleen richtingroer**, maar echt mooi gaat dat niet.

We zullen ze **beide gebruiken**, en dat noemen we een **gecoördineerde bocht** . Meestal zullen we daarbij ook het **hoogteroer** nog nodig hebben.

Hoe maken we een rechterbocht? (1)

1. We kijken goed uit, of er niet net iemand naast ons vliegt...
2. We draaien de yoke naar rechts om helling te krijgen
3. Tegelijk geven we rechts voetenstuur om het haakeffect tegen te gaan
4. We regelen onze helling (bank) afhankelijk van **hoe snel we willen draaien**;

Een **rate one turn** is een bocht met

360 graden in 2 minuten

ofwel

3 graden in 1 seconde

Hoe maken we een rechterbocht? (2)

5. We geven zoveel voetenstuur dat we niet zijdelings wegglijden (slip of skid)
Controleren met het **balletje** van de turn- and bank-coördinator.
 - afwijking naar links geef links voetenstuur,
 - afwijking naar rechts geef rechts voetenstuur (**kick the ball**)
6. Neusstand corrigeren met **hoogteroer om geen hoogte kwijt te raken**.
Controleren door naar de horizon en hoogtemeter te kijken
Bij een steile bocht helpt het hoogteroer ook het richtingroer om de bocht te maken.
7. Bij een steile bocht altijd wat motorvermogen (power) bij.
8. Vlak voor we de juiste koers het vliegtuig weer geleidelijk vlak leggen en het roer centreren.
9. Als we weer vlak liggen: **Controle van koers, hoogte en powersetting**.

Flaps (1)



Cessna 172 Skyhawk

Flaps

Flaps (2)

Gebruik van de vleugelklappen

De Cessna 172 heeft flaps van een type dat niet alleen de invalshoek van de vleugel als geheel vergroot, maar ook het vleugeloppervlak groter maakt.

De spleet tussen vleugel-achterrandaan en flaps veroorzaakt een krachtige luchtstroom over de flaps, die de lift daar verhoogt.

Gebruik van de flaps verhoogt niet alleen de lift, maar ook de luchtweerstand.

Het effect van de flaps hangt af van de hoek die ze met de vleugel maken.

10-15 graden flaps geeft een betere lift, met een matige toename van de luchtweerstand.

20-40 graden flaps geeft wel iets meer lift, met een sterke toename van de luchtweerstand.

We gebruiken flaps dus:

1. Als we een groter draagvermogen (meer lift) willen bij lage snelheid.
2. Om de overtreksnelheid te verlagen.
3. Als we willen afremmen bij lage snelheid.

Flaps (3)

Gebruik van de vleugelklappen

Al deze factoren spelen een rol bij de landing,
Een hogere lift is ook bij de start gewenst om zo snel mogelijk los te komen
met daarbij een lagere overtreksnelheid.

Flaps zijn niet gebouwd voor het verwerken van de krachten die bij hoge snelheid optreden.
Bij de C-172 wordt voor alle standen van de flaps één max. snelheid aangehouden
Het veilige gebied is aangegeven door de sector met de witte rand op de ASI.

Flaps zijn dus niet geschikt om in de lucht bij hoge snelheid
even af te remmen en snel te gaan dalen.
De flaps raken dan ernstig beschadigd.

De goede manier is dus:
Gas dicht, snelheid laten teruglopen tot in de witte zone,
pas daarna flaps gebruiken en neus omlaag.
Nooit ineens full flaps geven, dat moet stap voor stap, met tussentijds bijtrimmen.



Standaard Flight Panel

In rood de 4 basisinstrumenten, opgesteld in een T vorm.



Boven:

luchtsnelheidsmeter
kunstmatige horizon
hoogtemeter

= Airspeed indicator
= Attitude indicator
= Altitude indicator

Midden-onder:

gyrokompas

= Heading indicator, directional gyro

Verder nog

Linksonder:

bochtencoordinator

= Turn- and Bankindicator

Rechtsonder:

stijg-daalsnelheidsmeter = Vertical Speed Indicator

Snelheidsmeter, horizon, hoogtemeter en koerstol zijn de grote vier

De snelheidsmeter



geeft de snelheid aan ten opzichte van de omringende lucht.



Calibratie knop

Zodra we klimmen, wordt de lucht minder dicht, en wijst de meter verkeerd aan (te laag).

We trekken ons daar niets van aan, en gebruiken de aangegeven luchtsnelheid = Indicated Airspeed of IAS.

IAS wordt aangegeven in knopen = zeemijlen per uur.

1 zeemijl = n.m. (nautical mile) = 1852 m.

Knopen korten we af als kts = knots = 1,852 km/u.

Engelse mijlen (statute miles) = 1609 m worden nauwelijks meer gebruikt

Horizon

Heb je nodig om je stand (attitude) in de lucht te kunnen zien.
De **echte horizon** is het **mooiste en duidelijkste** mits goed zicht

Vergelijk de **horizon** met
de **bovenrand van het panel**



Rechts en links de **horizon**
vergelijken met **de vleugeltips**



Horizon



Heb je nodig om je stand (attitude) in de lucht te kunnen zien.

