



Om fåglars glidtal

Av Lars Helmersson

Lars föddes i Tåstarp utanför Ängelholm 1948 och hade tidigt ett stort flygintresse, blev flygingenjör och började segelflyga 1964. Segelflygningen kom att ta det mesta av hans fritid, tills han slutade 1998 med närmare 2 000 flygtimmar. 1972 gick han ut som civilingenjör flygteknik på KTH och har sedan dess arbetat på Saab med avbrott för volontärsarbete i Guatemala och Colombia. Han berättar här om möten med fåglar och om deras glidförmåga.

På Flygtekniska Föreningens hemsida:

<http://ftfsweden.se>

finns en sammanställning av artiklar i Bevingat 2013-2018 "Flygteknik i naturen".

Jag har en kommentar till kapitlet:

"Glidflygande ormar och andra djur".

På sid 41 står: "Ett högt glidtal L/D ger bättre bränsleekonomi. Ett modernt segelflygplan närmar sig 60 men normalt har ett trafikflygplan under 20. Albatrossen ligger på 40 och en seglande gam på 25."

Max L/D 25 för en gam är starkt överskattat (för att inte tala om L/D 40 för albatross) och kommer troligen från en tidig och mycket spridd mätning publicerad i Performance Measurements of a Soaring Bird. – A. Raspet, Aeronautical Engineering Review Vol.9, No.12, page14, 1950 en mätning som man inte längre tror så mycket på.

Under de senaste 50 åren har jag gjort ganska omfattande litteraturstudier i ämnet och de mest välbelagda uppmätta bästa glidtal hos fåglar i glidflykt har jag sammanfattat i nedanstående tabell. Prestanda avser värden från de anpassade kurvorna, inte från de individuella mätpunkterna, och kan därför skilja något från vad som anges i referenserna.

b och S avser maximala spännvidden resp. maximala genomgående vingytan [normal definition], Λ vingens sidoförhållande, m fågelns massa, w sjunkhastigheten och V hastigheten.



Fågel	b	S	Λ	m	m/S	Min w	vid V	Max L/D	vid V	Mätmetod
	[m]	[m ²]	[-]	[kg]	[kg/m ²]	[m/s]	[m/s]	[-]	[m/s]	
Laggar Falcon	1.01	.132	7.73	.57	4.32	.96	8.6	10.0	10.6	Friflygande i vindtunnel
Black Vulture	1.37 ¹	.336	5.59	1.79	5.33	1.08	11.1	11.3	13.4	"
Harris' Hawk	1.018 ²	.191	5.43	.702	3.68	.85	8.8	11.6	11.0	"
Kaja .595	.0593	5.97	.1844	3.11	.62	7.4	12.6	8.3	"	"
Tornseglare	.392	.0157	9.8	.042	2.68	.69	8.1	12.6	9.4	"
Tornseglare	.365	.0133	10.0	.043		.62	7.3	12.3	7.9	Vinge+kropp i vindtunnel
Stormfågel	1.12	.121	10.3	.726	6.00	1.14	9.0	8.5	10.3	Markobservation
Vit Stork	2.02	.57	7.21	3.53	6.19	.60	8.5	15	11	"
White-Backed Vulture	2.18	.690	6.90	5.38	7.80	-	-	15.3	13.0	Jämförelseflygning

¹ Vingarna möjligen inte är helt utbredda p.g.a. närheten till vindtunnelns väggar.

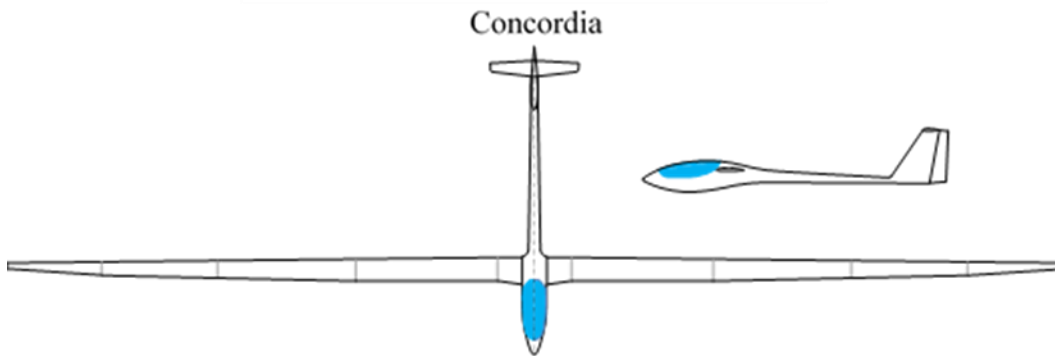
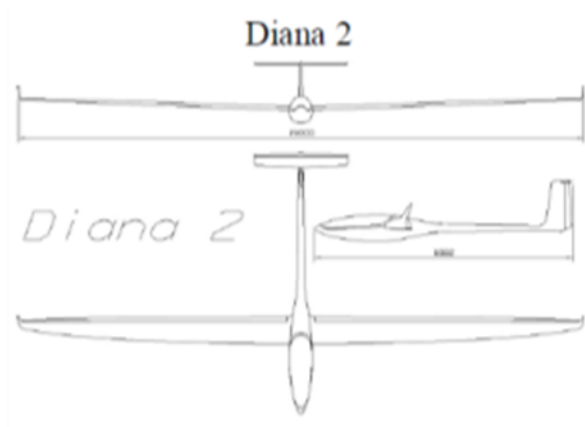
² V=7.0 m/s, glidvinkel $\gamma=6^\circ$. Vingarna möjligen inte är helt utbredda p.g.a. närheten till vindtunnelns väggar.

