

# Den ideelle boomerang

Anton Boiesen

Elvira Griff Blom-Hansen



## Indholdsfortegnelse

|  |    |
|--|----|
| Projektbeskrivelse: .....                | 3  |
| Introduktion:.....                       | 3  |
| Problemformulering: .....                | 3  |
| Hypotese:.....                           | 4  |
| Baggrund: .....                          | 4  |
| Hvad er en boomerang? .....              | 4  |
| Boomerangens rotation: .....             | 4  |
| Lift force:.....                         | 5  |
| Hvordan kaster man en boomerang?.....    | 6  |
| Derfor kommer boomerangen tilbage: ..... | 6  |
| Materialer og metoder: .....             | 6  |
| Forsøg: .....                            | 7  |
| Resultater og diskussion:.....           | 12 |
| Perspektivering:.....                    | 17 |
| Konklusion: .....                        | 18 |
| Vores viderearbejde: .....               | 18 |

## Projektbeskrivelse:

Vi er to elever fra Skt. Josefs Skoles Sciencetalenthold, som begge er vilde med matematik og fysik. Interessen og ideen til vores projekt kom efter et forløb på Sciencetalentholdet, der omhandlede boomeranger, efterfulgt af en tur til DTU, hvor vi hørte Professor Steen Markvorsen fortælle om rotationer og boomeranger.

Vi valgte derved at gå i dybden med boomeranger, og matematikken og fysikken bag.

Vores formål med projektet er at finde ud af, hvilke dimensioner den perfekte boomerang skal have, og hvilke forhold der skal til, for at den kommer tilbage til udgangspunktet.

Vi har designet og udskåret adskillige boomeranger i krydsfiner træ.

Boomerangerne er alle forskellige fra hinanden. Vi har testet boomeranger med forskellige vinkler og vil fortsætte med at ændre vores boomeranger på forskellige måder.

Forsøgene har vi udført, ved at kaste boomerangerne udendørs og filme deres baner med en drone. Kurverne er derefter blevet indtegnet i Geogebra, således at vi har haft mulighed for at sammenligne de forskellige modellers kurver.

Vi kan konkludere, at det der er mest afgørende for, om boomerangen vender tilbage er, om vingen er såkaldt ”flapsformet” som vingen på et fly.

Boomerangen skal helst have 2 arme, og vinklen på boomerangen skal helst være 80 grader eller deromkring for, at den vender tilbage til udgangspunktet.

## Introduktion:

I oktober 2019 var vi på tur med Skt. Josefs Skoles Sciencetalenthold, som vi begge er medlem af. Turen gik til DTU, hvor professor Steen Markvorsen gav os et oplæg om hans arbejde som matematiker og hans store interesse for især geometri og kurvaturer med fokus på boomeranger. Han fortalte i korte træk, hvad det er, der gør, at boomerangerne kommer tilbage, og hvad der kan påvirke deres flyvebane. Senere havde vi med Roskilde Ungdomsskoles Engineering Club et forløb om boomeranger. Her skulle vi selv lave vores egne boomeranger, teste hvordan de virkede og forbedre dem på baggrund af den viden, vi havde fra DTU.

Det var her vi blev nysgerrige. Vi ville gerne gå endnu mere i dybden med matematikken og fysikken bag boomerangernes specielle opførsel og blive ved med at lave modeller og forsøg, med det formål at finde ud af hvilke dimensioner den ideelle boomerang skal have, og være i stand til at forklare dem matematisk, for at boomerangen vender tilbage til det udgangspunkt den blev kastet fra.

## Problemformulering:

Hvordan laver man den ideelle boomerang?

## Hypotese:

Vi har som tidligere nævnt kastet med mange boomeranger i de forløb, vi har haft med skolen. Vi kastede primært med indkøbte boomeranger, som var professionelt konstrueret og som med stor sandsynlighed ville virke hvis man kastede dem ordentligt.

Vi kastede også med vores hjemmelavede boomeranger, men de virkede som udgangspunkt ikke, eftersom vi ikke havde meget viden om emnet på det tidspunkt.

I vores projekt vil vi selv konstruere forskellige typer boomeranger. Vi vil lave boomeranger med to, tre og fire arme, vi vil ændre på vinklen på den toarmede boomerang, udvælge dem der virker bedst og ændre i deres design, f.eks. størrelse og om kanterne skal være skarpe eller runde, og på den måde få udarbejdet den ideelle boomerang.

Vi har som sådan ingen forventninger til hvilke boomeranger der vil være bedst. Men vi forestiller os, at en boomerang med fire arme vil have nemmest ved at komme hele vejen rundt, da den skaber "lift force" fra fire forskellige steder.

Samtidig tror vi også, at den skal have en vis vægt.

Hvis den vejer for lidt, kunne den have en tendens til at cirkulere rundt flere gange end nødvendigt, fordi den vil være så stærkt påvirket af "lift force", og derfor lande et mere tilfældigt sted på dens flyvebane, fremfor at komme tilbage til udgangspunktet.

Hvis den derimod er vejer for meget, kan det være sværere for boomerangen at generere løft og "Gyroscopic precession".

## Baggrund:

### Hvad er en boomerang?

En boomerang er et let, tyndt, buet kasteredskab, som oprindeligt er lavet i træ. Ofte vejer de ikke over 100 gram.

Boomeranger kan have adskillige forskellige former og farver. Typiske boomeranger kan have alt fra 2 til 5 arme, nogle tyndere eller tykkere end andre, nogle længere eller kortere end andre etc.

En optimal boomerang vender som udgangspunkt tilbage til der, hvor den bliver kastet fra.

Boomerangen roterer om sig selv, samtidig med at den langsomt ændrer den retning, den flyver i.

Dermed ender boomerangen med at danne en buet flyvebane, og komme tilbage til udgangspunktet.

Den skal kastes næsten helt vertikalt for at rotere korrekt.

### Boomerangens rotation:

Vi har alle set, at når en boomerang kastes afsted, bevæger den sig på en ret besynderlig måde.