De **echte horizon is het mooiste en duidelijkste**



Is de horizon niet goed te beoordelen, gebruik dan de **kunstmatige horizon**.

Het **oranje vliegtuigje** beweegt met je vliegtuig mee, de horizon houdt zijn stand vast ten opzichte van de buitenwereld

Hier kan je zien hoeveel helling je hebt, en waar je neus staat t.o.v. de horizon.

Hoogtemeter



De hoogte wordt aangegeven in voeten
de meter wijst hier de hoogte van het veld aan, hier 10 voet.



kalibratieknop

kalibratievenster

Eigenlijk wijst een hoogtemeter geen hoogte aan,
maar luchtdruk, net als een barometer.

De meteo vertelt ons op het veld wat de instelling van de
hoogtemeter moet zijn om hem hier en nu de hoogte
correct te laten aangeven.

Die instelling wordt aangeduid met de letters QNH.

Boven een bepaalde hoogte (transition altitude) krijgen
alle hoogtemeters dezelfde instelling,
en wordt de hoogte verder uitgedrukt in Flight Levels =
hoogte in voeten/100.

Koersaanwijzer:



Dit is geen magnetisch kompas.

Het is een **gyro kompas**, een tol die de eenmaal ingestelde richting vast houdt, maar daarvoor eerst gelijkgezet moet worden met het **magnetisch kompas**.

Dit doe je met de D van het toetsenbord, tenzij je hebt ingesteld dat dit instrument niet verloopt, en altijd goed aanwijst.

Waarom niet altijd het gewone kompas gebruiken?

Omdat dat veel te gevoelig is voor bewegingen van het vliegtuig.

Het heeft dan (vooral in bochten) grote aanwijfsfouten.



Kalibratie knopje

Heading ruiters

Bochtaanwijzer en hellingindicator:



Dit instrument geeft aan of we van richting veranderen en hoe snel.



kick the ball

Verwar de helling van het vliegtuigje niet met de aanwijzing van een kunstmatige horizon, want dit instrument reageert alleen op de snelheid van koersverandering, niet op helling.

rate one turn: een bocht met een koersverandering van 3 graden per seconde = 180 graden per minuut = 360 graden in 2 minuten

Het kogeltje is een soort waterpas.
Voor een goede gecoördineerde bocht, blijft voor je gevoel de zwaartekracht je recht omlaag in je stoel drukken.

De kogel staat dan in het midden, er is geen slip of skid.
Wijkt de kogel af, dan je voetenstuur gebruiken om dat te corrigeren

Stijg- en Daalsnelheidsmeter: (1)



Een van de dingen die beginnende vliegers moeten leren, is om soms juist niet naar deze meter te kijken.

De stand van het vliegtuig (attitude) en de snelheid bepalen of je stijgt of daalt.



De VSI reageert op de snelheid waarmee de hoogte verandert, wat betekent dat hij **altijd achter de hoogtemeter aankomt**.

Stel.... Je vliegt mooi afgetrimd horizontaal op **2000** voet. Je komt niet aan je throttle, je power setting blijft dus onveranderd.

De horizon (de echte) zie je ruim 3 cm boven de rand van het panel. Even later kijk je weer naar de hoogtemeter, die zegt nu: **1950** voet. Hoe is dat gekomen?

Het moet begonnen zijn met een onbedoelde beweging van de stick, of er is turbulentie.

Daardoor is je neusstand, je attitude veranderd .

Daardoor en daarna ben je gaan dalen.

Daardoor en daarna is je hoogtemeter teruggelopen en is ook de VSI een daling gaan aangeven.

Stijg- en Daalsnelheidsmeter: (2)

Maar... Als je naar de horizon had gekeken, had je die verandering van je attitude meteen gezien, en dus de daling kunnen zien aankomen (en de stand kunnen corrigeren).

Dus: **kijk naar de horizon om onze neusstand / attitude te beoordelen**, als we een bepaalde stand willen aannemen of een stand die we hebben willen vasthouden.

We gebruiken de VSI vooral om te zien wat het resultaat is van die attitude/ toestand, of we horizontaal vliegen of klimmen/dalen.

Bijvoorbeeld: tijdens een lange bocht, bij een langdurige daling of klim, of ter controle van je trim bij horizontale vlucht.

En nou gaan we vliegen... We zetten een C172 Skyhawk op de runway

We vliegen een oefening met goed weer, en oriënteren ons op de buitenwereld

We vliegen daarom V.F.R = onder Visual Flight Rules

Aircraft – Realism Settings:

- Gyro drift uit, om niet steeds op de D te hoeven drukken
- Display Indicated Airspeed aan
- Autorudder uit
- Weer: geen wind

Checks:

- Op het platform
- Tijdens het starten en opwarmen van de motor
- Tijdens taxiën
- Voor we de runway opgaan (alle instrumenten en bedieningsorganen controleren)

Vliegen met een C172

Voorbereiding (2)

We gaan uit van gecontroleerde motor, draaiend en wel op het begin van de runway.

