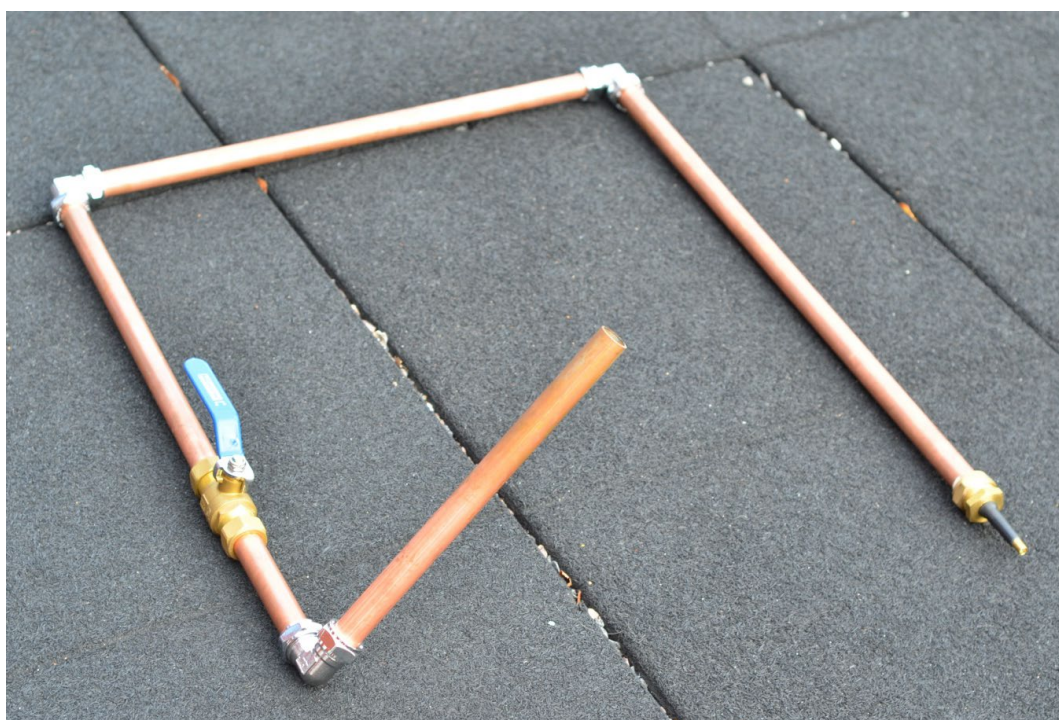


Konstruera & avfyra en pappersraket

Lärarhandledning



Innehåll

Koppling till det centrala innehållet i Lgr22	4
Inledning	6
Aktivitet 1 – Konstruera och avfira en raket.....	7
Aktivitet 2 – Bygg en raket som flyger extra långt	10
Fakta kring pappersraketen – information till läraren.....	12
Varför flyger raketerna olika långt?.....	12
Gravitation	12
Tryck.....	12
Luftmotstånd.....	13
Stabilitet.....	14
Masscentrum.....	14
Tryckcentrum.....	14
Bestämning av tryckcentrum	15
Beräkning av tryckcentrum	15
Vad krävs för en stabil raket?	16
Test av stabilitet.....	16
Sammanfattning	17

Koppling till det centrala innehållet i Lgr22

Teknik åk 4–6

Arbetsmetoder för utveckling av tekniska lösningar

- Teknikutvecklingsarbetets olika faser: identifiering av behov, undersökning, förslag till lösningar, konstruktion och utprovning.
- Egna konstruktioner där man använder mekanismer, elektriska kopplingar samt hållfasta och stabila strukturer.
- Dokumentation av tekniska lösningar: skisser med vyer och måttangivelser, ord samt fysiska och digitala modeller.

Fysik åk 4–6

Systematiska undersökningar och granskning av information

- Observationer och experiment med såväl analoga som digitala verktyg. Planering, utförande, värdering av resultat samt dokumentation med ord, bilder och tabeller.