Boomerangen roterer om sig selv, og efter et stykke tid ændrer den retning og kommer tilbage mod dens udgangspunkt. Boomeranger, og især deres måde at bevæge sig på, minder meget om et gyroskop.

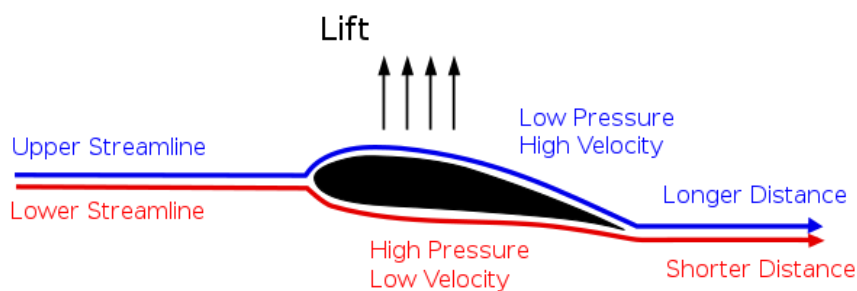
Den vinge der befinder sig øverst i boomerangens kast, bevæger sig fremad langt hurtigere end den vinge der befinder sig nederst, gør. Dette medfører, at der er et lavere tryk på den øverste vinge, end der er på den nederste vinge, der som sagt bevæger sig langsommere og dermed har et større tryk.

Det at den ene vinge bevæger sig hurtigere end den anden, er med til at danne et drejningsmoment - et såkaldt torsionsmoment. Eftersom boomerangen kastes med stor kraft, og hurtig rotation ændrer boomerangen sin bane, fordi rotationen skyldes et væsentligt stort impulsmoment, der gør at boomerangen som sagt ændrer bane, da torsionsmomentet nu vender mod udgangspunktet.

Fysikken bag boomerangens velkendte kurve kaldes for "Gyroscopic Precession".<sup>1</sup>

#### Lift force:

Hvis man skærer en af armene over på en funktionsdygtig boomerang, der kommer tilbage som den skal, vil man se, at den har form, som hvis man gjorde det samme på en flyvinge. Hvis man kigger på flyvingen vil man se, at den er buet og tyk foran og samles i en meget spids form bagerst. Samtidig er den på undersiden meget flad, mens det er oversiden af flyvingen, der er buet. Denne form er designet til at opnå den optimale opdrift, og denne opdrift opstår når vingen bevæger sig igennem luft. Denne opdrift opstår helt simpelt, fordi luften, som vingen bevæger sig igennem, skal flytte sig over en længere distance på oversiden end på undersiden af vingen, og som man kan se på modellen, bliver trykket derfor højere på undersiden end på oversiden og vingen bliver presset opad.



Figur 1 - Modellen viser hvordan flapsformen skaber et højere tryk på undersiden end på oversiden og skaber derved en opdrift.

Dette er smart, og kombineret med den høje hastighed er det grunden til at flyvemaskiner flyver.

Men boomeranger skal jo ikke flyve opad, så hvorfor ser boomeranger sådan ud?

Altså, flyvemaskinernes vinger ligger vandret og bliver derfor presset lodret op i luften. Når man kaster en boomerang, kaster man den som regel så den er et sted mellem oprejst og halvt oprejst. Dette gør, at boomerangen ikke oplever en opdrift nedefra, men derimod fra siden. Og det er ikke ligegyldigt hvordan vingeformen på boomerangen vender. Når man kaster en boomerang på en normal måde, drejer den mod urets retning og derfor er det vigtigt, at vingeformene på boomerangen peger mod urets retning og sådan at de skaber "opdrift" i den samme retning.<sup>2 3</sup>

<sup>1</sup> <https://plus.maths.org/content/os/issue7/features/boomerangs/index>

<sup>2</sup> <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lift1.html>

<sup>3</sup> Figur 1: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lift\\_\(force\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_(force))

## Hvordan kaster man en boomerang?

DTU har på deres hjemmeside kasteinstruktioner til hvordan de mener man bør kaste sin boomerang sådan, at man kaster den optimalt. De skriver, at boomerangen skal hælde 10-30 grader til højre, at man skal sigte cirka 10 grader opad og at man skal kaste mod vinden og cirka 45 grader til højre for vindretningen.<sup>4</sup> For at gøre det nemmere for os selv, når vi laver vores egne boomeranger og tester dem, vil vi følge DTU's kastevejledning og finde den ideelle boomerang ud fra denne kastemetode.

## Derfor kommer boomerangen tilbage:

Boomerangen kommer tilbage af to grunde. For det første på grund af boomerangens armes form, der skaber det her tryk fra siden. Og for det andet på grund af dens rotation, der gør at boomerangen ikke bare flyver sidelæns og forhindrer den i at tilte i luften.

## Materialer og metoder:

### Forsøg/test af modeller:

Vi har anvendt krydsfiner træ til konstruktionen af vores boomeranger og vi har slebet dem for at opnå den "flapsform" som armene skal have. Når vi har testet vores boomeranger, har vi stået udenfor og haft en drone til at filme boomerangens bane. Vi har så lagt videoerne over på vores computer og har fået lagt boomerangernes bane ind i Geogebra og tegnet kurven op i Excel. Som nævnt i vores baggrundsviden kaster vi altid vores boomeranger 45 grader til højre mod vinden, 10 grader opad og med en 10-30 graders hældning til højre.



Figur 3 - Billedet er taget fra vores arbejdsproces. Her måler vi vægten af hver enkel boomerang.



Figur 2 - Billedet er taget fra vores arbejdsproces. Her saver vi boomerangen ud.