Under mina 2 000 h segelflygning har jag också haft en del kontakter med segelflygande fåglar (framförallt ormråk, fiskgjuse och gäsgam) som styrker ovanstående max L/D. Någon tillförlitlig mätning av max L/D för en albatross har jag inte hittat, men tillförlitliga beräkningsmässiga uppskattningar brukar ligga på 23 (jag bedömer toleransen till ± 2).

För segelflygplan gjorde jag nyligen, efter en förfrågan, nedanstående sammanställning. De två övre segelflygplanen i tabellen är de med högst glidtal i öppna klassen och de två nedre de bästa i "15m-klassen" (klass med spännviddsbegränsningen 15 m)



Segelflygplan	b [m]	S [m ²]	Λ [-]	Max L/D	Källa Max L/D
Concordia	28	13.7	57.2	75	Tillverkare/konstruktör
eta	30.84	18.53	51.33	70	Uppmätt, DLR Idaflieg
Diana 2	14.942	8.657	25.79	50	Tillverkare
ASW-27	15	9	25	48	Uppmätt, DLR Idaflieg



Vad är glidtal eller L/D?

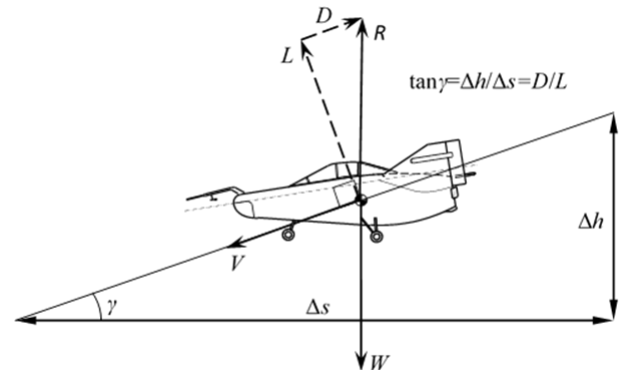
På svenska menar (eller menade man) med glidtal förhållandet mellan höjdförlust och horisontell förflyttning för ett flygplan vid glidflykt, $\Delta h/\Delta s$, vilket också är förhållandet mellan motstånd och lyftkraft D/L , se nedanstående figur.

På engelska talar man istället om inversen L/D , som ofta också kallas glidtal på svenska.

Vid planflykt med konstant fart är $L=W$ och den erforderliga dragkraften, som bestämmer bränsleförbrukningen, är $W/(L/D)$.

Max L/D ger för propellerflygplan max flygsträcka och för jetflygplan max flygtid.

(Uppdelningen mellan jetflygplan och propellerflygplan är nödvändig eftersom motorns dragkraft T kan betraktas som konstant för jetflygplan och motorns effekt P som konstant för propellerflygplan (kolvmotor eller turboprop). Effekten $P=T \cdot V$ ökar därför linjärt med hastigheten för ett jetflygplan medan dragkraften för ett propellerflygplan minskar med hastigheten. Turbofläktmotorer, som dominerar bland dagens trafikflygplan, ligger ungefär mitt emellan idealiserad propeller- och jetdrift.)



