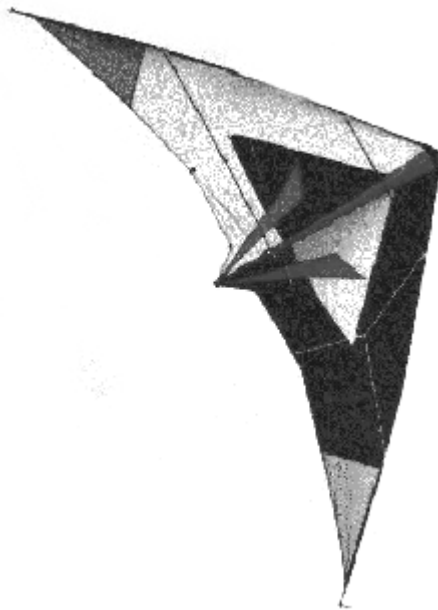


Draken

iteorinochpraktiken



LarsEnglundNIII ^{3c}
Vasaskolan 1997-1998
Handledare:GunnarKarlsson

Sammanfattning

Arbetet undersöker drakens aerodynamiska egenskaper och presenterar formel för beräkning på området. Det ger även en kort historisk tillbakablick och tittar på utvecklingen till de drakar vi har idag. Tillämpningarna för draken både för och för nytt användande - och nöjestegetas upp.
Draken lyftkraft kan delas in i två delar, traditionell lyftkraft och impuls kraft.
Den förstnämnda beräknas med ekvationen:

$$L = C_L \cdot \rho \cdot v^2 \cdot 0.5 \cdot A$$

medandens impuls kraften består i energiöverföring från luften som kolliderar med draken. Lyftkraften är främst av den traditionella typen vid höga vindhastigheter. Anfallsvinkeln, vinkeln mellan luftströmmen och drakens horisontalplan, avgör flygförmågan, näst efter förhållandet mellan motstånd och lyftkraften vilket ger effektivitetsnivån draken håller.

Historiken är många år gammal med en koncentrerad utveckling under 1800-talet kring experimentella tillämpningar. Drag och lyftkraft är de främsta egenskaperna som utnyttjas av draken, men även för att framdriva avdramsammansomfallskärmar och vingar. Draken kantas för legat och modernivå antidmuskampen som förkastar potentialer och nafarkostinnehär.

Innehållsförteckning

Innehåll	Sid
Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
Inledning.....	4
Historikochtillämpningar.....	5
Krafter.....	6
Lyftkraft.....	6
Konstruktioner.....	8
Slutsatser/Diskussion.....	10
Källförteckning.....	11

Historikochtillämpningar

Faständrakens ursprung ärganska oklarså brukar man anse att den först uppfanns i Kina, långt innan de första skriftliga dokumentationerna av den återfinns. Med tanke på att siden och bambu var produkter som togs i bruk ca 2500 år f.Kr. i Kina så är det troligt att drakarflögs där väldigt tidigt, då människan har enastående förmåga att utnyttja de resurser som står till hands.

Seglet utvecklades före draken, vilket motiverar att det är troligt att den första draken byggdes med detta som idé och förebild.

Kina har en rik historia på berättelser om drakar, om hur de användes vid krig för att skrämma fienden och till religiösa ceremonier. Det var ju så den betraktades i sitt tidiga skede, som magisk och övernaturlig. Förmågan att kunna flyga var ju något som anade astrologer och stjärnkonstnärer som var vana vid.

Från det att idén såg ut att utvecklingens gång skulle sakta fram till 1500-talet då

draken blev grund till en mycket detaljerad studie av aerodynamikens grundläggande begrepp, "The Dream of Flight". Boken, som var ett livsverk av en man vid namn Clive Hart, blev spjutspetsen för den senaste utvecklingen av

draken. 1800-talet var drakens glanstid inom forskningen. Den hade kommit att vinna stor popularitet i hela Europa där den tjänade både som lek sak och verktyg.

Den var dock faktiskt redan 1749 som den första forskningen med drake finns dokumenterad. Det var ett meteorologiskt experiment som gick ut på att mäta variationen i temperatur på olika höjder genom att låta en termometer följa med en drake upp. Andra experiment som utfördes vid samma tidpunkt var försök att fånga upp blixtnar med drakar, vilket var framgångsrikt men givetvis livsfarligt.