- Mixture “rich”,
- Carburator voorverwarming “cold”
- Brandstofkraan “Open” of “Both”
- Gyro gelijk met kompas
- Avionics allemaal aan
- Beacon/Strobe “on”
- Pitot heat “on”
- Motor is al getest op beide magneten afzonderlijk
- De hoogtemeter
- Trimwiel van het hoogteroer in de “take-off” stand als die er is, of anders: neutraal
- Flaps hoeven we met deze Cessna op een gewone startbaan niet te gebruiken, grasland wel
- Alle roeren werken goed

We zijn “cleared for takeoff” . Riemen vast en deuren dicht? Daar gaan we...

Vliegen met een C172

Start en take-off (1)

Snelheid:

We proberen zo snel mogelijk de snelheid te bereiken waarbij we kunnen loskomen

Voordeel: we merken op tijd als de motor onvoldoende vermogen geeft zodat we de start nog kunnen afbreken.

Geven dus volgas.

Rotatie bij 60 kts (afhankelijk van type)

Schroefwind:

Als we kijkend vanuit de cockpit, de propeller rechtsom zien draaien, dan zal de door de prop langs de bovenkant van het vliegtuig naar achter geblazen schroefwind een beetje schuin naar rechts-achter gaan.

Dit drukt het kielvlak wat naar rechts, zodat we een linkerbocht dreigen te maken.

Zodra we vol gas geven, geven we dus meteen ook een beetje rechts voetenstuur.

Zodra onze snelheid toeneemt,

is het effect van de schroefwind nog maar klein en dan telt dit effect nauwelijks meer mee.

Vliegen met een C172

Start en take-off (2)

Klimmen naar 2000 voet: (op die hoogte blijven we voorlopig)

- Throttle helemaal naar voren, vol vermogen
- Geef genoeg rechts voetenstuur om midden op de baan te blijven.
- Heb je “full power”?
Of de motor zijn volle vermogen ontwikkelt, zie je aan het toerental (maximum toeren 2700 rpm)
- Bij 55-60 kts begin je de yoke kalm naar je toe te trekken tot je loskomt.
- Trek de neus omhoog tot de kunstmatige horizon 10-11 graden aangeeft (op het 2e streepje)
- Laat de snelheid toenemen tot 80 kts.
Neemt de snelheid niet toe? Neus lager !!!

Start en take-off (3)

Cockpit check:

- Max toeren?
- Koers goed?
- Hoogtemeter stijgend?
- Snelheid 80 kts?
- Motorinstrumenten?

Controleer snelheid.

- Te hoog? >> Neus optrekken.
- Te laag? >> Neus lager.
- Throttle blijft vol open.
- Snelheid goed zo?

Vliegen met een C172

Start en take-off (4)

- Hoogteroer bij trimmen, zodat je niet constant aan de yoke moet trekken.
Goed afgetrimd moet je de yoke kunnen loslaten.
- Let op de stand van de horizon.
- Als je eenmaal de stand (attitude) van de horizon t.o.v. het panel weet bij 80 kts, dan is die veel makkelijker bij te regelen dan als je op de kunstmatige horizon reageert. Hebben de VSI nog helemaal niet nodig gehad.
- Op 1950 voet duwen we de yoke kalm naar voren, zodat de hoogtemeter langzamer oploopt, tot hij bij 2000 voet blijft staan.
- De throttle blijft nog even vol open staan, want we willen nu naar 125 kts kruissnelheid accelereren.
- Blijf tegen de yoke duwen, want naarmate de snelheid toeneemt, neemt ook de lift toe, en gaan we weer klimmen. Neus lager, bijtrimmen.
- Snelheid neemt toe, neus moet weer lager.
Weer bijtrimmen.
Dit herhaalt zich voorlopig....tot.... de **kruissnelheid is bereikt**.



Vliegen met een C172

Kruissnelheid

Nu nemen we gas terug tot Ja, tot wat?
Dit hangt van de propeller af.

Bij een **C172** met vaste prop kan je naar **RPM** kijken

Nu is het verder een kwestie van aftrimmen tot we niet meer klimmen of dalen
(Nu mag je wel eens naar de VSI kijken, die is hier goed te gebruiken)

En dan:

- Snelheid te hoog?
Throttle terughalen (daarna moet de neus weer wat hoger want de snelheid daalt).
- Snelheid te laag?
Gas bijgeven, en even later moet de neus weer wat omlaag. Bijtrimmen.
Enzovoort.

Vliegen met een C172

Kruisvlucht (1)

- Stabiele toestand bereikt?

Nu verder **op de horizon letten**.

Als die op de zelfde hoogte t.o.v. het panel blijft, dan kan er met de hoogte niet veel mis gaan.



- Vlieg voorlopig gewoon rechtuit op 2000 voet met 125 knopen.