Fysiken i naturen och samhället

- Krafter och rörelser som kan observeras och mätas i vardagssituationer.
- Några instrument samt hur de används för att mäta fysikaliska storheter, till exempel temperatur och kraft.

Systematiska undersökningar och granskning av information

- Observationer och experiment med såväl analoga som digitala verktyg. Planering, utförande, värdering av resultat samt dokumentation med ord, bilder och tabeller.

Teknik åk 7–9

Tekniska lösningar

- Tekniska lösningar för hållfasta och stabila konstruktioner samt betydelsen av materialens egenskaper, till exempel drag- och tryckhållfasthet, hårdhet och elasticitet.

Arbetsmetoder för utveckling av tekniska lösningar

- Teknikutvecklingsarbetets olika faser: identifiering av behov, undersökning, förslag till lösningar, konstruktion och utprovning. Hur faserna i arbetsprocessen samverkar i det egna arbetet och i teknikutvecklingsarbeten i samhället, till exempel inom arkitektur och kollektivtrafik.
- Dokumentation av tekniska lösningar: skisser, ritningar, fysiska och digitala modeller samt rapporter som beskriver teknikutvecklings- och konstruktionsarbeten.

Fysik åk 7–9

Fysiken i naturen och samhället

- Krafter, rörelser och rörelseförändringar samt hur kunskaper om detta kan användas, till exempel i frågor om trafiksäkerhet.

Systematiska undersökningar och granskning av information

- Observationer och experiment med såväl analoga som digitala verktyg. Formulering av undersökningsbara frågor, planering, utförande, värdering av resultat samt dokumentation med bilder, tabeller, diagram och rapporter.

Inledning

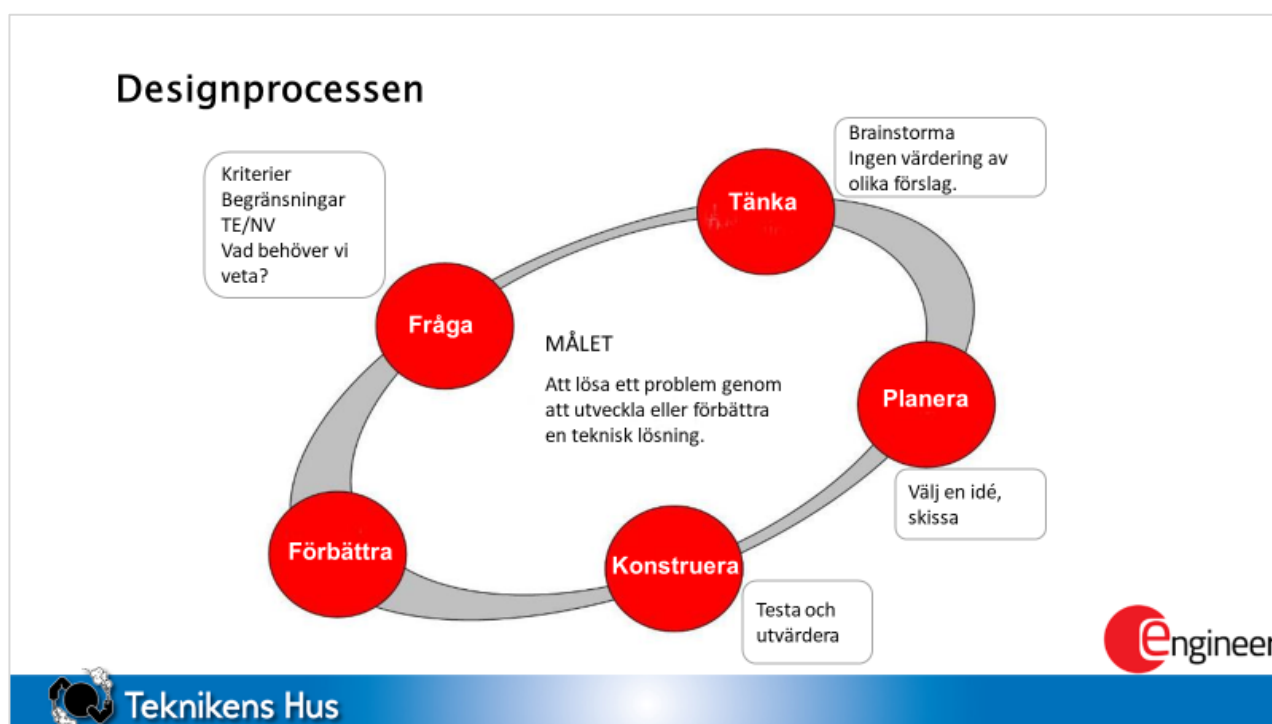
Övningen går ut på att bygga en raket av papper och skjuta iväg den så långt som möjligt med hjälp av tryckluft. Trycket alstras genom att koppla cykelpumpen till raketrampen och pumpa upp ett tryck av **högst 4 bar**. Raketrampen laddas med raketen som sedan skjuts i väg genom att snabbt öppna ventilen och släppa ut luften.