Exempel på maximala glidtal

Flygplan eller fågel

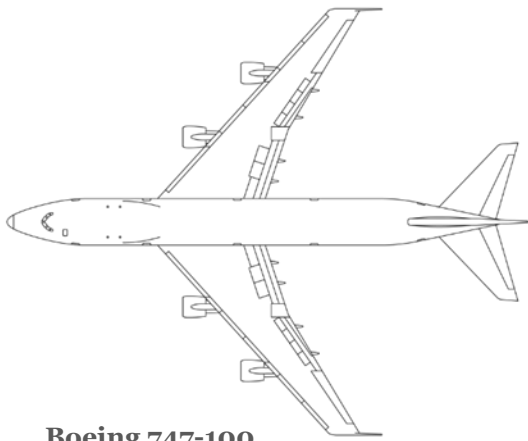
	Max L/D	
	Marschflygning	Glidflykt
Boeing 747	18	
Lockheed U-2	25.6 ³	23 ⁴
F4 Phantom	10	
Cessna 172		9
M2-F1 (figurens "Lifting Body")		2.8
Diana 2 (segelflygplan 15 m spännvidd)		50
Concordia (segelflygplan 28 m spännvidd)		75
Tornseglare		12.6
Vandringsalbatross		≈23
Svartgam		11.3

³ "U2 Developments" – Central Intelligence Agency Posted Jun 04, 2013

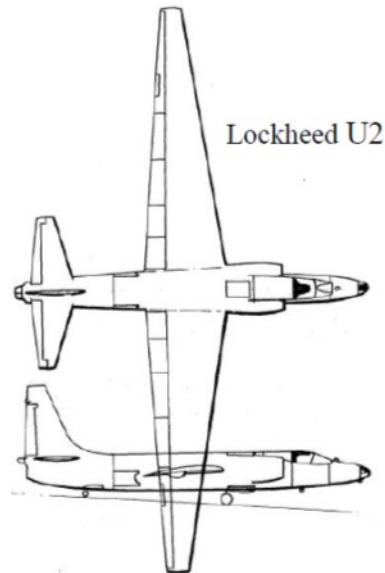
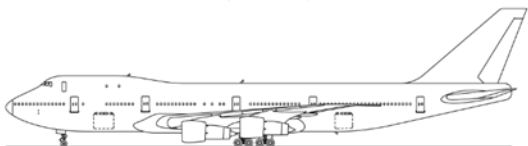
⁴ "U2 Utility Flight Handbook" Department of Defence, 1959

Vid glidflykt med avstängd motor ökar motståndet, vilket sänker L/D , särskilt för stridsflygplan (t.ex. F4 Phantom) där max L/D i stort sett halveras.