Det var kanske främst meteorologin som utvecklades och drog nytta av draken till en början men med tiden ökades dess användningsområde. Den användes till att driva vagnar och båtar, till att lyfta saker och människor. Krig blev också ett framryck för draken. I Tyskland använde man drakar till att lyfta människor över fiendens territorium för spionage. Man lät även drakar driva torpeder till havs. Man har även använt drakar som mål vid luftvärnets skjutövningar.

Ett av de största bidragen till den moderna draken var Francis Rogallo som arbetade med att utveckla en flexibel drake som blev föregångaren till våra hängglidare.

Han utvecklade även en serie fallskärmsdrakar som var väldigt precisa i flykt och landning, vilka användes för säker landning av rymdkapslar.

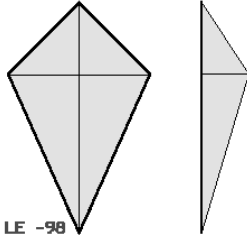
Utvecklingen av fallskärmen och även vissa månflygplan har mycket att tacka draken. Draken, människans bästa vän.



Föregångaren till Rogallo hängglidare

Krafter

För att kunna förstå sig på endrakesomflyger, varför den flygerså måstema nage sig ikast med diverse aerodynamiska begrepp och teorier. Detta avsnitt har som syfte att göra just detta till ett försök att redovisa drakens aerodynamiska egenskaper. Lagar och begrepp som jag använder här stammar i stor utsträckning från forskning utförd kring flygplan och dess vingar. I de flesta avseenden kan dock endraken betraktas som en flygplansvinge, dvs det som gäller för vingen gäller även för draken.



Jag kommer att använda den traditionella kryssdraken till högre som exempel i nästa förklaring och illustrationer för att det är den enklaste formen av drake. Alla egenskaper för kryssdraken har återfinns hos alla andra drakar om man någonting komplicerat form med textflerytor som dock var och en fungerar som en drake.

Tre huvudsakliga krafter verkar på endrakesomflyger; lyftkraft, tyngdkraft och dragkraft. Alla dessa krafter brukar samlas i kraftcentrum för att underlätta beräkningar och lyftkraften är den punkt där lufttrycket mot draken är koncentrerat, tyngdkraftscentrum är som framgåvar namnetsamlingspunkten för tyngdkraften som verkar på draken och slutligen dragkraftscentrum är punkten för alla motståndskrafter utsätts för. Normalt sett så ligger vart och ett av dessa krafter i samma punkt för att få en maximalt stabil, välbalanserad drake bör man försöka få dessa krafter i samma punkt på draken. Detta lyckas man dock oftast aldrig med. De vridmoment som uppstår på gäcket sammanfallande kraftcentrum är dock försumbara i drakens sammanhang när det gäller flygplansomhanterar avsevärt större krafter så måstema jobbamer för att kompensera dessa genomskärnings stabilisatorer som alltid motriktat vridmoment.

Lyftkraft

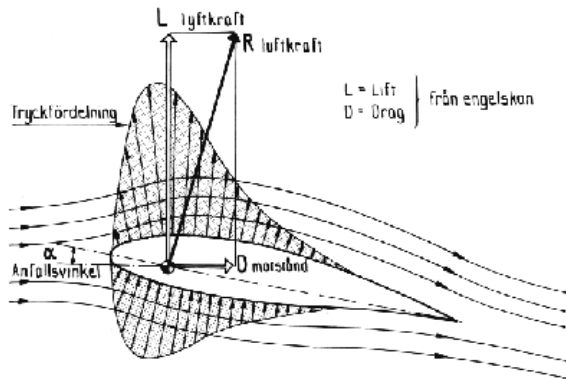
När endraken flyger påverkas den av två olika lyftkrafter. Den ena är den så kallade Bernoullieffekten vilken är den klassiska lyftkraften som i stort sett är densamma för draken som för flygplan. Den andra krafter är en något mer handgriplig, bestående av luftens kollision med drakens yta. Bernoullieffekten grundar sig faktiskt i en av hydrodynamikens grundlagarsom togs fram på 1700-talet av schweizaren Daniel Bernoulli. Enligt Bernoullis lag så är det totala trycket i varje punkt i en inkompressibel vätska konstant och likamed det statiska trycket plus det dynamiska trycket dvs:

$$p_{\text{stat}} + p_{\text{dyn}} = p_{\text{tot}} = k$$

För att man skall kunna dra någon nytta av denna formel i aerodynamiska sammanhang måste således luften betraktas som en inkompressibel gas, dvs den kan inte komprimeras, tryckas ihop.