Raketen går långt varför uppskjutningen måste ske utomhus eller i en stor sporthall. Kontrollera att ingen befinner sig framför uppskjutningsrampen.

Övningen kombinerar teknikutveckling, naturvetenskap och förståelse varför rymdraketer ser ut som de gör.

Teknikutvecklingsarbetet är en viktig del av undervisningen för att förstå en ingenjörns arbetsmetod. Bygg gärna upp en historia kring uppgiften. T.ex. av ni fått en beställning från ESA på en raket som går långt, stabilt etc och att ni som ingenjörer ska designa, konstruera, testa och utveckla den. Även äldre elever som förstår att det inte är sant gillar en god story.

Det finns många olika modeller som illustrerar designprocessens olika delar. Den vi valt att lyfta fram här har tagits fram i samarbete med bland annat skolor i Norrbotten. Lärare som undervisar i teknik använder modellen kontinuerligt för att eleverna ska bli medvetna om att teknikutvecklingsarbetet inte är en linjär process. Bilden kan projiceras på en whiteboard/smartboard eller så används en utskrift för att elevernas process ska kunna synliggöras med till exempel pilar/stödord. Under arbetet pendlar eleverna mellan att göra praktiska uppgifter och att reflektera. Grupprespons är också en metod som ofta används för att eleverna ska hjälpa varandra att utveckla idéer och öva på att ställa konstruktiva frågor.



Aktivitet 1 – Konstruera och avfyra en raket

Inled gärna med en historia kring uppgiften. T.ex. av ni fått en beställning från ESA på en raket som går långt, stabilt etc och att ni som ingenjörer ska designa, konstruera, testa och utveckla den. Även äldre elever som förstår att det inte är sant gillar en god story.

Fråga eleverna vilka faktorer de tror kan påverka raketens förmåga att flyga långt. Dokumentera genom att skriva en lista på tavlan. Kanske dyker några av dessa faktorer upp:

- Vikt
- Luftmotstånd
- Tyngdpunkt/balans
- Täthet
- Styrning

Material som medföljer

8 rörmallar med samma diameter som uppskjutningsrampens avfyrningsrör

1 uppskjutningsramp

1 cykelpump

Material som ej medföljer

A4-papper 160 g/m². 80 g/m² fungerar, men då behövs tunn kartong till eventuella fenor och nos.

sax

tejp

limstift

modellera

plus valfritt material

Enkel bygginstruktion

- Linda ett A4-papper runt rörmallen. Tejpa ihop pappret till en papprulle. Rullen ska sitta tätt runt röret men ändå glida lätt längs det.
- Låt eleverna bygga raketerna utifrån de egenskaper de tycker är viktiga. Till exempel om den ska ha noskon, fenor, vara lufttät osv.



Avfyra raketen

- Sätt fast cykelpumpen på raketrampens ventil. Se till att låsa fast den genom att vrida bygeln.



- Se till att raketrampens handtag är stängt. Pumpa några gånger tills trycket blir **max 4 bar**. OBS! högre tryck kan göra att ventilen lossnar.



- Be eleverna observera hur raketen flyger. Sätt raketen på avfyrningsröret. Stå *bakom* raketen och avfyra den genom att öppna handtaget med en snabb rörelse.