Wen je de “Cockpit scan” aan:

- Blik naar buiten (stand van de horizon, ander verkeer in de buurt?),
 - snelheid, hoogte, koers, VSI,
 - motorinstrumenten (brandstof, temperaturen, oliedruk) enzovoort.
- Mooi stabiel op 2000 ft.?
- Dan nu eens naar de **invloed van de snelheid** kijken.



Vliegen met een C172

Kruisvlucht (2)

Daarvoor schakelen we eerst de autopilot in, die de hoogte vasthoudt

Horizontale vlucht met verschillende snelheden (autopilot aan)

- We vliegen nu op 2000 voet, en duwen de throttle naar voren om te versnellen naar 127 kts
- De autopilot trimt het hoogteroer naar beneden, zodat we ondanks de toegenomen lift niet gaan stijgen. Let op de stand van de horizon!
- Zet de horizon zo'n 3 cm boven de rand van het panel
- Kijk in de spot view en de linker en rechter zijaanzicht
- De lengteas van de Cessna loopt ongeveer evenwijdig met de horizon



Ga weer naar de Cockpit-view

- We gaan naar 90 kts door in de C172 de RPM te verminderen tot 2200
- De autopilot trimt onze stand, zodat we op 2000 voet blijven; regel de throttle af op 90 kts.
- Hoe hoog staat nu de horizon boven het panel? Ga nu naar 65 kts....
- Verminder de snelheid verder door de throttle terug te trekken. Ga naar 65 kts.



Kruisvlucht (5)

- Pas op, als je onder de 75 kts komt gaat snelheid steeds sneller teruglopen.
Dat komt, omdat onze luchtweerstand (vooral van de vleugels) snel toeneemt door de steeds grotere AoA
- Stabiel op 65 kts?
Hoe ziet de horizon er uit?
Kijk nog eens van opzij, hoe we nu in de lucht hangen.
OK, geef maar weer gas, en versnel maar weer naar 120-125 kts
- Zet de autopilot uit
- Doe de hele oefening **zonder autopilot**, maar houd de Cessna netjes op 2000 voet.
Herhaal dit enkele malen (oefenen hoort er nou eenmaal bij)

Overtrekken en herstel (1)

Wanneer we een **hoge invalshoek** (AoA) combineren met een **lage snelheid**, en daarmee nog net onze hoogte kunnen vasthouden, dan zitten we tegen een overtrek (stall) aan.

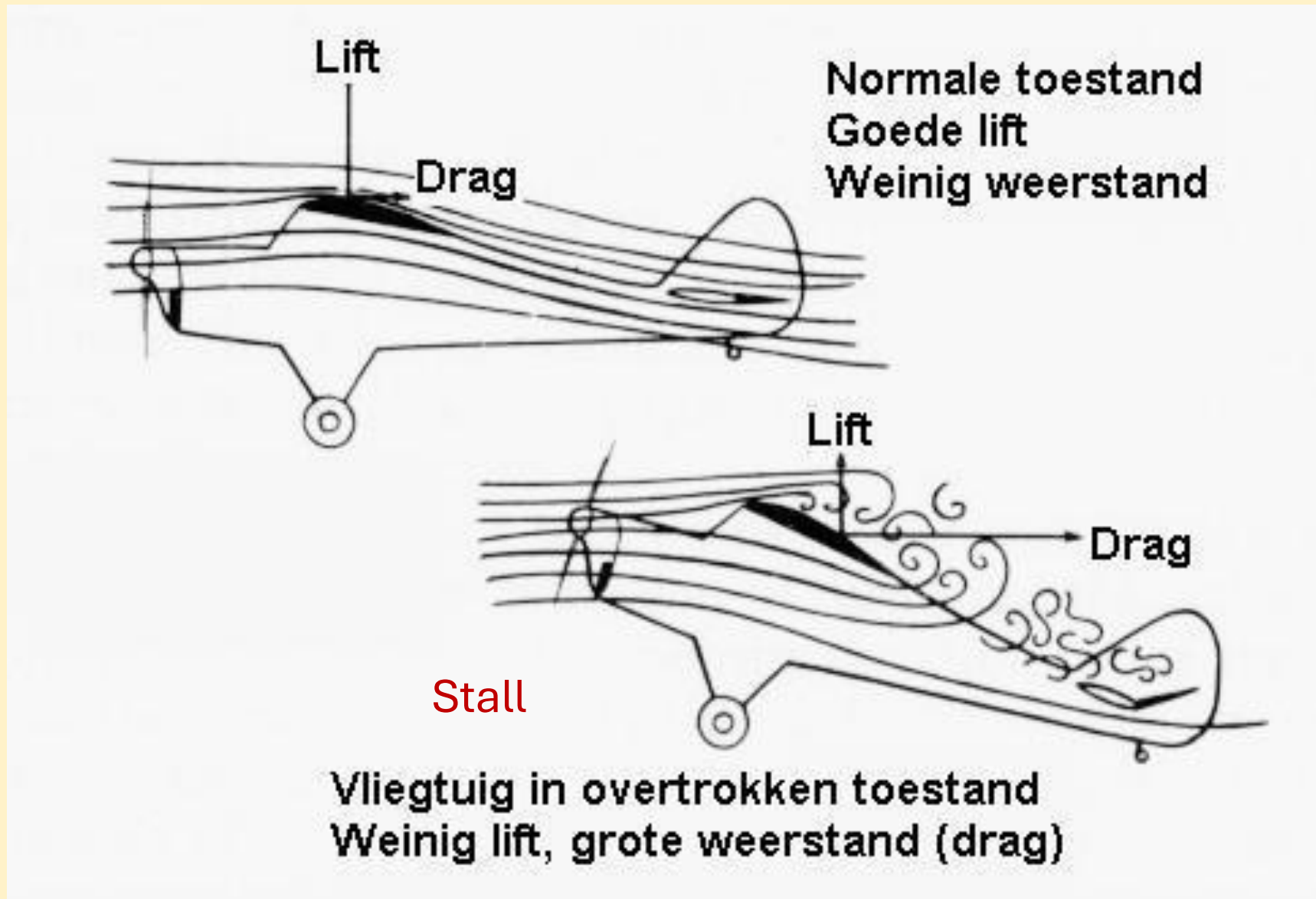
Iedere toename van de AOA door verandering van onze stand of door afname van de snelheid zal leiden tot plotseling verlies van lift, en daarmee verlies van hoogte.