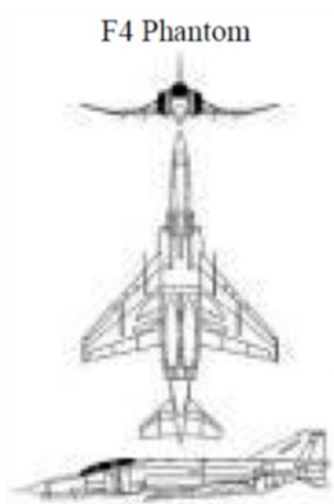
Flygplanen och fåglarna i tabellen



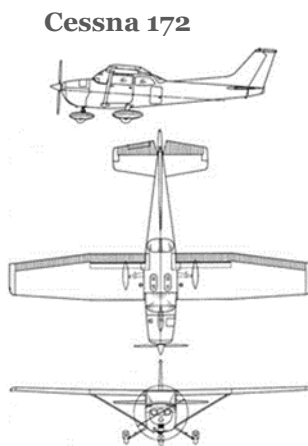
Boeing 747-100



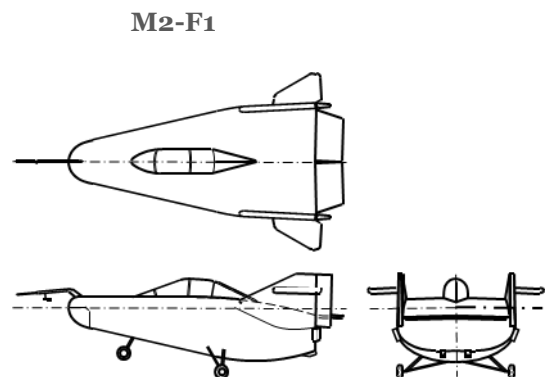
Lockheed U2



F4 Phantom



Cessna 172



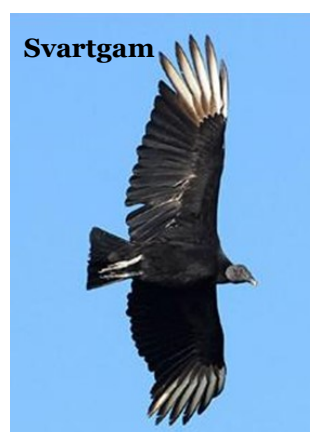
M2-F1



Tornseglare



Vandringsalbatross

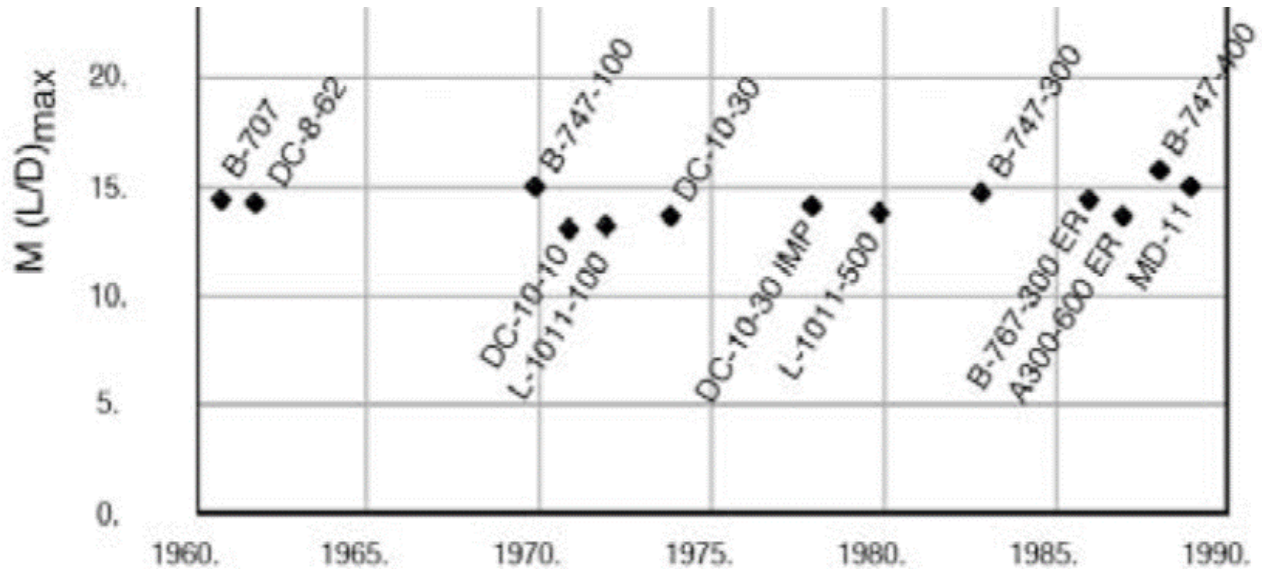


Svartgam

Stora fåglar har bara egen energi för korta flygningar och tar energi från atmosfären. Obs. skillnaden i vingplanform mellan stora segelflygande sjö- och landfåglar.

Långdistans passagerarflygplan.

Max $M \times L/D$ mot år då flygplanet tagits i tjänst (AIAA 20040001)



Som synes har passagerarflygplan, i motsats till segelflygplan, nästan inte förbättrats alls aerodynamiskt de senaste 50 åren (motorerna har däremot blivit effektivare). En del förklarar detta med att man redan på 1950-talet visste hur ett effektivt flygplan skulle utformas, medan andra menar att användandet av ny teknologi förhindras av dess stora kostnader och risker.

En liknande observation kan göras beträffande propellrar. Vindtunnelprov på en replik av propellern på Wrights första flygplan visade att verkningsgraden vid tillståndet under första flygningen var 75% och dess maximala verkningsgrad 82%. Idag, med all samlad kunskap, datorer, CFD och moderna vindtunnlar kan man alltså bara konstruera en 5% effektivare propeller än vad två cykelreparatörer med "folkskola" kunde 1903.

Prestandamätningar på segelflygplan görs vanligen antingen genom att man mäter höjdförlusten under några minuters flygning med olika konstanta farter i lugn luft, eller genom

jämförelseflygningar där man på motsvarande sätt mäter höjdskillnaden mot ett med den ovan beskrivna metoden noggrant uppmätt flygplan.

Problemet är att luften aldrig är helt lugn. Mätningarna brukar utföras strax efter soluppgången i stabila väderlägen, men även då har luften ofta någon vertikal rörelse.