- Efter att eleverna testat sina raketer är det viktigt att utvärdera. Vad hände? Kan vi få den att flyga längre?
- Titta på egenskaperna som raketen skulle ha och se vad som kan förbättras. Viktigt att bara ändra på en sak i taget. Ge eventuellt eleverna ledtrådar som "hur kan vi minska luftmotståndet?" eller "behöver den något som gör att den går rakare/inte vobblar?"
- Eleverna bygger om och bygger nytt och testar för varje ändring. Raketerna kommer att gå längre och längre.
- Eleverna kommer också att titta på varandras raketer och ta efter det som de ser fungerar. Det är viktigt att du som lärare både uppmuntrar det och låter det ske. Ge istället exempel och dra paralleller utifrån den teknik som finns i samhället och som vi använder är designade. Till exempel bilar i olika typer av bilar (sportbilar/SUVar, stadsjeepar), mobiltelefoner, flygplan etc ser alla ganska lika ut. Det beror på att tillverkarna tar efter det som fungerar bra för den funktion de vill uppnå.
- Titta på bilder av riktiga rymdraketer. Varför ser de ut som de gör? Är det något de har som inte din raket har? Skillnader/likheter?

Aktivitet 2 – Bygg en raket som flyger extra långt

För att raketen ska gå så långt som möjligt ska den uppfylla vissa kriterier. Den ska

- Vara lätt
- Ha en stabil kropp
- Vara symmetrisk
- Ha god sidostabilitet
- Ha ett lågt luftmotstånd
- Vara tät i toppen
- Ha rätt balans

Eftersom papper används blir raketen lätt. Raketkroppens stabilitet fås genom att ett styvare papper används samt att det limmas ihop till ett rör.

- Fenorna ger raketens sidostabilitet. Viktigt att det är lika stora och sitter symmetriskt runt raketens kropp.
- En smal och spetsig kon eller en äggformad kon ger lågt luftmotstånd (prova gärna att skjuta raketens kropp utan kon och jämför sträckan).
- Toppens lufttät för att bevara så mycket som möjligt av den framrusande luftens energi inne i raketens kropp.
- Optimalt är en tyngdpunkt så långt fram som möjligt. Det kan justeras med en liten bit modellera.

Nedan har du ett exempel på hur du och dina elever kan göra en raket som åtminstone till viss del uppfyller dessa kriterier. Säkert har ni fler idéer på hur det kan göras.

Material

Samma som i aktivitet 1.

Bygginstruktioner

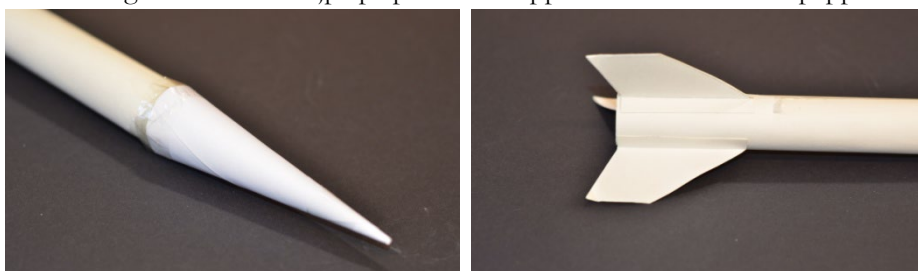
1. Linda pappret runt mallen som tidigare men limma ihop pappret allt eftersom du rullar. Detta gör raketens kropp extra styv.



2. Vik ner en bit av pappret in i röret i ena änden och tejpa så att det blir tätt.



3. Gör en långsmal kon och tejpa på plats och klipp till fenor av dubbelt papper och limma dem på plats.



4. Placera eventuellt en liten bit lera/häftmassa i raketten och tryck upp den i toppen med en pinne. Detta gör att tyngdpunkten ligger längre fram, ungefär som en darpil.

Fakta kring pappersraketen – information till läraren

Varför flyger raketerna olika långt?