Detta går faktiskt alldeles utmärkt vid låga vindhastigheter som endraker rör sig i. Man kan då konstatera att en strömmande inkompressibel gas knappast skiljer sig från en vätska med samma egenskaper. Därför kan man använda hydraulikens lagar i stor utsträckning för aerodynamiska problem.

Tillbakatill Bernoullis lag. En minskning av strömningens hastighet över en yta leder till en minskning av det dynamiska trycket och eftersom totaltrycket skall vara konstant enligt Bernoullis så måste en ökning av det statiska trycket på ytan inträffa och vice versa.



När en drake utsätts för en luftström vid en specifik anfallsvinkel (fig 2) kommer den att dela strömmen på ett sådant sätt att den luften som strömmar över drakentvingas färdas en längre sträcka än den på undersidan. Därför får luften på ovansidan en högre fart för att kompensera detta. Den ökade strömningens hastighet leder till ett ökat dynamiskt tryck och därmed ett

Fig 2

minskat statiskt tryck på drakens översida. Det statiska trycket under draken blir således större än det över vilket resulterar i en nett uppåt - bakåtriktad kraft kallad luftkraften. Luftkraften kan delas upp i krafter, komponenter; lyftkraften och motståndskraften (fig 2). Man kan därav konstatera att så fort en lyftkraft upp kommer så är strömsäven ett motstånd. Lyftkraften är vinkelrät mot luftströmmen medan motståndskraften är parallell. Lyftkraften (L) beror av tre faktorer; lyftkraftskoefficienten (C_L), det dynamiska trycket (p_{dyn}) och arean (A) av draken enligt följande:

$$L = C_L \cdot p_{dyn} \cdot A$$

Lyftkraftskoefficienten är beroende av drakens profilform och dess anfallsvinkel. Det dynamiska trycket, p_{dyn} , som verkar är beroende av luftströmmens hastighet (v) innan den når draken (då hastigheten ändras), och luftens densitet (ρ) enligt följande:

$$p_{dyn} = \rho \cdot v^2 / 2$$

Den slutgiltiga ekvationen för lyftkraften blir därav

$$L = C_L \cdot \rho \cdot v^2 \cdot 0.5 \cdot A$$

Som synes av formeln så är strömningens hastighet en av de största betydelsefulla faktorerna för lyftkraften då den står i kvadrat, dvs en dubbling av densiteten ger en fyrdubbling av

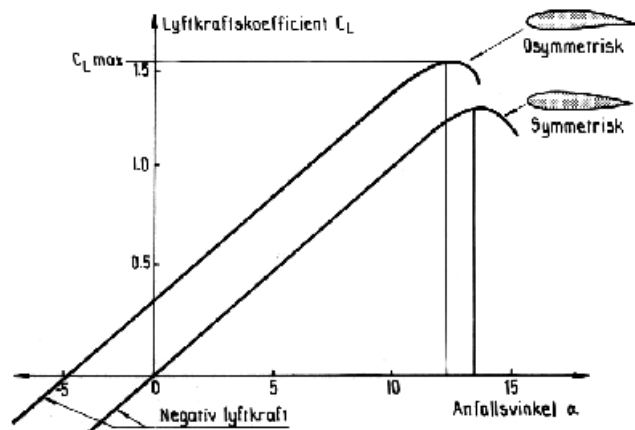


Fig 3

fallliknas vid den symmetriska vingens medan övriga kan räknas till den

lyftkraften. Lyftkraftskoefficienten är tyvärr istället omöjligt att beräkna utan måste bestämmas experimentellt, men vissa karakteristiska drag finns dock vilka framgår av diagrammet till höger som är framtaget för två olika vingprofiler, en symmetrisk och en asymmetrisk. Planadrakar, dvs som inte deformeras och fåren buktig profil, kan i de flesta

asymmetriska.

C_L ökar vid en ökning av anfallsvinkeln (fig 3) och ger därmed en ökning av lyftkraften, men bara till en viss gräns. Vid en specifik anfallsvinkel så kan luftströmmen inte längre följadra kens ovansida utan bryts upp i en kraftig virvelbildning, vilket leder till en minskning av C_L och därmed också L .

