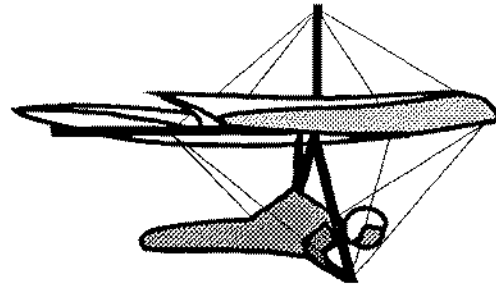


# Stabilitet



Av Rolf Björkman

Med stabilitet i flygsammanhang avses ett luftfartygs förmåga att mer eller mindre självt hålla sitt läge omkring de olika axlarna eller i de olika planen.

Synonymer till stabil är stadig och säker och till instabil ostadig och osäker. Definitionen på ett stabilt läge är allt läget vill bestå och vid rubbningar återgå till ursprungsläget. Ett instabilt läge innebär att påverkan ger en effekt av något slag som sedan utvecklas vidare bort från det ursprungliga läget.

I skolan fick jag lära mig att en blyertspenna som låg på ett bord hade ett stabilt läge. Om blyertspennan lyftes en bit i den ena änden höjdes tyngdpunkten. När man släppte pennan föll den tillbaka då tyngdpunkten strävade att föra den till det ursprungliga läget. En blyertspenna ställd på högkant hade ett instabilt läge. Minsta

I serien om aerodynamik och flyglära har tidigare "Lyftkraft" presenterats i Hypoxia nr 44, "Motstånd" i nr 48, "Prestanda" i nr 49, "Låga och höga hastigheter (stall)" i nr 50 och "Svängar" i nr 54. De riktar sig till alla hängflygpiloter. Avsikten är att så långt möjligt täcka allt inom respektive område. Kunskaper från tidigare artiklar underlättar förståelsen av denna.

Genom kunskaper om stabilitet förstår piloten vilka förutsättningar som gäller för att flygning skall vara möjlig. Kunskaperna kan vara av avgörande betydelse för flygsäkerheten när det gäller att avgöra om en hängglidare är lämplig att flygas, hur reparationer kan påverka och varför hängglidaren uppträder på visst sätt.

rörelse sänkte tyngdpunkten varför rörelsen fortsatte bort från det ursprungliga läget. Tyngdpunkten har en central roll även när vi talar om aerodynamisk stabilitet. Det handlar emellertid då inte bara om påverkan relativt tyngdpunkten utan det kan också röra sig om luftströmmars direkta påverkan på flygfarkosten.

För att förstå alla förklaringar omkring stabilitet blir man hjälp om man kan grunderna i vektorlära och kraftparallelogram samt om rörelser i bestämda plan. Om Du redan behärskar dessa grunder kan Du hoppa över den följande korta lektionen på dessa områden.

## Vektorer

En kraft som har viss styrka och riktning kan illustreras med en vektor. Man ritar helt enkelt en pil i kraftens

riktning med en längd som motsvarar kraftens storlek. Kraften utgår från källans centrum eller tyngdpunkt. Krafter som påverkar en hel yta kan således ersättas med en enda kraft från "tyngdpunkten" av krafterna. Lyftkraften t ex ritas normalt ut som en vektor som lyfter vingytan 1/3 från framkanten. Man kan rita vektorn så lång som man önskar men ett krav är att någon form av proportion finns. Om det finns flera krafter så måste de vara inbördes proportionella. Dubbelt så stor kraft skall ge dubbelt så lång vektor.

Vektorns riktning representerar de samlade krafternas riktning. Gäller det ett föremål rör sig detta i vektorns riktning om inga andra krafter än den eller de som vektorn representerar finns.

Om det finns flera krafter av varierande storlek och riktning kan de ersättas av en enda kraft kallad resultant. Likaså kan en kraft delas upp i flera delar, komposanter. Bild 1 visar olika exempel på vektorer (komposanter) av olika styrka och riktning. De kan ersättas av en resultant. Man får fram denna genom att från varje vektors spets dra en linje parallell med den andra vektorn som bilden visar. Resultanten blir då en vektor från komposanternas utgångsläge till hjälplinjernas skärningspunkt. Om det finns fler än två vektorer kan man para ihop dem två och två tills man har två komposanter (delresultanter) kvar som slutligen ger den totala resultanten.

Om utgångsläget är endast en vektor kan man dela upp denna i komposanter av valfria (med vissa begränsningar) riktningar. Parallelogrammet visar hur stora komposanterna blir. Så gör man t ex när det gäller lyftkraft och motstånd över en vinge. De totala luftkrafterna "drar vingen uppåt och snett bakåt. Denna luftkraft delas upp i två komposanter: 1. Lyftkraften som riktas uppåt vinkelrätt mot luftströmmen och 2. Motståndet som är riktad i motsatt riktning som rörelsen.

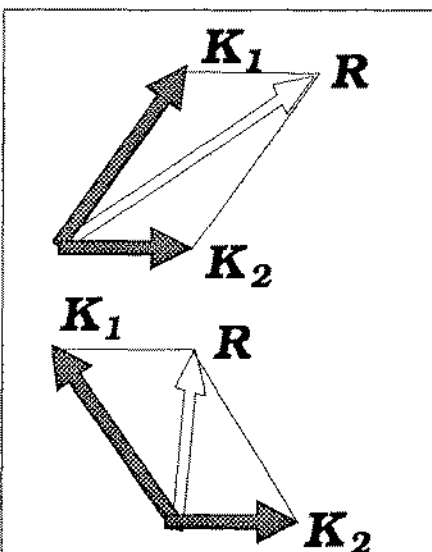


Bild 1. Två vektorer (komposanterna  $K_1$  och  $K_2$ ) ger sammantagna samma kraft och riktning som deras resultant ( $R$ ).

I just det här exemplet så finns egentligen ingen reell kraft som utgörs av lyftkraft och motstånd. den reella kraften är luftkraften. Det är emellertid värdefullt när det gäller bl a beräkningar av prestanda att veta vilken del av denna kraft som är nyttig (lyftkraften) och vilken del som är onyttig (motståndet). Detta behandlades utförligt i artiklarna om lyftkraft och motstånd.