Als je dan probeert hoogte te winnen door de neus nog verder op te trekken, raak je alleen maar nog verder overtrokken, en val je nog harder naar beneden.

Gelukkig heeft ieder vliegtuig een waarschuwings signaal,
de Stall Warning

Die is op niet mis te verstane manier hoorbaar als je de stall nadert

Overtrekken en herstel (2)



Vliegen met een C172

Overtrekken en herstel(3)

Herstel uit een overtreksituatie:

Theoretisch zou dat op twee manieren moeten kunnen:

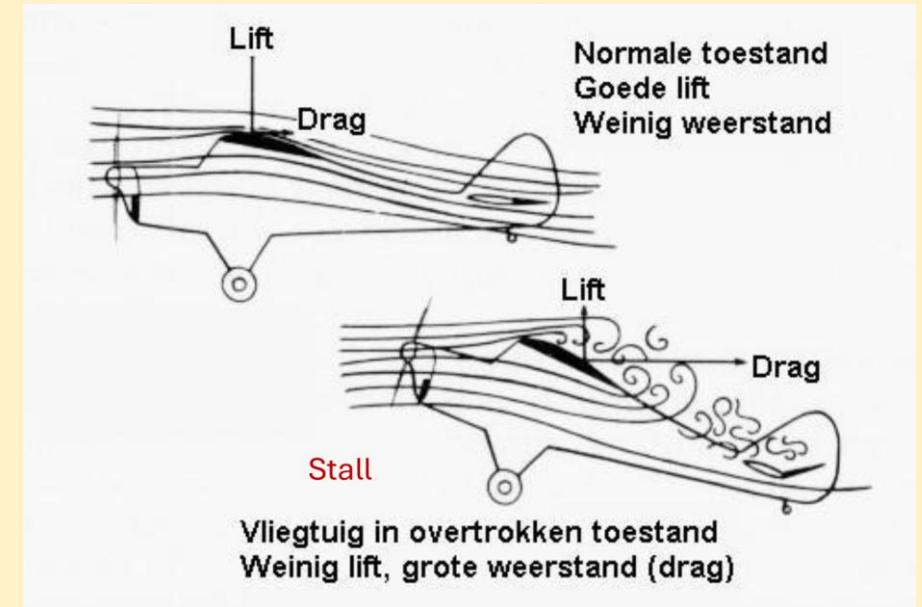
- AOA kleiner (neus lager)
- of snelheid verhogen (of allebei).

Maar: bij toenemende AOA neemt de snelheid snel zeer snel af!
Vol gas geven, hopen dat de snelheid snel weer zal toenemen,
en dan afwachten of dat misschien voldoende is...

Dat is duidelijk de verkeerde manier.

Het zal altijd te lang duren voor volgas een voldoende verhoogde snelheid geeft
en de AOA daalt.

De AOA verkleinen door de neus naar beneden te duwen met de stick werkt daarentegen direct.
De reactie op een stall is dus:



Neus omlaag naar de horizon of even er onder en vol gas

Stall oefening (1) met power idle en toenemende AoA

Neus op de horizon houden tot de snelheid voldoende gestegen is (70 kts) en dan weer naar de klimstand om de verloren hoogte terug te winnen.

- We vliegen weer op 2000 voet zonder autopilot.
- Trek het gas dicht, en houd de hoogte op 2000 ft. door de stick naar je toe te trekken.
- Zit je nog op 2000 voet met 65 kts.? Lukt 60 kts ook? En 55? 50....Stall !!
- Duw de yoke naar voren tot de neus iets omlaag wijst, even onder de horizon, en geef vol gas.
- Laat de snelheid oplopen tot 70 kts, en klim rustig met 80 kts terug naar 2000 voet.