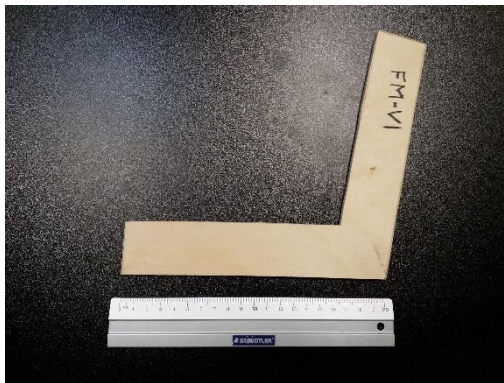
<sup>4</sup> <http://www.matematicum.dtu.dk/emner/boomeranger/kasteinstruktioner>

### Forsøg:

De første modeller, vi har lavet, er ligner den klassiske buede boomerang med to arme. Vi kalder dem "Første Model" og vi har lavet 7 forskellige versioner af den hvor vi har ændret vinklen i boomerangens midte.

#### Første Model - Version 1 (FM-V1):

| FM-V1            |                   |
|------------------|-------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ    |
| Antal arme       | 2                 |
| Længde på arme   | 18 cm             |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm            |
| Bredde på arme   | 4 cm              |
| <b>Vinkel</b>    | <b>100 grader</b> |
| <b>Flaps</b>     | <b>Ingen</b>      |
| Kanter           | Skarpe            |
| Vægt             | 58,94 gram        |



Vi tog som sagt udgangspunkt i boomeranger med to arme og valgte at starte med en vinkel på 100 grader. I version 1 lavede vi med vilje en boomerang uden flaps så man kan sammenligne og se hvilken forskel flapsene faktisk gør.

#### Første Model - Version 2 (FM-V2):

| FM-V2            |                    |
|------------------|--------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ     |
| Antal arme       | 2                  |
| Længde på arme   | 18 cm              |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm             |
| Bredde på arme   | 4 cm               |
| <b>Vinkel</b>    | <b>100 grader</b>  |
| <b>Flaps</b>     | <b>Indadvendte</b> |
| Kanter           | Skarpe             |
| Vægt             | 54,77 gram         |



Version 2 er fuldstændig ens med version 1, men med den forskel at vi her har lavet flaps. Flapsene vender dog ind mod hinanden og er derfor forkerte, da det kun er den ene, der skaber "lift force", når boomerangen roterer. Dette har vi gjort for at illustrere, hvor vigtigt det er, at flapsene vender korrekt.

### Første Model - Version 3 (FM-V3):

| FM-V3            |                   |
|------------------|-------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ    |
| Antal arme       | 2                 |
| Længde på arme   | 18 cm             |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm            |
| Bredde på arme   | 4 cm              |
| <b>Vinkel</b>    | <b>100 grader</b> |
| <b>Flaps</b>     | <b>Korrekte</b>   |
| Kanter           | Skarpe            |
| Vægt             | 51,36 gram        |



Version 3 har stadig en vinkel på 100 grader i midten og vi har denne gang slebet flapsene korrekt sådan, at boomerangen burde være funktionsdygtig.

### Første Model - Version 4 (FM-V4):

| FM-V4            |                  |
|------------------|------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ   |
| Antal arme       | 2                |
| Længde på arme   | 18 cm            |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm           |
| Bredde på arme   | 4 cm             |
| <b>Vinkel</b>    | <b>90 grader</b> |
| Flaps            | Korrekte         |
| Kanter           | Skarpe           |
| Vægt             | 52,22 gram       |



Nu hvor vi som udgangspunkt har funktionsdygtige boomeranger, i forhold til flapsene, har vi nu ændret vinklen til 90 grader så vi kan sammenligne boomeranger med forskellige vinkler.



### Første Model - Version 5 (FM-V5):

| FM-V5            |                   |
|------------------|-------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ    |
| Antal arme       | 2                 |
| Længde på arme   | 18 cm             |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm            |
| Bredde på arme   | 4 cm              |
| <b>Vinkel</b>    | <b>110 grader</b> |
| Flaps            | Korrekte          |
| Kanter           | Skarpe            |
| Vægt             | 52,26 gram        |



Vi har her ændret vinklen til 110 grader.

### Første Model - Version 6 (FM-V6):

| FM-V6            |                   |
|------------------|-------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ    |
| Antal arme       | 2                 |
| Længde på arme   | 18 cm             |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm            |
| Bredde på arme   | 4 cm              |
| <b>Vinkel</b>    | <b>120 grader</b> |
| Flaps            | Korrekte          |
| Kanter           | Skarpe            |
| Vægt             | 52,19 gram        |



Vi har her ændret vinklen til 120 grader.

### Første Model - Version 7 (FM-V7):

| FM-V7            |                  |
|------------------|------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ   |
| Antal arme       | 2                |
| Længde på arme   | 18 cm            |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm           |
| Bredde på arme   | 4 cm             |
| <b>Vinkel</b>    | <b>80 grader</b> |
| Flaps            | Korrekte         |
| Kanter           | Skarpe           |
| Vægt             | 50,33 gram       |



Vi har her ændret vinklen til 80 grader.

**Samlede skemaer for alle modeller:**

|                  | <b>V1</b>         | <b>V2</b>         | <b>V3</b>         | <b>V4</b>        | <b>V5</b>         | <b>V6</b>         | <b>V7</b>        |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ    | Krydsfiner træ    | Krydsfiner træ    | Krydsfiner træ   | Krydsfiner træ    | Krydsfiner træ    | Krydsfiner træ   |
| Antal arme       | 2                 | 2                 | 2                 | 2                | 2                 | 2                 | 2                |
| Længde på arme   | 18 cm             | 18 cm             | 18 cm             | 18 cm            | 18 cm             | 18 cm             | 18 cm            |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm            | 0,5 cm            | 0,5 cm            | 0,5 cm           | 0,5 cm            | 0,5 cm            | 0,5 cm           |
| Bredde på arme   | 4 cm              | 4 cm              | 4 cm              | 4 cm             | 4 cm              | 4 cm              | 4 cm             |
| <b>Vinkel</b>    | <b>100 grader</b> | <b>100 grader</b> | <b>100 grader</b> | <b>90 grader</b> | <b>110 grader</b> | <b>120 grader</b> | <b>80 grader</b> |
| Flaps            | Ingen             | Indadvendte       | Korrekte          | Korrekte         | Korrekte          | Korrekte          | Korrekte         |
| Kanter           | Skarpe            | Skarpe            | Skarpe            | Skarpe           | Skarpe            | Skarpe            | Skarpe           |
| Vægt             | 58,94 gram        | 54,77 gram        | 51,36 gram        | 52,22 gram       | 52,26 gram        | 52,19 gram        | 50,33 gram       |

Vores anden model har 3 arme. Dem kalder vi ”Anden Model” - forkortet som AM.