## Axlar och plan

En hängglidare liksom flygplan förändrar sitt läge i luften genom vridning runt tre axlar (se bild 2):

Längdaxeln, benämns också rollaxeln, går i princip från nos till akter. Den följer nära kölröret Rörelser runt denna axel kallas rollrörelser.

Tväraxeln, benämns också tippaxeln, är vinkelrät mot längdaxeln och går från ving till ving. I stort följer den korsbommen. Rörelser runt den axeln kallas loopingrörelser.

Höjdaxeln, benämns också giraxeln, är vinkelrät mot de två andra.

Närmast följer den masten. Rörelser runt den kallas girrörelser.

Axlarna följer hängglidarens verkliga rörelser och har sina skärningspunkter i rörelsernas centrum. Därför är de nämnda rören bara ungefärliga lägen för axlarna.

Den rena rörelsen runt en axel sker i ett plan. Man kan tänka sig dessa plan som tre osynliga plana ytor som var och en delar hängglidaren i två delar.

## Loopingplanet

Tänk Dig en glasvägg. Hängglidaren är placerad mitt i väggen med vardera vingen utstickande rakt ut på var sida om väggen. Den ena sidan är en spegelbild av den andra. Därför kallas detta plan också för symmetriplanet. Delningen följer längdaxeln och höjdaxeln och båda sammanfaller med planet medan tväraxeln passerar planet vinkelrätt. Rörelser i loopingplanet sker genom noshöjningar eller sänkningar med rotation runt tväraxeln. En looping är en kontinuerlig vinkelförändring "uppåt" så att en hel 360-graders rörelse åstadkoms. Hela rörelsen sker i loopingplanet. Hängflygpiloten manövrerar i looping-

planet genom att flytta tyngdpunkten med kroppen framåt eller bakåt. Flygplan manövrerar i loopingplanet med hjälp av höjdroder.

## Rollplanet

Nu delar "glasväggen" hängglidaren i en främre och en bakre del. Delningen följer tväraxeln och höjdaxeln vilka sammanfaller med planet medan längdaxeln passerar planet vinkelrätt. Rörelser i rollplanet sker i form av rollrörelser eller lutningsförändringar med rotation runt längdaxeln. En rollrörelse som fortsätter ett helt varv om 360 grader kallas roll. Piloten manövrerar i rollplanet genom tyngdpunktsförskjutning (kroppsförflyttning) åt sidan. Flygplanet har skevroder..

## Girplanet

"Glasytan" delar hängglidaren i en över- och en undersida. Tväraxeln och längdaxeln sammanfaller med girplanet medan höjdaxeln passerar vinkelrätt mot planet. Rörelser i girplanet sker i form av girrörelser runt höjdaxeln. Större rörelser i girplanet eftersträvas normalt inte då de upplevs om "orena" rörelser. Med hjälp av

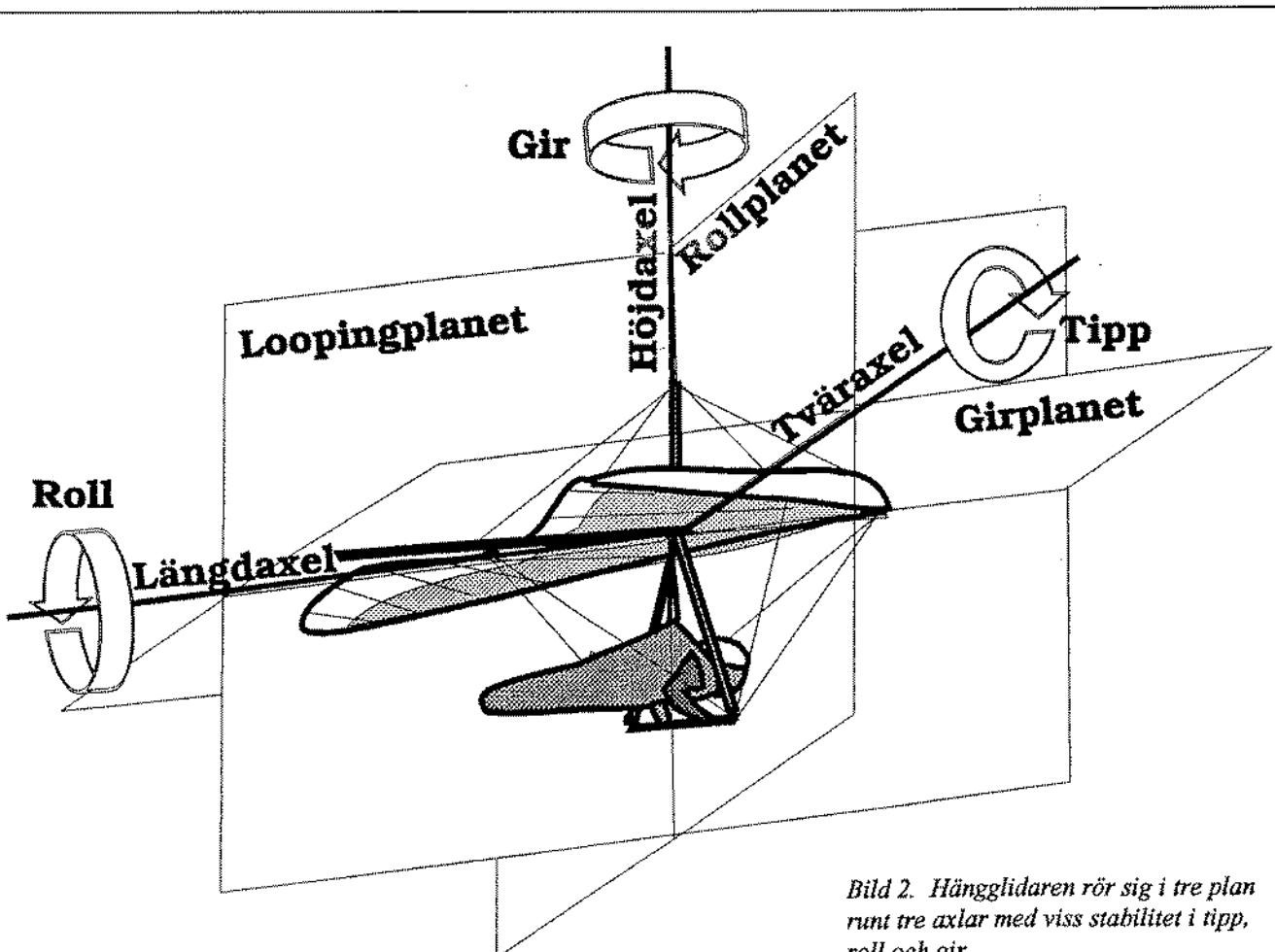


Bild 2. Hängglidaren rör sig i tre plan runt tre axlar med viss stabilitet i tipp, roll och gir.