Modellraketen påverkas av tre krafter – trycket från luften i raketrampen, gravitationen och luftmotståndet.

Gravitation

Raketen påverkas, som alla objekt med en massa (m), av gravitationskraften (W)

$$W = m * g$$

där g är tyngdaccelerationen ($9,82 \text{ m/s}^2$)

Ju tyngre raketen är desto större blir gravitationskraften. Ju tyngre raketen är, desto mer energi krävs för att öka dess hastighet.

Tryck

När man pumpar in luft i raketrampens kopparrör fyller man på med fler och fler luftmolekyler (mest kväve- och syremolekyler) vilket gör att trycket ökar. Det finns flera olika enheter för tryck men de vanligaste är Newton per kvadratmeter (N/m^2), Pascal (Pa) och bar.

Vi har ständigt ett tryck runt omkring oss, lufttrycket. Normalt lufttryck är 1,013 bar, eller 1013 mbar. Ibland är det lite högre, då har vi högtryck, och ibland har vi lågtryck.

När vi fyller raketrampen med luft, pumpar vi upp trycket till 4 bar, dvs fyra gånger normalt lufttryck. Olika tryck vill alltid jämnas ut varandra så när vi öppnar ventilen rusar luften ut ur röret så att trycket i röret sjunker till samma tryck som omgivningen.

Ju högre tryck inne i röret desto högre hastighet får luftmolekylerna när ventilen öppnas. Hög hastighet innebär hög rörelseenergi. Denna rörelseenergi förs över till raketen som flyger iväg.

För att så mycket som möjligt av luftens rörelseenergi ska överföras till raketen är det viktigt att raketen är tät i toppen och att den sluter tätt runt röret på avfyrningsrampen.

Det är också viktigt att släppa ut luften så snabbt som möjligt så att så mycket som möjligt av energin i den komprimerade luften tas upp av raketen innan den lämnar raketrampen. Så fort raketen lämnat rampen upphör accelerationen och hastigheten avtar.

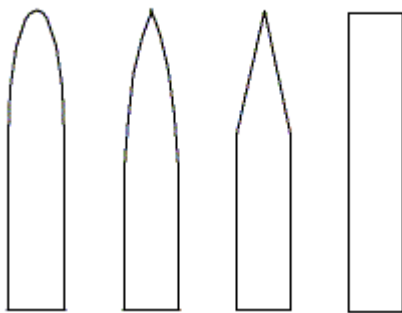
Luftmotstånd

När raketen flyger genom luften kolliderar den med luftens molekyler och farten bromsas. Det kallas luftmotstånd. För att raketen ska tappa så lite fart som möjligt är det därför viktigt att minimera antalet kollisioner med luftmolekylerna och därmed också minska på luftmotståndet.

Det som påverkar raketens luftmotstånd är framför allt två saker – *styrfenornas* och *noskonens* utseende.

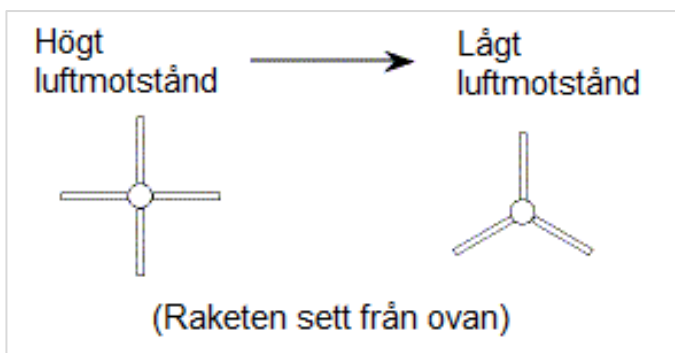
Den noskon som har lägst luftmotstånd är inte, som man kanske tror, en spetsformad nos utan istället en mer rundad form.