Då max värdet på C_L finns vid anfallsvinkel omkring

$10^\circ - 15^\circ$ kan man dra slutsatsen att drakar, som oftast håller en hög anfallsvinkel, inte är särskilt effektiva nyttjare av lyftkraften.

Lyftkraftskoefficienten varierar även beroende på profilens utseende, en

symmetrisk profil ger $C_L = 0$ när anfallsvinkeln är noll medan en gynnsamt

asymmetrisk profil ger en C_L större än noll. En hållpunkt som man brukar ha är $C_L \approx 0.6$ vilket har visat sig vara det vanligaste värdet på C_L .

Lyftkraften brukar oftast sättas i relation till en av de andra huvudkrafterna,

dragkraften. Förhållandet mellan dessa, dvs lyft/dragkvoten, är ett mått på drakens effektivitet. Justörrekvotest större är lyftkraften drakens kanalstrå, relativt dragkraften (motståndet).

Det som främst ger draken dess lyftkraft vid stora anfallsvinklar är den kraftverkan

som uppstår när luften kolliderar med draken och på så sätt trycker den uppåt. Det är heltenkelten överföring av rörelsemängd från luftens molekyler till drakens som riktas uppåt och med drakens vinkling.

Atträknar på denna kraft är väldigt komplicerat då draken har en välvd, invecklad formsom nästan omöjliggör beräkningar på kollisioner mellan luft och drake.

Kanske skulle man kunna ta fram en generaliserad formel som ger approximativa värden på kraften, men det ligger lite utanför detta arbetspretentioner.

Konstruktion

Harmanen stor lyft/dragkvot på en drake

så har man också en stor

”proportionskvot”. Denna är kvoten mellan spännvidden (bredden) och längden på

draken. En lång och smal drake har således en låg proportionalitetskvot och

därmed också en låg lyft/dragkvot, dvs den är stadig men har dålig lyftförmåga.

En bred och kort drake har givetvis motsatta egenskaper, vinglig och osäker i flykt men har en stor lyftkraft.

En drake som skall upp nå maximal lyftkraft måste vara av en drakt mot

vindriktningen under flykten så att den utnyttjar helas nya. För att hålla sig i ett

sådant läge krävs främst stabilitet sidled vilket är en av de huvudsakliga

faktorerna för utomlyftförmåga som man strävar efter i en drak konstruktion.

Det finns många metoder för att ge en drake stabilitet, tyvärr så drar nästan alltid

dess aneryftkraften och ökar vikten. Det enkla och kanske vanligaste sättet

att ge en drake stabilitet är en svans. Denna ger draken en träghetsombidrar till

att hindra plötsliga rörelser i alla dimensioner. Denna vanligaste metoden att

skapa stabilitet på torde vara en svans som är parallell med vindriktningen och

därmed är motriktad till alla vindriktningar som draken utsätts för,

långdrakar är ett väldigt typiskt exempel på en sådan konstruktion.

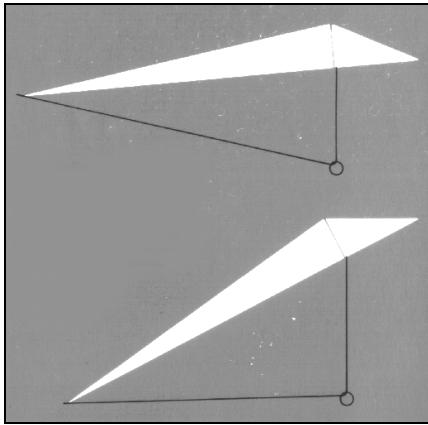


Fig4

Endrakesbetselkallasden/delinorsomlöper mellanframochbakändanpådrakenochutgör fästpunktförsvälvaflöglinan(fig4).Denna fästpunktäravgörandefördrakendåomdenär felplaceradledertillattinteensdenmest välbyggdadrakelyfter.Detmanändrarpånär manflyt tarfästpunktenpåbetsletärdrakens anfallsvinkelsomjagtidigare nämnt. Anfallsvinkelningärjusomsagti lyftkraftskoefficientenochpåverkardärmed lyftkraften.Grundregelnförplaceringoch justeringavfästpunktenpåbetsletärattvidlåg

vindhastighetkrävsenhöganfallsvinkelmedandetvidhögwindhastighet intebehövsenlikastor.

Genomatthaenstoranfallsvinkelutsättermanenstörreareaavdrakenförvinden vilketgerdenmerkraftattkommaupp tillhögre, livligareluftskikt.