sidrodret kan flygplan tvingas till girrörelser. Hängflygpiloten kan inte påverka hängglidaren till varaktiga girrörelser utan dessa uppkommer som följd av andra rörelser men normalt av så begränsad omfattning att piloten inte tänker på dem.

Samtliga plan är strikt knutna till hängglidaren och följer hängglidaren i dess rörelser. De är inte på något sätt kopplade till jorden och horisontplanet. Om flygplanet lutar lutar också loopingplanet och girplanet. Vid dykning eller stigning lutar girplanet och rollplanet.

## Stabilitet vid flygning

Stabilitet vid flygning handlar om att runt var och en av axlarna åstadkomma den grad av stabilitet som ger de flygegenskaper som önskas. Som följd erhålls olika grader av behaglig eller obehaglig flygkänsla eller som i dagligt tal uttrycks med det engelska ordet "handling". Hur känns hängglidaren? Hur harmonisk är den att flyga? Hur snabb eller trög känns den? Stabiliteten kan inte konstrueras att ge vissa egenskaper runt enbart en axel. Samspelet av egenskaperna i de olika planen är viktig. Att en hängglidare reagerar mycket snabbt och lätt i ett plan behöver inte betyda att den är mindre stabil i detta plan. Manövrerbarhet kan åstadkommas

1. Genom variation av den **statiska stabiliteten** som är ett samspel av påverkande krafter i ett statistiskt läge

2. Genom **dynamisk stabilitet** som åstadkoms genom dynamisk dämpning.

Den statiska dämpningen sker utan översvängning medan den dynamiska ger översvängning i någon form.

## Stabilitet i girplanet

Stabilitet i girplanet benämns normalt som kursstabilitet. Denna stabilitet är lättast att förklara och förstå.

### Vindflöjelverkan

Hängglidaren liksom flygplan fungerar i detta avseende som en vindflöjel. Principen för en sådan är att det bakom upphängningspunkten skall vara större ytor än framför. Därmed blir vindtrycket större mot den större ytan och den svänger undan för vinden. Se bild 3.

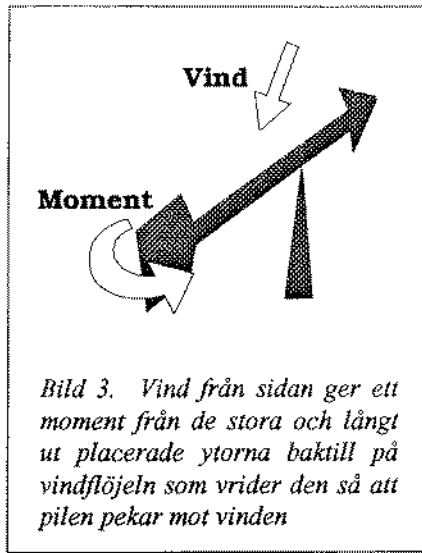


Bild 3. Vind från sidan ger ett moment från de stora och långt ut placerade ytorna baktill på vindflöjeln som vrider den så att pilen pekar mot vinden

Det är emellertid inte bara ytan i sig utan också ytans placering i förhållande till upphängningspunkten som är avgörande för hur lätt flöjeln svänger. Här gäller samma princip som för gungbrädan, dvs tyngd multiplicerat med hävarm ger momentet. Stora ytor nära upphängningen på den ena sidan kan kompenseras av små ytor långt ut på den andra sidan.

Hela flöjeln har genom sin utformning ett motståndscentrum som tryckmässigt motsvarar en tyngdpunkt. Ju längre bakom upphängningen detta motståndscentrum inträffar ju effektivare blir flöjeln. Om motståndscentrum skulle hamna vid upphängningspunkten skulle flöjeln svänga utan att visa någon riktning alls. Skulle det hamna framför skulle flöjeln vända och istället visa vartåt vinden blåser.

Se bild 4.

Tyngdpunkten hos en hängglidare ligger relativt nära mitten av dess längd. Denna kan jämföras med vindflöjels upphängningspunkt. De samlade ytorna är emellertid större bakom tyngdpunkten än framför. Bakåt tenderar ytorna att bli större ju längre man kommer, i vart fall till en viss gräns. Framåt avtar ytorna

hela tiden för att vid hängglidarens nos närma sig 0.

Äldre hängglidare med utpräglad triangelform var stabilare i girplanet än modernare. Genom att senare utformning gått mot insvängt mittparti av vingen baktill och större nosvinkel kommer motståndscentrum att närma sig tyngdpunkten. Fabrikanten har ibland hamnat med för litet avstånd och måste då ta till konstlade medel för att åstadkomma tillräckligt god kursstabilitet. Vi har sett några hängglidare med fena baktill. En kölficka kan också fungera som en fena.

### Pilform ger ökad kursstabilitet

Vid pilform ger en snedanblåsning både ökad lyftkraft och ökat motstånd på den vinge som rör sig mera framåt. Därvid återgår hängglidaren till ursprunglig kurs. Detta beror på att denna vinge visar en större längd mot luftströmmen och får en effektivare strömning över profilen. Se bild 5.