Alle vores 3-armede boomeranger har vinklerne 120 grader.

Vi har konstrueret 3 forskellige versioner af vores ”Anden Model”. Forskellen på de 3 boomeranger er længden på armene.

|                  | <b>V1</b>      | <b>V2</b>      | <b>V3</b>      |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| Materiale        | Krydsfiner træ | Krydsfiner træ | Krydsfiner træ |
| Antal arme       | 3              | 3              | 3              |
| Længde på arme   | <b>18 cm</b>   | <b>21 cm</b>   | <b>15 cm</b>   |
| Tykkelse på arme | 0,5 cm         | 0,5 cm         | 0,5 cm         |
| Bredde på arme   | 4 cm           | 4 cm           | 4 cm           |
| Vinkel           | 120 grader     | 120 grader     | 120 grader     |
| Flaps            | Korrekte       | Korrekte       | Korrekte       |
| Kanter           | Skarpe         | Skarpe         | Skarpe         |
| Vægt             | 73,4 gram      | 81,9 gram      | 65,8 gram      |

### Anden model - Version 1 (AM-V1):

| AM-V1                 |                |
|-----------------------|----------------|
| Materiale             | Krydsfiner træ |
| Antal arme            | 3              |
| <b>Længde på arme</b> | <b>18 cm</b>   |
| Tykkelse på arme      | 0,5 cm         |
| Bredde på arme        | 4 cm           |
| Vinkel                | 120 grader     |
| Flaps                 | Korrekte       |
| Kanter                | Skarpe         |
| Vægt                  | 73,4 gram      |



Armene er her 18 cm lange ligesom på de modeller med 2 arme. Det er her længden af armene, vi vil ændre på fra model til model.

### Anden model - Version 2 (AM-V2):

| AM-V2                 |                |
|-----------------------|----------------|
| Materiale             | Krydsfiner træ |
| Antal arme            | 3              |
| <b>Længde på arme</b> | <b>21 cm</b>   |
| Tykkelse på arme      | 0,5 cm         |
| Bredde på arme        | 4 cm           |
| Vinkel                | 120 grader     |
| Flaps                 | Korrekte       |
| Kanter                | Skarpe         |
| Vægt                  | 81,9 gram      |



Vi har her ændret armenes længde til 21 cm.

### Anden model - Versio 3 (AM-V3)

| AM-V3                 |                |
|-----------------------|----------------|
| Materiale             | Krydsfiner træ |
| Antal arme            | 3              |
| <b>Længde på arme</b> | <b>15 cm</b>   |
| Tykkelse på arme      | 0,5 cm         |
| Bredde på arme        | 4 cm           |
| Vinkel                | 120 grader     |
| Flaps                 | Korrekte       |
| Kanter                | Skarpe         |
| Vægt                  | 65,8 gram      |



Vi har her ændret armenes længde til 15 cm.

## Resultater og diskussion:

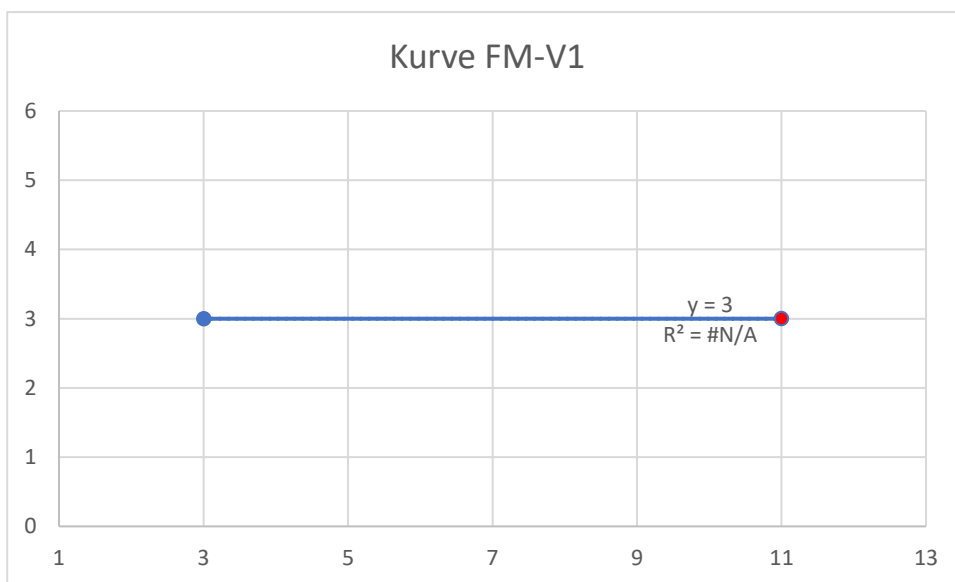
Når vi har testet vores boomeranger, har vi filmet det med drone, sådan at vi kan tegne og sammenligne de forskellige boomerangers flyvebane og vurdere hvilken af dem, der er den bedste, når vi taler om at udarbejde den boomerang, der mest effektivt, kommer tilbage til udgangspunktet.

Første model - Version 1 og version 2 er tiltænkt som eksempler på hvordan en boomerang helt sikkert ikke skal se ud, og bruges kun til at illustrere vigtigheden af flapsene.

Derefter kommer resten af boomerangerne som med større sandsynlighed vil virke.