Lågt luftmotstånd → Høgt luftmotstånd

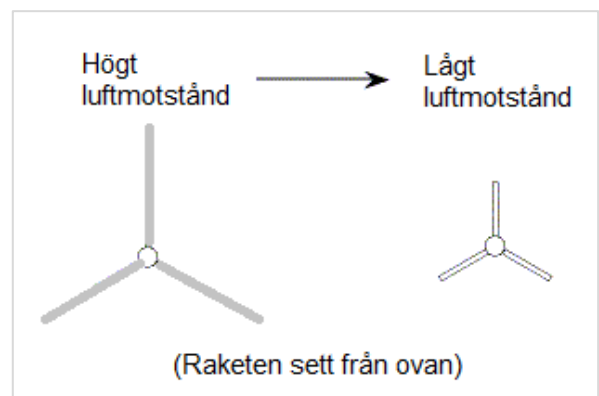


När det gäller styrfenorna så är det både antalet och storleken på dem som avgör luftmotståndet. Ju fler och ju större fenor desto högre luftmotstånd.

Fler fenor ger högre luftmotstånd:



Større fenor ger høgre luftmotstånd:

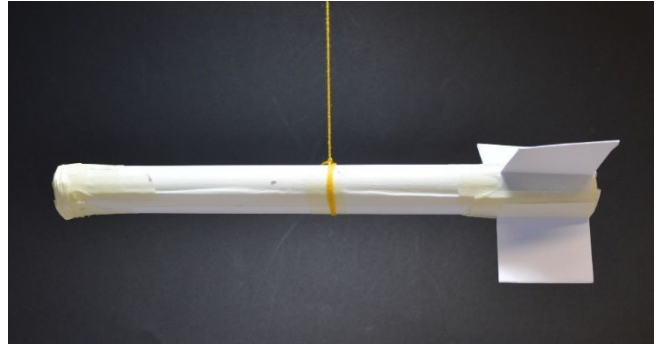


Stabilitet

En stabil raket flyger i en rak och mjuk bana. En instabil raket vrider och vänder på sig i luften då ökar luftmotståndet och raketten tappar snabbt fart. För att raketten ska gå en rak och mjuk bana är det två viktiga saker som vi måste titta närmare på – *masscentrum* (mc) och *tryckcentrum* (tc).

Masscentrum

Raketens masscentrum, ibland kallad tyngdpunkt, kan tolkas som ett medelvärde av den totala massans position. Masscentrum på raketten kan enkelt hittas genom att knyta ett snöre runt raketten så att den balanserar jämnt. Masscentrum ligger då på den plats där snöret sitter.



Tryckcentrum

På samma sätt som massan av raketens alla delar samverkar till att bilda ett masscentrum, samverkar aerodynamiken av raketens alla delar till att bilda ett tryckcentrum. Platsen för raketens tryckcentrum delar raketten i en bakre och en främre del där de båda delarna har samma luftmotstånd.

Jämför med en vindflöjel. På en vanlig vindflöjel (se bild till vänster) sitter vridningspunkten i masscentrum. Den stora bakre plattan har dock större area varför tryckcentrum ligger närmare den. För att hitta tryckcentrum kan vi flytta vridningspunkten tills vi hittar ett läge där flöjeln inte påverkas av vinden oberoende av hur det blåser (se bild till höger). Vridningspunkten sitter nu i tryckcentrum.