### Anfallsvinkelns betydelse

Vid ökad anfallsvinkel minskar kursstabiliteten. Detta beror på att lyftkraftscentrum flyttar sig framåt allt eftersom farthen minskar och anfallsvinkeln ökar. Vingens naturliga flöjelverkan minskar då. Nära eller i stall kan okontrollerbar gir därför inträffa. Detta var ett stort problem under hängflygets barndom, men även med moderna hängglidare kan girtendenser uppträda

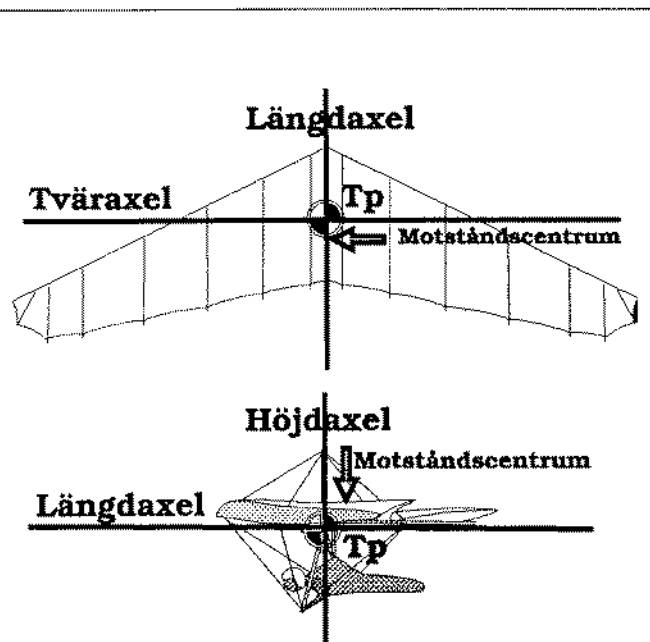
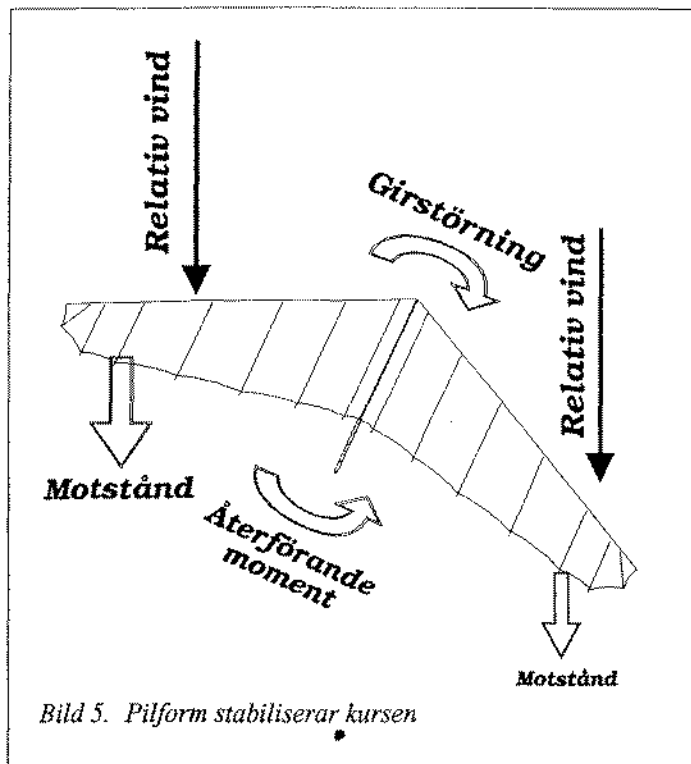


Bild 4. Hängglidaren fungerar också som en vindflöjel där motståndscentrum ligger bakom tyngdpunkten



vid mycket låga farter. Problemet har orsakat många allvarliga olyckor strax efter start och kostat åtskilliga vingrör och bygelben vid landningar.

### Höga hastigheter kan påverka

Vid höga farter har vissa hängglidare en tendens att svänga fram och tillbaka i girplanet. Vi brukar använda uttrycket yawa (uttalas jåa) efter det engelska ordet yaw som betyder gir. Orsaken är att vingen är torderad vilket ger lägre anfallsvinkel vid vingspetsarna än vid vingens inre del. När hastigheten ökar minskar anfallsvinkeln och blir vid spetsarna vid högre hastigheter mycket liten. Följden blir en mycket liten lyftkraft och därmed litet motstånd på vingspetsarna. Eftersom dessa ligger bakom tyngdpunkten minskar vindflöjeleffekten.

### Stabilitet i rollplanet

Stabilitet omkring längdaxeln dvs i rollplanet benämns rollstabilitet.

### Låg tyngdpunkt

En hängglidare som utan pilot är indifferent dvs vare sig är stabil eller instabil blir teoretiskt stabilare under flygning. Detta beror på att piloten sänker tyngdpunkten. Varje lutningsförändring höjer tyngdpunkten vilket vill återföra hängglidaren till det ursprungliga läget. Flygplan med högt placerade vingar är därför stabilare än dem med lågt placerade. Dock skall man komma ihåg att förbindelsen

mellan hängglidare och pilot inte är stel. Pilotens rörelser i sidled kan ge motsatt effekt.

### V-form

Det normala sättet att reglera stabiliteten när flygfarkoster med vingar konstrueras är att variera vingens V-form. Se bild 6. När vingen genom störning har fått en lutning startar en vingglidning åt den lägre sidan. Luftströmmen träffar den nedåtgående vingen

med större anfallsvinkel vilket ökar lyftkraften på den vingen och hängglidaren återförs till ursprungligt läge.

Med stor V-form erhålls en trögmanövrerad vinge som blir svår att få att gå in i sväng. Stor V-form ger också orolig kurshållning.

Om man önskar att hängglidaren själv skall hålla kursen när piloten slutar manövrera skall den vara rollstabil. Detta vore bra t ex om piloten ofrivilligt hamnade i moln. För att ge goda flygegenskaper i övrigt och snabb rollrespons när piloten vill påbörja sväng måste emellertid rollstabiliteten eftersättas. I praktiken är de flesta hängglidare indifferent i rollplanet. Det innebär att de vare sig ökar eller minskar effekten av en störning utan behåller det läge som erhålls efter en förändring. Pilotens "fria" upphängning gör hela resonemanget komplicerat att redovisa. Läs mer om detta i artikeln svängar.