**Rød prik** = stedet hvorfra der bliver kastet.

Flyvebane for version 1 og 2:



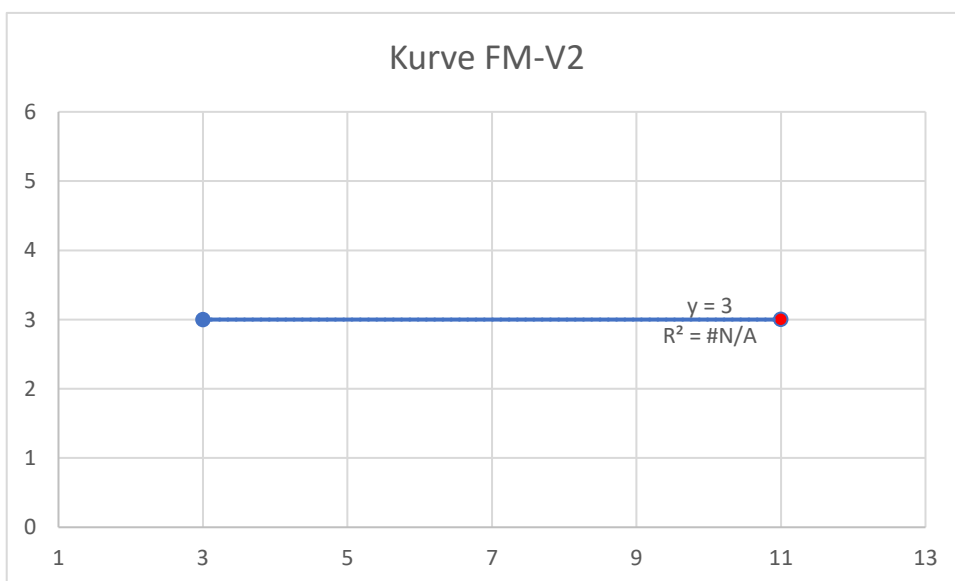
**Antal arme** - 2

**Vinkel** - 100 grader

**Flaps** - Ingen

**Observationer** -

Flyver lige i den retning man kaster den og falder hurtigt til jorden uden at ændre flyveretning.



**Antal arme** - 2

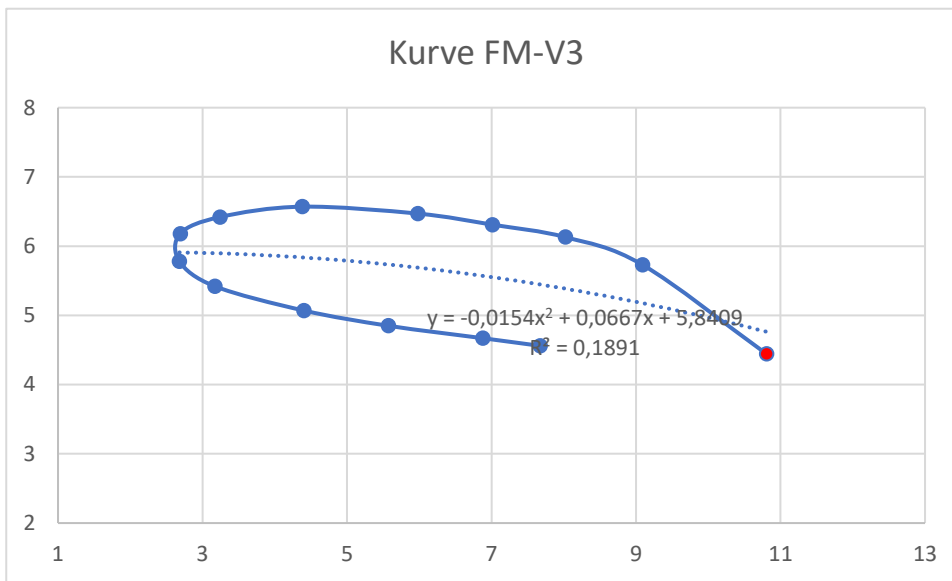
**Vinkel** - 100 grader

**Flaps** - Indadvendte

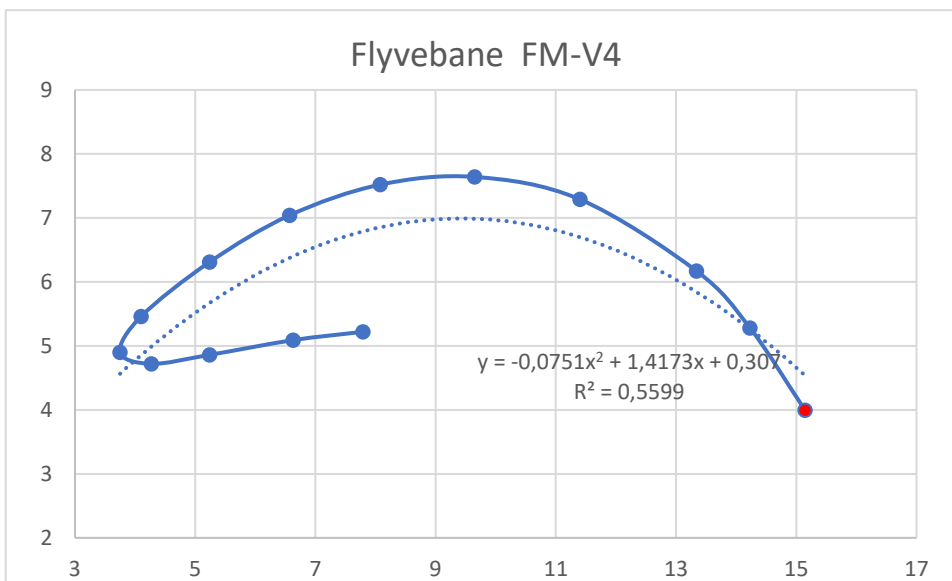
**Observationer** -

Flyver lige i den retning man kaster den. Bevæger sig lidt i luften, men ændre ikke betydeligt i flyveretningen. Falder hurtigt til jorden.