I ett stabilt högtryck har luften en svag nedåtgående rörelse av storleksordningen 1 cm/s (subsidents). Det är därför svårt att noggrant mäta höga L/D . Representativa värden som $(L/D)_{max}=60$ vid 30 m/s (108 km/h) motsvarar en sjunkhastighet på 0.50 m/s varvid 1 cm/s vertikal luftrörelse påverkar glidtalet med en enhet. Relativmätningar ger troligen en noggrannhet på ± 1 i $\max L/D$, medan osäkerheten i absolutvärdena p.g.a. rörelser i luftmassan, snarare ligger på ± 2 , även vid omfattande mätningar så ett uppmätt $(L/D)_{max}=70$ kan alltså lika gärna vara några enheter lägre eller högre.

Möten med fåglar

I sammanhanget kanske det kan vara intressant att berätta om några möten med fåglar under mina segelflygningar. Texterna har tidigare publicerats i tidningen Segelflygsport.



Ormvråk (Linköping)

Stiget under molnet norr om bana 08 på Malmen där jag kurvade tillsammans med en ormvråk, höll på att ta slut och det var dags att söka ett nytt. Molnbasen var låg ($\approx 900\text{m}$) så molnen låg tätt. Jag hade redan valt ut ett av molnen österut om mig och skulle bara fortsätta svängen tills jag hade kurs mot det när jag såg vråken lämna på nordlig kurs. Min blick följde honom mot molnet han var på väg mot. Så han väljer det molnet. Skulle det vara bättre? Nej, jag höll fast vid mitt val.

När jag nådde mitt moln och svängde in i stiget tittade jag bakåt över vänster axel och såg vråken svänga in under sitt moln. Nu får vi se vem som valt rätt tänkte jag. När jag fullbordat mitt första varv och åter fick vråken i mitt synfält kunde jag belåtet konstatera att han sjunkit relativt horisonten. Jag steg bättre. Då såg jag vråken lämna sitt moln och med vingspetsarna tillbakadragna i högfartsläge komma över till mig.

Vråken och jag hade uppenbarligen observerat varandra på exakt samma sätt och jag har sällan känt en större samhörighet med naturen.

Efter detta har jag gjort reflektionen att när jag upptäcker en vråk i samma blåsa är det nog ingen slump. Eftersom ett segelflygplan har 100 gånger större yta än en vråk och deras syn är överlägsen vår kan de knappast undgå att lägga märke till ett segelflygplan som markerar stig inom det område som intresserar dem.

Man kan fundera över hur de upplever ett segelflygplan, som en fågel eller som något med en människa i, men eftersom de inte tänker, med den resonerande inre dialog som vi kallar tänka, utan agerar direkt på intryck och känslor är frågan irrelevant. Så länge de märker att man inte bryr sig om dem är de obekymrade av segelflygplanets närvaro, till den grad att jag en gång vara nära att kollidera med en ormvråk trots att vi båda var medvetna om varandra (vråken halvrollade och drog under min högervinge). Märker de att man följer dem blir de däremot rädda och dyker. Det är inte orimligt att lokala vråkar runt flygfält med segelflygverksamhet känner igen de olika segelflygplanen och betar sig olika gentemot dem.



Fiskgjuse (Linköping)

Jag såg den kurva under ett moln väster om mig, bortåt Vikingstad. Den liknade en stor trut och jag tänkte fiskgjuse, utan att vara helt säker. Lite senare delade vi samma blåsa och visst var det en fiskgjuse. När vi nått molnbasen lämnade han på nordlig kurs. Jag ville följa honom och fullbordade mitt varv, men med min högre fart gled jag förbi och fick honom snett bakom mig till vänster. Genom att ta landningsklaff och dra ner farten till stallgränsen kunde jag låta honom komma ikapp, och när han långsamt glidit upp på min vänstra sida lät jag farten öka till hans. Hastighetsmätaren visade 70 km/h och han låg lugnt bara någon meter utanför min vingspets på exakt samma höjd, säkert medveten om uppsvepningen där. Jag har ett fotografiskt minne av hans vinges multipla V-form sedd från vingspetsen (måsvinge med uppvinklade handpennor).

Under kanske 5-10 sekunder utgjorde jag hans udda sällskap, medan han långsamt sjönk tills han försvann under min vingspets. Jag gjorde ett högervarv för att försöka ansluta till honom igen, men han var borta.

Det var vår och jag tror att han sträckte. Jag har kurvat tillsammans med fiskgjusar i närheten av Hjälmarens, men aldrig förr i området kring Malmen där detta hände.

Det är enda gången som jag flugit tillsammans med fågel som glidit så fort att jag kunnat följa den. Vrårkar och tranor håller en fart mellan blåsorna som är lägre än stallfarten för dagens segelflygplan.