Overtrekken en herstel(5)

Stall oefening (2) met power van half naar full en toenemende AoA

Nu hetzelfde maar dan met toenemende power

- We vliegen weer op 2000 voet **zonder autopilot**.
- Trek de throttle half dicht, 1500 RPM en laat de snelheid teruglopen tot 70 kts. Geef nu weer gas bij om op 2000 voet te kunnen blijven.
- Verlaag de snelheid verder naar 65, 60, ... daarbij moet de **throttle weer verder open** om op hoogte te blijven.
Hoe langzaam kan je vliegen voor je met bijna vol gas toch overtrokken raakt?
- Na de stallwarning kan je alleen maar corrigeren met de attitude.
neus naar beneden, op de horizon (yoke naar voren duwen);
snelheid weer op laten lopen, met 80 kts
Klim terug terug naar 2000 voet.

Een overtrek corrigeer je met

- een duw tegen de yoke
- vol vermogen.

Uit het bovenstaande is duidelijk dat een overtrek **tijdens de landingsfase** (final approach) zeer gevaarlijk is.

- Je hebt een lage snelheid
- te weinig ruimte onder je om in een duik de snelheid weer te laten oplopen
- snelheid wordt afgeremd door de flaps.

Stall oefening (3) in de landingsfase

Stall oefenen op 2000 voet..

Horizontale vlucht, op 2000 ft., 100 kts, goed afgetrimd.

- Trek de throttle uit, verminder power tot 1500 RPM
- **Houdt hoogte vast** tot snelheid onder de 90 kts is. Dan 10 gr. Flaps. Bijtrimmen
- Laat snelheid dalen tot 70 kts, 20 gr. Flaps. Bijtrimmen. Je begint al te dalen
- Snelheid naar 60 kts, 30 gr. Flaps. Regel je daling zodanig dat de snelheid 60 kts blijft.

Deze situatie is vergelijkbaar met de eindnadering

Stall oefening (3) in de landingsfase

Nu gaan we overtrekken.

- Neus geleidelijk omhoog en snelheid steeds meer laten teruglopen tot de stallwarning
- Neus even onder de horizon! Vol vermogen!
- Snelheid laten toenemen tot 65 kts. Neus hoger.
- Blijf horizontaal vliegen.
- Flaps op met 10 gr. tegelijk, terwijl de snelheid toeneemt.
- Bij 80 kts weer terugklimmen naar 2000 voet.

Vliegen met een C172

Gecoördineerde bocht (1)

Eerder werd besproken dat een goede bocht wordt uitgevoerd door gelijktijdig gebruik van ailerons, richtingroer en hoogteroer.

- de ailerons geven de juiste helling (bank),
- het richtingroer stuurt de bocht in, werkt het haakeffect tegen, en bepaalt vooral de draaiingssnelheid (rate of turn),
- terwijl het hoogteroer zorgt dat de afname van lift niet leidt tot daling, en tegelijk in dezelfde richting meewerkt als het richtingroer.

(bij een helling van 90 graden is het hoogteroer tot richtingroer geworden en omgekeerd)

Bij de volgende oefening gaan we naar 1500 voet, 100 kts, goed afgetrimd.

Gecoördineerde bocht (2)

Kan je de yoke loslaten? Zo niet, dan bijtrimmen.

Hier kan je de VSI nuttig gebruiken;

die geeft een aanhoudende lichte klim of daling goed weer.

Waar zit het midden van de bovenrand van je panel t.o.v. de horizon?

Hou dat punt in de gaten, gebruik eventueel de axis indicator.

Zodra de bocht goed gecoördineerd is, (balletje in het midden) houd je de horizon weer in de gaten.

De hoek en de hoogte van de horizon t.o.v. je panel geven je samen

de beste informatie over het verloop van deze manoeuvre.

We maken een gecoördineerde bocht (**rate 1 turn**)

- Geef een matige helling naar links,
zoals aangegeven door het oranje driehoekje van de A.I. (een streepje = 10 graden)
- Geef tegelijk zoveel links voetenstuur, dat het balletje in het midden blijft liggen
- Trek de yoke iets naar je toe

Vliegen met een C172

Gecoördineerde bocht (3)

Maak een (rate 1 turn)

- Geef een matige helling naar links, zoals aangegeven door het oranje driehoekje van de A.I. (een streepje = 10 graden)
- Geef tegelijk zoveel links voetenstuur, dat het **balletje in het midden** blijft liggen
- Trek de yoke iets naar je toe
- Wat is het resultaat?
- Staat het vliegtuigje van de Turn coordinator op de L-streep?
Maak anders de bocht iets steiler – of juist minder om dat te bereiken
- Leg met je voetenstuur het **balletje weer in het midden**.
- Staat de VSI in het midden op 0?
Corrigeer anders met het hoogteroer, en geef wat power bij.
- Houd nu verder de horizon in de gaten.
Die vertelt je het eerst als je hellingshoek verandert, of als de neus te veel zakt of stijgt.
- Controleer dat af en toe met een blik op de T&B-I en de VSI.
- Maak een bocht van 180 graden, maar begin met “uitrollen” als je 160 graden voorbij bent.
- Checks na de bocht: Koers, Hoogte, Snelheid.
Corrigeer waar nodig.