### Pilform

Pilform ger för rollstabilitet olika effekter. En gir vare sig den är

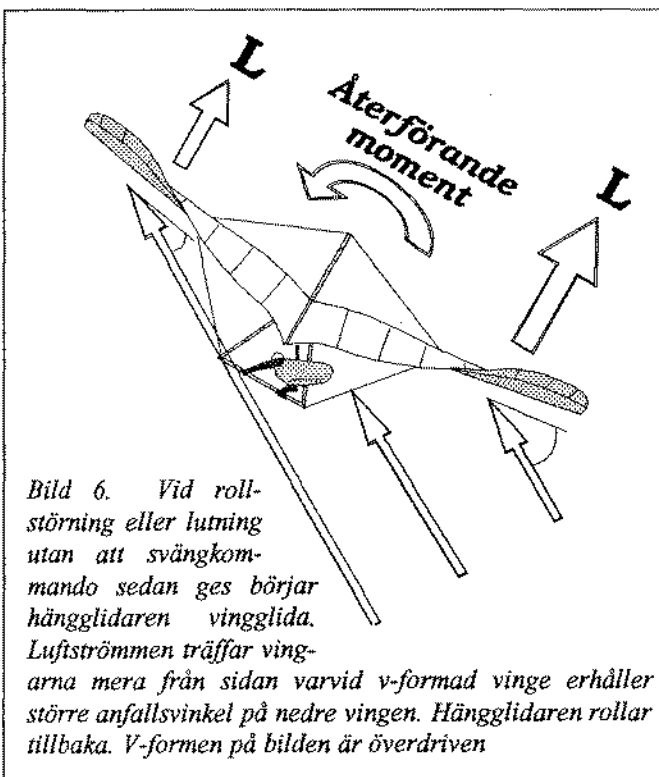
frivilligt eller ofrivilligt framkallad ger en roll åt samma håll. Det beror på att den framåtgående vingen träffar luften mera vinkelrätt som vi förklarade nyss beträffande girstabilitet (bild 5). Därmed erhålls större lyftkraft på denna vingen som ger roll åt samma håll som giren hade. Den högre lyftkraften på den framåtgående vingen ger också större motstånd varvid giren stoppas liksom rollrörelsen. Den uppkomna lutningen ger en vingglidning som följd varvid luften nu träffar den nedre vingen mera vinkelrätt och ökar dess lyftkraft. Hängglidaren rollar åter upp. Man kan säga att pilform orsakar rollrörelser men dämpar också ut dem.

### Duch-roll

Vissa luftfarkoster kan komma i oftast långsamma svängningar: Gir och roll åt ett håll ger moteffekter som nyss förklarats dvs roll och gir åt andra hållet. Effekten uppstår om det är fel balans mellan gir- och rollstabiliseringen. Den kallas "Dutch-roll svängning" efter det rörelsemönster som holländare har vid skridskoåkning på frusna kanaler där isen ligger högre på sidorna. Fenomenet kan inträffa för flygfarkoster med stor pilform och stor rollstabilitet i förhållande till girstabilitet. För den moderna hängglidaren är detta således inget problem.

### Tordering och "flexning"

Vingens tordering ger rollstabilitet i mycket låga hastigheter och i stall.



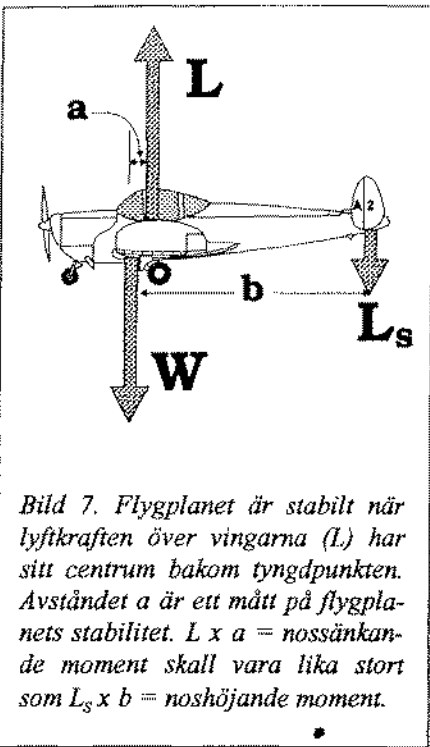


Bild 7. Flygplanet är stabilt när lyftkraften över vingarna ( $L$ ) har sitt centrum bakom tyngdpunkten. Avståndet  $a$  är ett mått på flygplanets stabilitet.  $L \times a =$  nossänkande moment skall vara lika stort som  $L_s \times b =$  noshöjande moment.

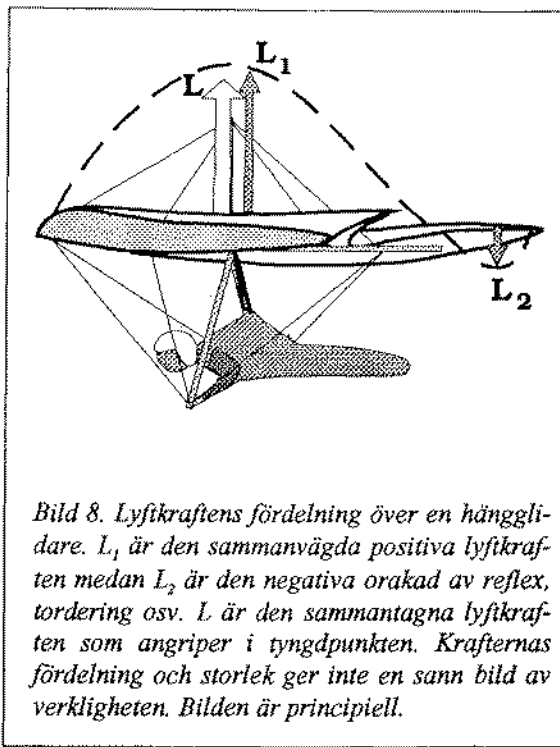


Bild 8. Lyftkraftens fördelning över en hängglidare.  $L_1$  är den sammanvägda positiva lyftkraften medan  $L_2$  är den negativa orakad av reflex, tordering osv.  $L$  är den sammantagna lyftkraften som angriper i tyngdpunkten. Krafternas fördelning och storlek ger inte en sann bild av verkligheten. Bilden är principiell.

stjärtstyrverk så måste ju vingens totala moment liksom flygplanet vara noll. Lyftkraftscentrum måste således sammanfalla med tyngdpunkten vilket ju skulle ge oss gränsen till instabilitet enligt tidigare resonemang. Man måste emellertid betrakta hängglidarens vingar men samma förutsättningar som hela flygplanet bärande ytor (bild 8). En störning i form av anfallsvinkelförändring skall ge sådan lyftkraftsfördelning att ett motriktat nosmoment erhålls. Lyftkraftscentrum skall således flyttas bakåt vid noshöjande störningar och framåt vid nossänkande. Förändringen är momentan och varar bara tills dess att hängglidaren åter intagit ursprungligt nosläge.