Omendra kefårförmycketkraftgårdenantagligensönderelleromdenhållerså kommerdenattförlorasinstabilitetpgadestorakraftinflktionerna.Detta brukar manmotverkagenomattventileradraken,dvsmangörensérieventiler, öppningaridrakenvilkaminskardessmotstånd.Sådanasäkerhetsventilerkan manävenfinnahosfallskärmar därdefyllersammasyfte.Fallskärmarärjusom synesenavkommaavdrakensomdockpåsenaretidharkommitattutvecklas alltmermotflygplansvingar.



Närdetgällermaxi maltutnyttjandeav drakenslyftkapacitetsåhardenna utvecklingkommitlängstför hängglidare.Hängglidarenutvecklades, somtidigarenämnt,avFrancisRogalloi sambandmedhansforskningkring fallskärmar.Själva idénärattgöraen drakesominte”spiller”någonavden kraftluftenförserdenmed.Detta åstadkomRogallogenomattgöraen

nästanhelstostöddrake,dvsdenbestodavtvåihopsittandehalvkonerdär konernaintehadenågonstomme.Denkundedäravheltofritt distribueratrycket frånluften utanattbegränsasavjuststommen.Kon -formengjordeävenattluften reflekteradesinutidrakenochgavdenlyftkraftsommaksimaltutnyttjadeluften. Denna”mjuka”drakvingesomRogalloutveckladeharkommitattbliidealetför konstruktionavhängglidareochfallskärmar därdenärettpraktexempelpå effektivitetoch

Slutsatser/Diskussion

Draken utvecklades från ett religiöst medeltida till ett verktyg för forskningen i kring aerodynamik. Numera används det till allt från räddningsskärmar för rymdka- pslar till rekreation för barn världen över.

Konstruktionen av en drake är relativt enkel, formerna är oftast bestående av grundläggande geometriska objekt, vilka som kännetecknas av kraftpåverkan bäst. Huvudkrafterna som verkar på en drake är lyft, motstånd och tyngdkraft.

Lyftkraften beror av drakprofilens utseende, anfallsvinkeln, luftens densitet (ρ), vindhastigheten (v) och arean (A) enligt följande formel:

Profilen och anfallsvinkelning α och C_L och kan endast bestämmas approximativt utifrån färdig mätning eller experiment.

Stordel av sin lyftkraft får dock draken från överfördrörelseenergi av luften som kolliderar med draken.

Att utföra experiment på drakar ses som en utmaning för många. Med tanke på att vindhastighet och andra förhållanden alltid varierar utomhus. Med vindtunnlar kan man dock prestera goda resultat på diverse mätningar som lyftkraftskoefficienten. Jag tänkte själv försöka ta fram lyftkraftskoefficienten för experimentellt genom att mäta lyftkraften, vindhastighet och arean på draken för att sedan ta fram C_L . Detta visades sig som sagt kunna bli väldigt komplicerat på grund av varierande förhållanden. Draken är i sig ju också en ganska flexibel konstruktion som snabbt kan ändra form.

När man skall konstruera en drake bör man tänka på vissa avgörande faktorer.

Det första är givetvis formens och böjningsproportioner efter ändamål. En lång smal drake är väldigt precis och lätt styrd men har dålig lyftförmåga. Motsatta förhållanden råder för en kort och bred drake. Anfallsvinkeln, dvs vinkel mellan luftströmmen och själva horisontalplanet i draken bör också anpassas efter vindförhållanden och önskade egenskaper. Höga anfallsvinklar lämpar sig vid låg vindhastighet då behovet av lyftkraft är större.

Efter att ha läst detta arbetes så hoppas jag att det inte har förtagit drakens glädjemenetet med all nytt tillämpningar och aerodynamiska aspekter.

Tvärtom så kanske just du har insett lite av drakens potential och känner dig sugen på att konstruera en drake. Då har du tagit ett stort steg och jag kan inte annat än önska lycka till med tämjandet av drakens krafter.

Källförteckning

Otrycktakällor

Sasaki,M., Aspectratio(1993)

Trycktakällor

Axelsson/Danewid,R., Segelflyg(1990)

Björk,C., HurmanbyggerochflygermedDrakar(1974)

Henningsen,P., Drakboken(1975)

Pelham,D., ThePenguinBookofKITES(1976)