Vliegen met een C172

Gecoördineerde bocht (4)

Maak een (rate 1 turn)

NB:

- Tijdens de bocht moet je steeds bedenken naar welke koers je toe wilt, zodat je op tijd begint met je toestel weer vlak te leggen (terug naar “straight and level flight”)
- Tijdens de bocht zal je merken dat je veel minder kracht op je yoke moet uitoefenen om de helling voor de bocht te blijven houden dan nodig was om die helling eerst te krijgen.
- Hoe steiler de bocht, hoe meer je het hoogteroer moet gebruiken en hoe meer vermogen je bijgeeft. Bij een steile bocht is je overtreksnelheid veel hoger, en je mag je snelheid dus niet teveel laten teruglopen.

En nu:

- Herhaal de oefening met een 45 graden helling .
- Doe hetzelfde dan naar rechts.
- Herhaal dan beide oefeningen bij 80 kts.

Het geheim van een nette bocht is: oefenen, oefenen, oefenen. Het is niet anders...

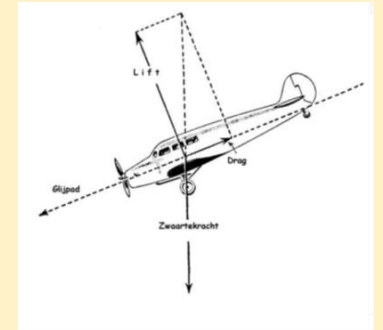
Vliegen met een C172

Glijvlucht (1)

trimmen toestel zo af, dat de schuin voorwaarts gerichte lift het vliegtuig vooruit beweegt in evenwicht met de luchtweerstand (drag).

we houden **snelheid door hoogte te verliezen**.

Ook hier is weer een optimum snelheid, de “**best angle of glide**” waarbij we **per meter hoogteverlies zo ver mogelijk vooruit komen**.



- Gaan we sneller (= steiler), dan verknoeien we hoogte met het overwinnen van de extra drag.
- Gaan we langzamer, dan neemt de lift teveel af, waardoor we steiler naar beneden zakken, terwijl we minder ver vooruit komen.
- Voor de Cessna ligt die **optimale glijhoek**, de best angle of glide rond 70 kts.

begin afgetrimd op 2000 voet, en trekken nu het gas dicht.

De carburator voorverwarming hoort hierbij aan te staan, om ijsafzetting in de carburator te voorkomen.

- Houd het toestel horizontaal, en laat de snelheid teruglopen tot 70 kts.
- Doe de stick iets naar voren, en laat de neus zakken om de snelheid op 70 kts te houden.

Vliegen met een C172

Glijvlucht (2)

zonder flaps; 70 kts.

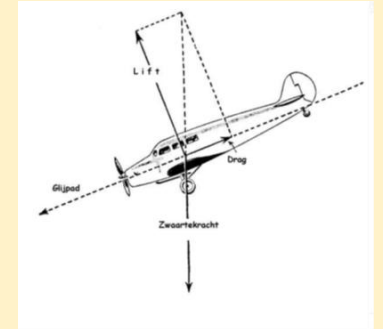
Vert. Speed: 600 ft./min., neus bijna vlak.

met full flaps; 70 kts.

Vert. Speed: 1500 ft./min., neus laag.

Willen we langzamer dalen,
dan trimmen we de neus wat hoger, en geven we wat gas bij.

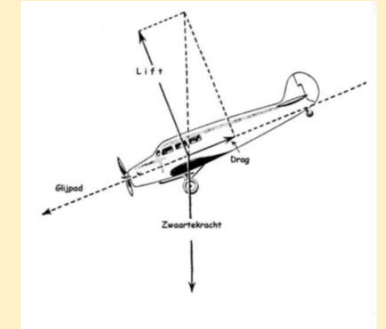
Willen we sneller dalen, dan kunnen we de flaps gebruiken voor extra luchtweerstand, zodat we onder een veel grotere hoek naar beneden kunnen en toch op 70 kts blijven.



Vliegen met een C172

Glijvlucht (3)

- 10 graden flaps.
Door de toename van lift komt de neus omhoog.
Breng de neus weer naar omlaag, snelheid 70 kts, trim af.
- 20 graden flaps,
Breng de neus weer naar omlaag, snelheid 70 kts, trim af.
- Full flaps.
Breng de neus weer naar omlaag, snelheid 70 kts, trim af.



Overgang naar horizontale vlucht:

Verminder flaps met 10 graden, Throttle open tot 2200 RPM.