Detta behandlas utförligare under avsnittet tippstabilitet.

Tordering tillsammans med rörlighet i seglet (flexning) som ger variationer av anfallsvinkeln påverkar hängglidarens rollvillighet. Detta behandlades utförligt i artikeln om svängar.

### Tippstabilitet

Stabilitet omkring tvärxeln i loopingplanet benämns tippstabilitet men även uttrycket längdstabilitet används.

Tippstabiliteten är viktigast för hängflygpiloten att förstå. Det är den stabilitet som mest kan påverkas och också den som lättast kan överskridas.

### Relation lyftkraft - tyngdpunkt

Den statiska tippstabiliteten är beroende av samspelet mellan tyngd- och lyftkraft. Lättast förstår man grunderna om man använder ett vanligt flygplan med stjärtstyrverk som modell till förklaringen. Se bild 7.

För att ett flygplan skall vara stabilt måste lyftkraftscentrum på vingarna ligga bakom flygplanets tyngdpunkt. Den kraft som lyftkraften utvecklar multiplicerat med hävarmen dvs avståndet mellan tyngdpunkt och lyftkraftscentrum ger ett nossänkande moment. Genom en relativt liten negativ lyftkraft över stabilisator och höjdroder kan tack vare det avsevärt större avståndet till tyngdpunkten ett lika stort noshöjande moment erhållas.

Med hjälp av det senare momentet balanserar piloten flygplanet i loopingplanet.

En ofrivillig störning t ex ett kyt som ger en lyftkraftsförändring dämpas ut. Antag att flygplanet möter en uppåtgående luftström. Den momentana större relativa anfallsvinkeln ger en ökning av lyftkraften vilket ger ett nossänkande moment som i sin tur ger lägre anfallsvinkel som ger minskad lyftkraft osv. Om lyftkraftscentrum istället hade legat framför tyngdpunkten hade det motsatta inträffat och flygplanet hade varit instabilt.

Avståndet mellan tyngdpunkt och lyftkraftscentrum avgör hur stabilt ett flygplan är. Om lyftkraftscentrum flyttar framåt genom konstruktion eller genom dynamiska krafter under flygning blir flygplanet mera instabilt. Motsvarande effekt nås om tyngdpunkten flyttas bakåt genom konstruktion eller genom baktung last.

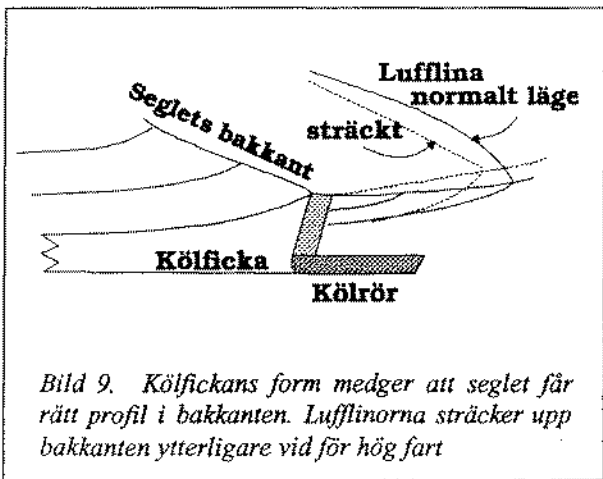
### Flygande vinge - hängglidare

Även en flygande vinge kan vara stabil och nu är vi framme vid hängglidaren. En förutsättning är att den är pilformad. Vi har ju redan konstaterat att pilformen i sig kan vara både gir- och rollstabiliserande.

Om man ser hängglidaren strikt som en vinge som saknar stabiliserande

En metod, inledningsvis den enda som särskilt användes på äldre hängglidare med större utfyllnad mellan vingpetsarna eller kanske till och med utsvängd stjärt var att böja upp det bakre partiet något. Detta löstes inledningsvis genom uppåtböjt kölrör men när kölfickan kom kunde den formos så att seglets bakkant fick rätt form. Se bild 9. Metoden gör att lyftkraften vid lägre anfallsvinklar (högre hastigheter) förstörs längre bak varvid lyftkraften över vingprofilen flyttar framåt och ger noshöjande moment. Se bild 10. Det omvända händer vid större anfallsvinklar (lägre hastigheter). Att böja upp seglets bakkant kallas positiv reflex eller bara reflex. Tillverkarna använder fortfarande den metoden om än i avsevärt mindre uttalad och synlig grad.

Ett sätt att erhålla stabiliserande verkan vid höga hastigheter är lufflinor som går från mastens topp till seglets



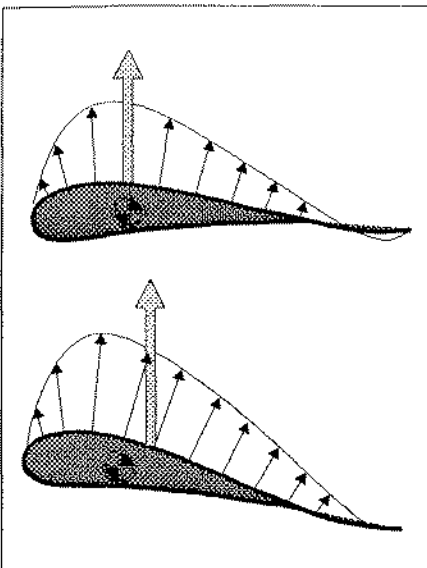


Bild 10. Vingprofil med uppsvängd bakkant. Vid låga anfallsvinklar förstörs lyftkraft baktill (övre bilden). Vid störning i form av nosupp ökar lyftkraften mer baktill varför hela lyftkraftskomponenten flyttar bakåt (undre bilden) och återför vingen till den lägre anfallsvinkeln. En normal vingprofil har motsatt effekt då lyftkraftscentrum flyttar framåt vid noshöjning.

bakkant. (bild 9) Oftast har man två linor på varje sida som i huvudsak påverkar den inre halvan av vingen (bild 11). Dessa linor sträcks när anfallsvinkeln blir så liten att seglet tenderar att sjunka ihop och håller då upp bakkanten så att den reflex som beskrivs ovan bibehålls och förstärks. Med stabiliserande åtgärd avses i detta fallet att hängglidaren påverkas att gå ur ett olämpligt och kanske farligt flygläge där eventuellt piloten inte längre har kontroll. Lufflinor finns även på moderna hängglidare. Läs mer om detta i artikeln prestanda.