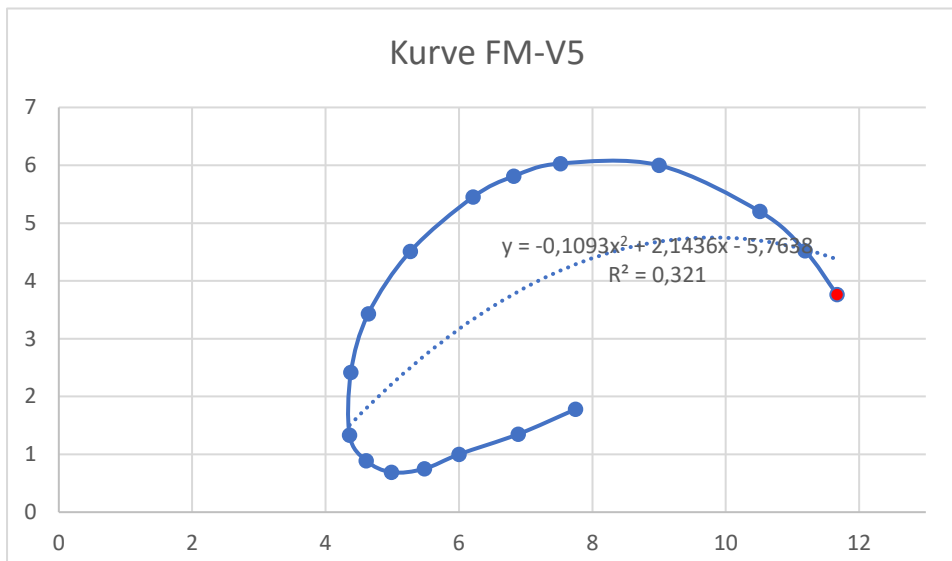
Flyvebane for version 3, 4, 5, 6 og 7:



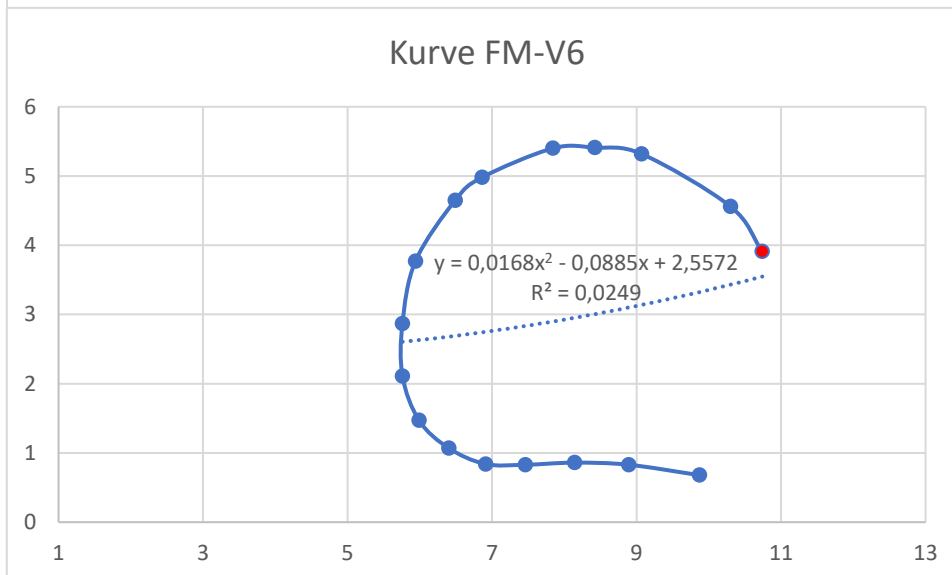
**Antal arme - 2**  
**Vinkel - 100 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -** Har problemer med at komme helt tilbage. Vender skarpt, men flyver i en tydelig smal bue.



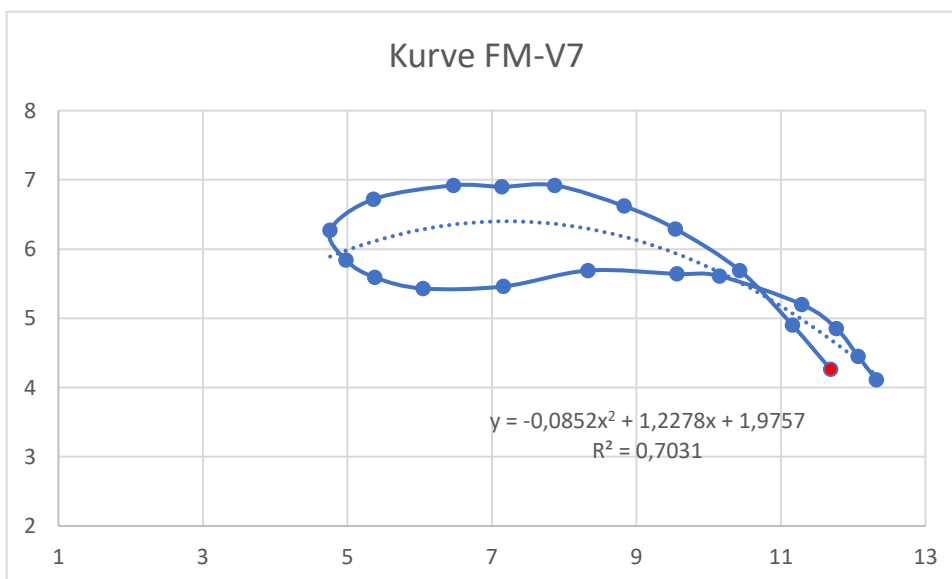
**Antal arme - 2**  
**Vinkel - 90 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -** Har problemer med at komme helt tilbage. Vender endnu skarpere end version 3. Har tendens til at flyve langt inden den vender.