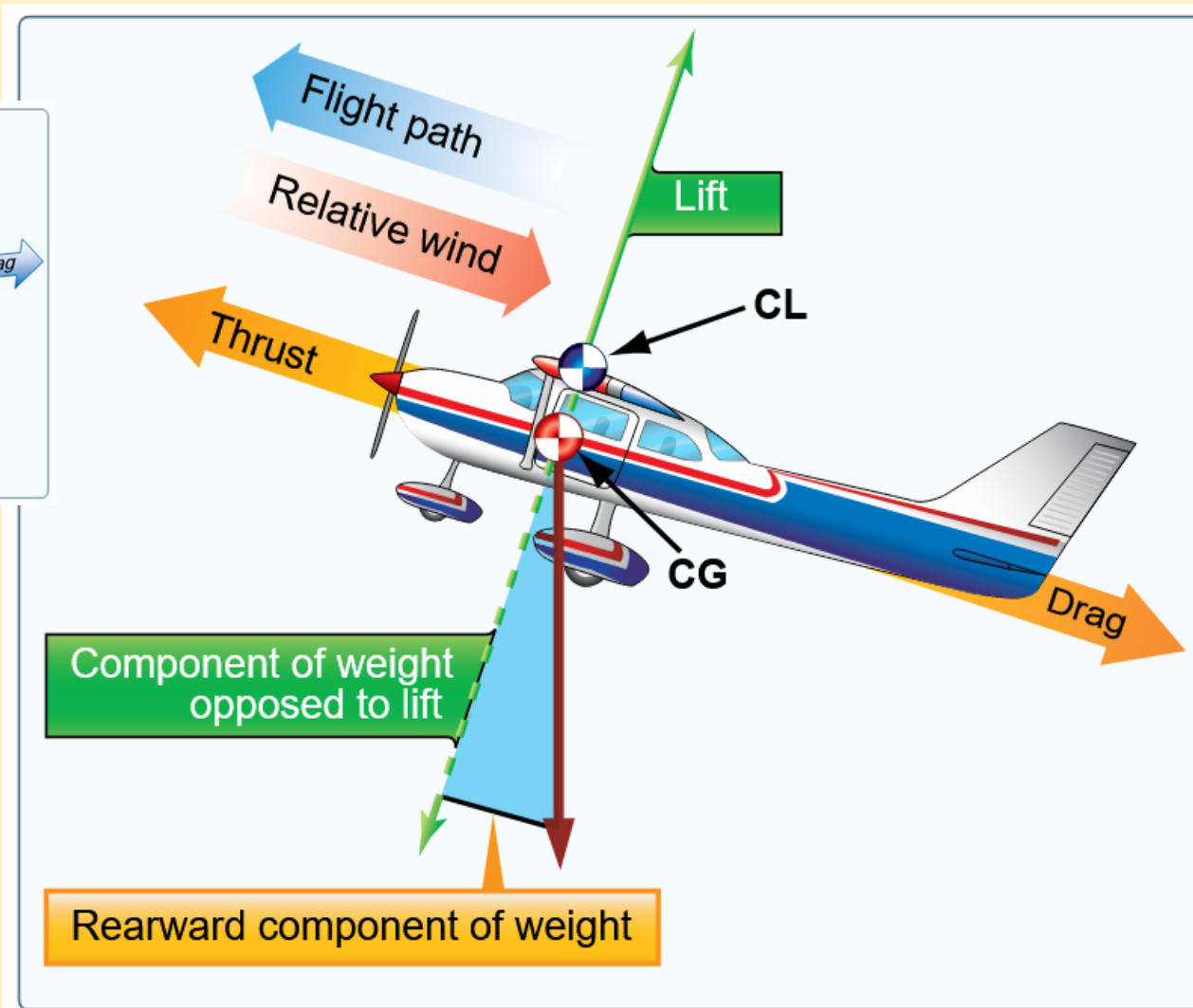
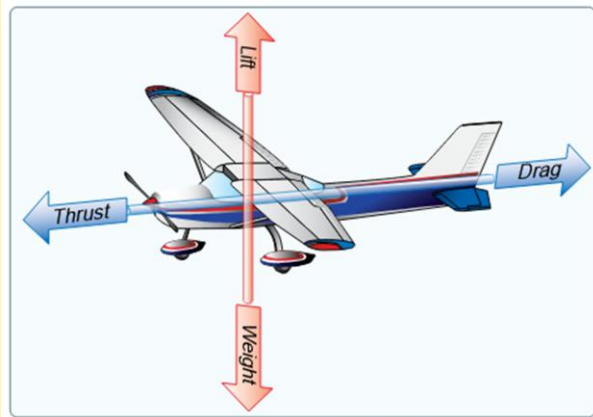
Neus omhoog naar horizontale vlucht, laat snelheid oplopen naar 80 kts

Flaps verder op met 10 graden tegelijk, corrigeer neusstand.

Laat snelheid oplopen tot kruisvlucht, trim af.

De flaps alleen met snelheden binnen het witte segment van de ASI

Kruissnelheid (1)



Drag
luchtweerstand
ondervonden door
vleugel en vliegtuig

Figure 5-2. *Force vectors during a stabilized climb.*