vridningspunkt i masscentrum

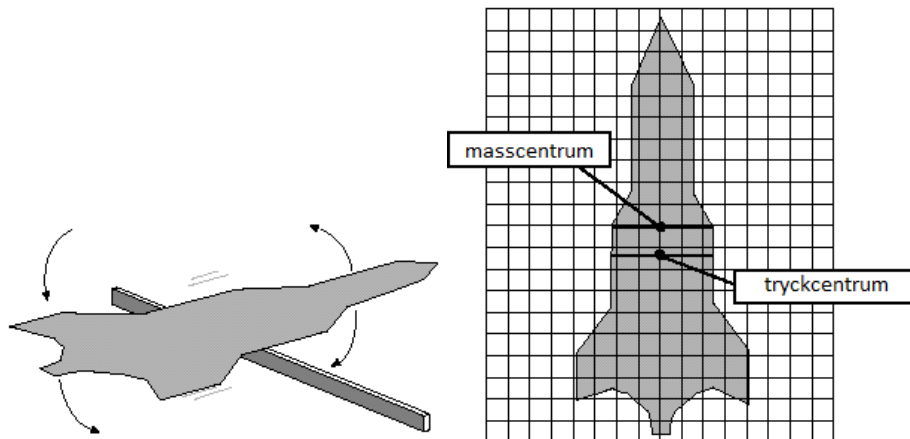


vridningspunkt i tryckcentrum

Bestämning av tryckcentrum

Raketens tryckcentrum kan bestämmas genom att rita av raketens profil på en bit kartong och klippa ut den. Genom att balansera denna profil på en linjal som vi gjorde med masscentrum och dra ett streck vid balanspunkten kan vi nu hitta tryckcentrum.

Linjen genom tryckcentrum delar också pappret i två lika stora areor.



Bilder från www.nasa.com

Beräkning av tryckcentrum

Den totala arean (A) av raketen är summan av arean (a) av raketens samtliga delar.

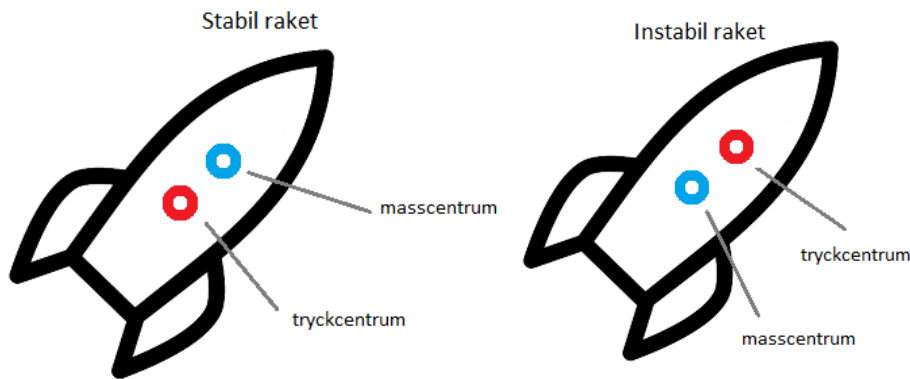
$$A = a(nos) + a(kropp) + a(fenor)$$

Eftersom tryckcentrum är ett medelvärde av den projicerade arean kan vi säga att lokaliseringen av tryckcentrum (t_c) är lika med summan av varje dels area multiplicerat med avståndet d till en referenspunkt för respektive del. Eller uttryckt i en formel:

$$A * t_c = (a * d)_{nos} + (a * d)_{kropp} + (a * d)_{fenor}$$

Vad krävs för en stabil raket?

För att raketen ska vara stabil *måste* masscentrum ligga framför tryckcentrum (jmf med vindflöjeln ovan) och ju större avstånd mellan dem, desto stabilare raket. En raket ska vara som en dartpil. Den har stor del av tyngden framtill och relativt stora styrfenor baktill.



För att få ett stort avstånd mellan mass- och tryckcentrum kan man placera en vikt i nosen som förskjuter masscentrum framåt och sätta stora fenor bak som förskjuter tryckcentrum bakåt. Nackdelen är förstås att raketen blir både tyngre och får ökat luftmotstånd så här gäller det att hitta den bästa kompromissen.

Test av stabilitet

Den färdiga raketens stabilitet kan testas genom att linda ett snöre runt raketens masscentrum och sedan snurra raketen med snöret likt en slunga. Om raketen är stabil pekar nosen framåt längs den cirkulära banan (se nedan).

Om raketen är instabil kommer den att vända och vrida sig i luften när den snurras runt.



Sammanfattning

För att raketen ska flyga långt ska den:

- Vara lätt
- Vara tät
- Ha masscentrum (tyngdpunkten) långt fram
- Ha fenor baktill
- Ha en aerodynamisk noskon

Läs mer om raketer på ESA:s sida:

[https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Up_up_up! Build and launch your own rockets Teach with space PR23](https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Up_up_up!_Build_and_launch_your_own_rockets_Teach_with_space_PR23)