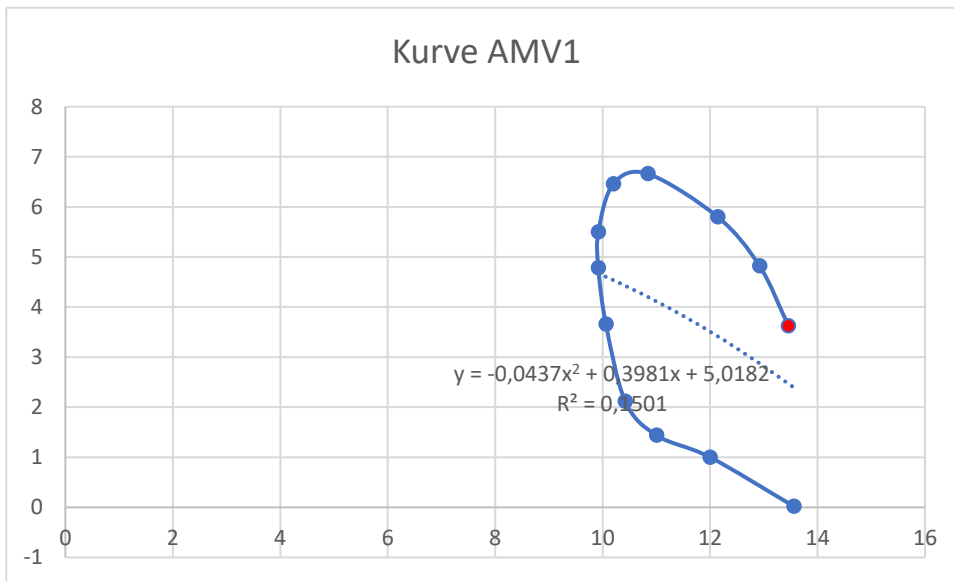
**Antal arme - 2**  
**Vinkel - 110 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -** Har problemer med at komme helt tilbage. Vender ikke skarpt, men flyver i stedet i en stor bred bue.



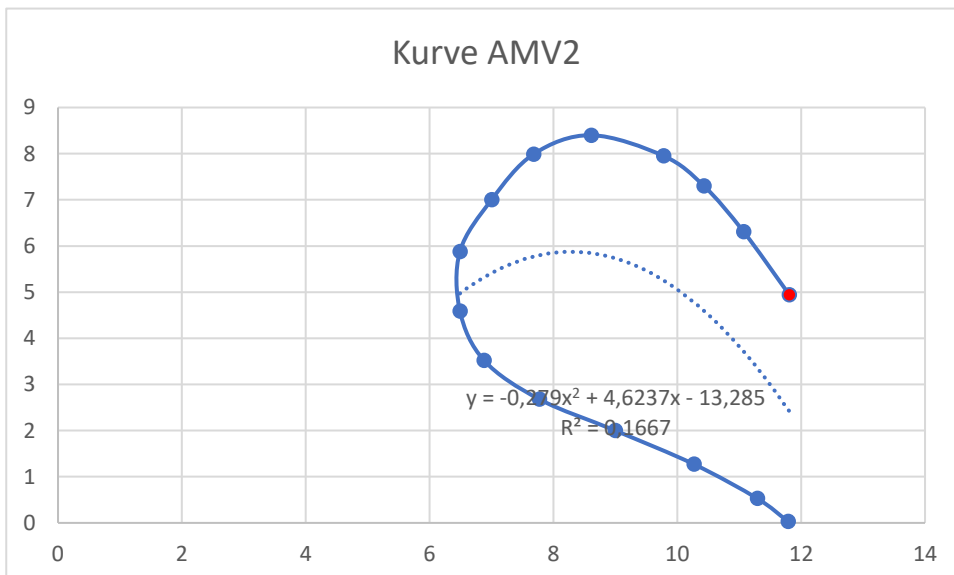
**Antal arme - 2**  
**Vinkel - 120 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -** Flyver i en meget bred bue. Kommer tilfredsstillende tilbage, men har tendens til at lande meget langt til højre for udgangspunktet.



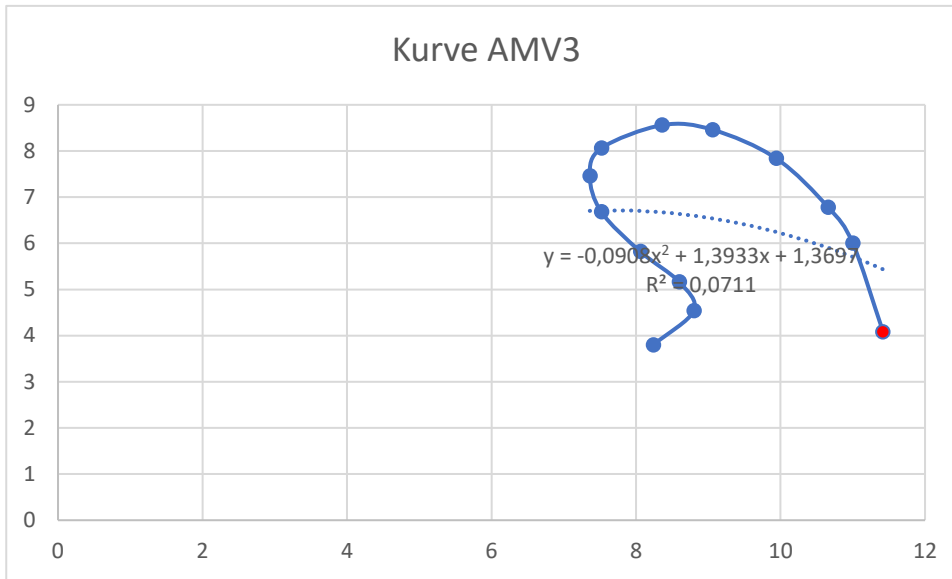
**Antal arme - 2**  
**Vinkel - 90 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -** Vender meget skarpt. Kommer helt tilbage til udgangspunktet og har faktisk tendens til at lande lige bagved hvis ikke man griber den. Det er perfekt da man skal gribe den i luften. Den bedste model.