**Tordering**

Tipstabiliteten hos moderna hängglidare löses genom tordering av vingarna. Se bild 11. Vid anfallsvinkeländring skall lyftkraften snabbare ändras vid vingspetsarna än över vingens inre parti. Spetsarna ligger bakom tyngdpunkten. Vid t ex fartökning och anfallsvinkelminskning förlorar vingspetsarna snabbare lyftkraft.

Om hastigheten tillåts bli mycket hög kan vingspetsarna få för stor lyftkraft p g a vingens förmåga att flexa. Vingspetsarnas ostadgade bakkant gör

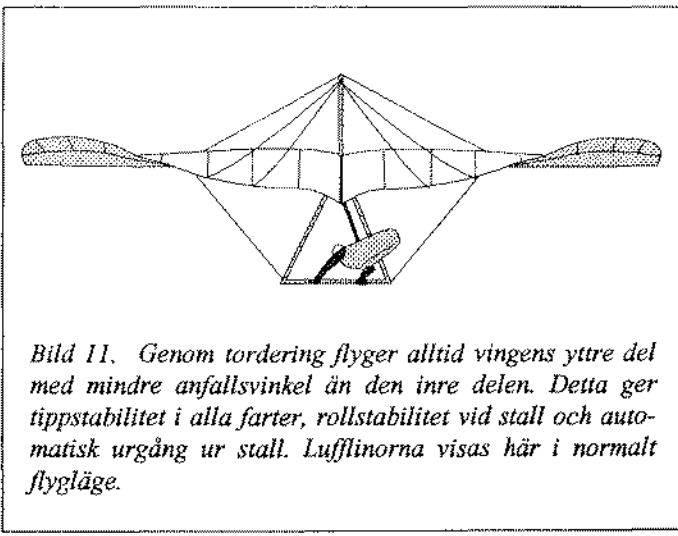


Bild 11. Genom tordering flyger alltid vingens yttre del med mindre anfallsvinkel än den inre delen. Detta ger tippstabilitet i alla farter, rollstabilitet vid stall och automatisk urgång ur stall. Lufflinorna visas här i normalt flygläge.

att vingprofilen följer med luftströmmen varvid torderingen vid ökande fart minskar eller försvinner med instabilitet som följd. Därför förses hängglidaren med någon form av mekanisk eller möjligen aerodynamisk hjälp som hindrar torderingen att försvinna. Den vanligaste metoden är att förse vingspetsarna med torderingspinnar som hindrar vingens bakkant vid spetsarna att minska torderingen för mycket. Läs mer om detta i artikeln om prestanda.

En negativ följd av torderingen är viss instabilitet i girplanet vid höga hastigheter. Detta redovisades under avsnittet "Stabilitet i girplanet".

**Stabilitet vid stall**

Tordering av vingen har en annan mycket positiv och stabiliserande effekt. Eftersom vingens inre parti närmast kölröret flyger med större anfallsvinkel kommer den att hamna i stall före vingspetsarna. Vid stall minskar lyftkraften. Lyftkraft försvinner således först över vingens centrala del som till stor del ligger framför tyngdpunkten medan vingspetsarna fortfarande flyger med god lyftkraft. Tack vare torderingen vill hängglidaren således själv doppa nosen och samla ny fart vid stall vilket ju är rätt metod att gå ur stall. Detta behandlades ingående i artikeln om stall.

Att vingspetsarna flyger med god lyftkraft när hängglidaren närmar sig stall gör att den till viss del fortfarande kan kontrolleras i roll. Tordering har således även en stabiliserande verkan i rollplanet vid stall. Äldre hängglidare utan tillräcklig tordering hade en tendens att doppa en vinge och hamna i spinnliknande rörelse vid stall eftersom den ena vingen alltid stallar

lite före den andra.

**Trimning**

Normalt kan moderna hängglidare trimmas i begränsad omfattning. Delar av detta område har behandlats i artikeln prestanda. VB (variabel Billow) behandlas därför inte här.

**Tyngdpunktsvariation**

I den mån upphängningspunkten kan varieras bör man observera att hängglidaren blir mer stabil om upphängningen flyttas framåt. Hängglidaren flyger då med högre trimfart d v s den hastighet som den själv vill inta om piloten släpper styrbygeln. Fabrikanten ser normalt till att hängglidaren har en normal trimfart som ligger mellan farterna för minsta sjunk och bästa glidtal.

Lastning på piloten på olika sätt påverkar i sig inte stabiliteten eftersom hela pilotens vikt tas upp i upphängningspunkten. Om vi antar att en pilot skulle ha extremt tunga skor skulle han i praktiken hamna lite längre fram i bygeln när han ligger ner. Detta skulle möjligen skapa en del problem och nya känslintryck. Tyngdpunktens placering för hela ekipaget är dock oförändrad i längdriktning Och därmed är tippstabiliteten oförändrad. Samma vikt i kölrörets bakre del t ex kamera kan dock påverka stabiliteten. Här skall man minnas momentet som är vikten multiplicerad med armen (avståndet från tyngdpunkten till lasten).

Lastning på en vinge, t ex kamera som tar sidbilder ger roll och girstörning mot den lastade vingens sida. Två anledning finns. Tyngden i sig vill sänka vingen. Det ökade motståndet på den vingen ger gir och som följd roll mot lastens sida. Last måste fördelas i sida symmetriskt till placering, vikt, form och yta.

**Gör inte fel!**

Förhållanden som kan påverka stabiliteten i hög grad är felmonteringar och felaktiga reparationer. Om utbytta vajrar inte är exakt av samma längd som de tidigare kan helt nya



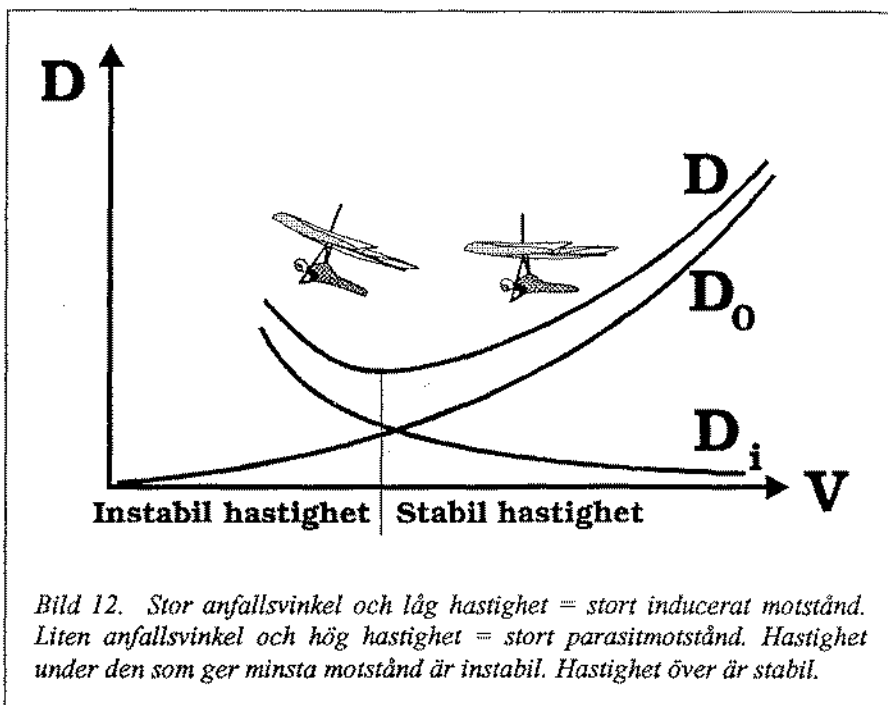
flygegenskaper inträffa. Samma sak gäller om t ex utbytta bygelben har annan längd.

Lufflinor som är för korta ger motsatt effekt mot avsedd och för långa ger inte den säkerhet i hög fart som de är avsedda för. Det är lätt hänt att en lufflina lägger sig om t ex en lattas ände. Det påverkar då inte bara tippstabiliteten utan också rollstabiliteten. Hängglidaren kan bli farlig att flyga. Felaktiga och osymmetriska torderingspinnar kan ge oönskade flygegenskaper i höga hastigheter.

Varje form- eller storleksförändring av segel eller rör påverkar hängglidarens stabilitet. Se till att bygelben är av rätt längd. Vingrören måste vara helt oskadade.

Lattor är känsliga. Felaktigt böjda lattor påverkar flygegenskaperna. Ett tips är att rita av lattorna så att de kan böjas tillbaka till exakt ursprunglig form. Om detta görs på insidan av fodralet till hängglidaren har man formmallen med sig och kan kontrollera om en onormal händelse påverkat någon latta.

Om hängglidaren alltid har en tendens att rolla åt samma håll, särskilt i låg fart och om den alltid girar åt samma hålla vid landning när fullt frångskjut sker kan förändring av lattornas böjning hjälpa upp situationen. Sådan trimning skall göras först då hängglidaren kontrollerats noga vad avser lattornas form, eventuella böjda vingrör osv. Själva trimningen är sedan inget för nybörjare. Sättet att trimma kan variera mellan olika hängglidare. Förändringar i lattornas böjning skall aldrig göras mer än 0,5 cm mellan varje provflygning och då bara en latta



var gång. Risken att göra fel är så stor att ytterligare instruktion inte ges här.

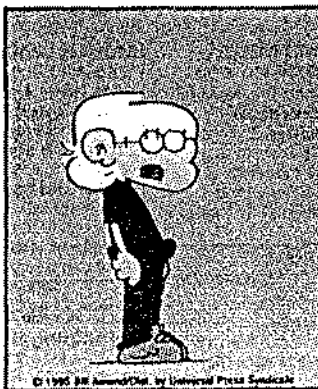
## Fartstabilitet

Ett speciellt område bär det gäller stabilitet är fartstabilitet. Visserligen kan man med fog påstå att en tippstabil hängglidare är fartstabil men det är inte det som avses.

Med fartstabilitet avses relationen mellan motstånd och hastighet och den följd på hastigheten detta får. Grunderna till detta är mycket ingående redovisade i artikeln om motstånd. Grovt beskrivet förhåller det sig så att parasitmotståndet ökar med ökande hastighet och det inducerade motståndet ökar med ökande anfallsvinkel eller i praktiken minskande hastighet. Vid låga

hastigheter är det således det inducerade motståndet som är det stora medan parasitmotståndet dominerar vid högre hastigheter. Totalmotståndet formar en u-liknande kurva i ett motståndshastighetsdiagram. Se bild 12.

Vid låga hastigheter ökar motståndet med minskande hastighet eftersom det inducerade motståndet är det dominerande. Varje hastighetsförändring kommer i det fartområdet att medföra att förändringen förstärks. Hastigheten är instabil. Vid högre hastigheter kommer störningar som medför ändring av farten att medföra ändring av motståndet som i sin tur återför hängglidaren till ursprunglig fart. Här är det parasitmotståndet som dominerar och vi har stabil hastighet.



## Två nya hängflygklubbar

Vi har fått två nya hängflygklubbar. Det är mycket positivt. Du finner adresser på sidan två. Klubbarna är bildade i

områden där vi nu saknar särskilda hängflygklubbar. Båda är integrerade med skärmflyg eller annat flyg.

Vi hälsar Linköpings Häng- & Skärmflygklubb samt Hornlanda Flygklubb, Vimmerby välkomna till SHF.