**Vinkel** - 120 grader  
**Flaps** - Korrekte  
**Observationer** -  
 Flyver i en oval bue.  
 Den kommer fint tilbage, men den lander langt væk fra udgangspunktet.



**Vinkel** - 120 grader  
**Flaps** - Korrekte  
**Observationer** -  
 Dennes flyvebane er mere rund.  
 Boomerangen vender og kommer tilbage, den lander bare meget langt fra udgangspunktet.



**Vinkel - 120 grader**  
**Flaps - Korrekte**  
**Observationer -**  
 Denne flyver i en mindre bue, og den flyver ikke lige så langt.  
 Den lander stadig et godt stykke fra udgangspunktet.

Vores bedste model er FM-V7. Den vender skarpt og kommer tilbage til udgangspunktet. Derudover kan man på vores kurver se, at jo lavere vinklen på boomerangen er, jo skarpere vender boomerangen, og jo smallere bliver flyvebanen. Samtidig bliver flyvebanen større, og boomerangen vender i en større bue, når vinklen bliver større. Når vinklen bliver større, får boomerangen også en tendens til at lande til højre for udgangspunktet.



## Perspektivering:

Vi er langt fra færdige med dette spændende projekt, da vi ønsker at lave endnu flere forsøg, hvor vi tester forskellige materialer og metoder.

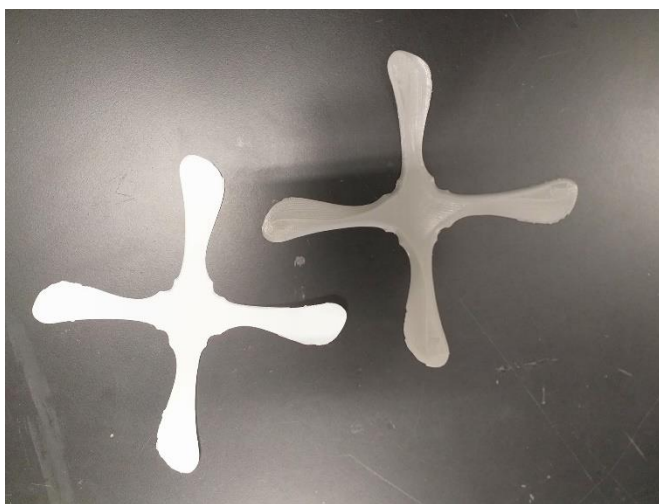
Vi har indtil nu kun produceret samt testet forskellige boomeranger i én type træ nemlig krydsfiner. Der findes mange forskellige typer af træ, hvor nogle er tungere eller lettere end andre, som kan have væsentlig betydning for boomerangens tilbagekomst.

Vi har også mulighed for at lave boomeranger i andre materialer såsom plastik. Når vi med vores træmodeller nærmer os en ideel boomerang vil vi 3D printe modellerne og på den måde få mere præcise modeller. Vi er allerede i gang med at teste 3D printning af boomeranger for at få en fornemmelse af det. Vi har printet tre boomeranger hvoraf én er printet forkert og de to andre helt simpelt er dårligt printet. Men nu ved vi hvordan vi skal forbedre os på den front, når vi i fremtiden vil inkludere 3D printede boomeranger i projektet.

Derudover ønsker vi at gå mere i dybden med, hvor stor en betydning antallet af arme/vinger på boomerangen har.



*Figur 4 - Billedet viser en af vores 3D printede boomeranger. Flapsformene vender modsat hinanden og den er derfor ubrugelig.*



*Figur 5 - Billedet viser de to andre boomeranger vi har prøvet at printe. Vi har erfaret, at vi har printet dem alt for tynde og flapsformene er ikke markante nok.*

## Konklusion:

Vi kan konkludere vigtigheden af, at boomerangernes arme skal være flapsformede som flyvinger for at opnå lift force. Lift force er sammen med boomerangens rotation grunden til at den vender og kommer tilbage.

Projektet går ud på at udarbejde den ideelle boomerang. Det kan vi ikke påstå at vi har gjort endnu. I et projekt som vores vil man altid kunne forbedre og vil fortsætte med at lave modeller i vores jagt på at finde en boomerang, der er endnu bedre end den forrige.

Ud fra de modeller vi har lavet indtil videre, kan vi konkludere, at boomeranger med to arme som har en stor vinkel, vil flyve i en meget rund bane og lande til højre for udgangspunktet. Hvorimod, at en boomerang med to arme og en mindre vinkel vil vende skarpere og styre mere direkte mod udgangspunktet. Især vores model nummer 7 (FM-V7) fløj i en meget smal bane og landede tæt på udgangspunktet. Faktisk fløj den ofte lige over udgangspunktet og det er jo det bedste da man skal gribe den i luften.

Så model FM-V7 er indtil videre vores bedste bud på den ideelle boomerang.

## Vores viderearbejde:

Vi har siden, vi indsendte vores rapport i februar produceret samt testet flere forskellige boomeranger.

Vores nye og videreudviklede boomeranger har alle 3 arme. De er alle udskåret i krydsfiner træ.

Vi har i alt fremstillet 3 nye boomeranger. Alle boomerangernes vinkler er 120 grader. Forskellen på boomerangerne er længden på deres arme. Vi har lavet en boomerang, hvor armene er 18cm lange, ligesom armene på vores første model. Derudover har vi lavet en boomerang, hvor armene er 3cm længere, og en hvor armene er 3cm kortere.

Vi har naturligvis kastet vores nye boomeranger og filmet det med dronen.

Derefter har vi så lagt videoerne over på vores computer og har lagt boomerangernes baner ind i Geogebra, lavet regressionsanalyser og tegnet kurven op i Excel.

Ingen af de 3-armede boomeranger kom helt tilbage til udgangspunktet, som er formålet med vores projekt, så "FM-V7" er hidtil stadig vores bedste og mest velfungerende boomerang.