

# Rapport - Rotationsenergi

...

Det er særlig godt, at eleven her skelner mellem **usikkerheder** og på næste side **fejl**.

Det er også godt, at eleven har et fornuftigt bud på, **størrelsen** af usikkerheden.

## Usikkerheder

### Hvor bliver kuglen sluppet?

Kuglen kunne være blevet sluppet lidt forskellige steder på rampen. Selv om vi var omhyggelige med at slippe kuglen fra præcis den samme position gang på gang, så kan der være lidt usikkerhed i, hvor den starter fra. Vi brugte det blotte øje til at afgøre, at kuglen blev sluppet ud fra en bestemt skrue på rampen hver gang. Vi vurderer, at startpositionen kan variere med op til 1 mm fra den ønskede startposition.

### Måling af starthøjde

Enhver aflæsning af data er forbundet med en måleusikkerhed. Starthøjde og sluthøjde blev aflæst med en lineal med øjemål. Vi vurderer, at der kan være op til 1 mm usikkerhed i aflæsning af disse højder.

### Måling af kuglens diameter

Kuglens diameter blev målt med en skydelære af metal. Usikkerheden ved aflæsning på skydelære er meget lille – måske kun omkring 0,1 mm. Det ville have givet en afvigelse i kuglens omkreds og ændret værdien af vinkelhastigheden. Den skal senere i anden potens hvilket gør en lille afvigelse vil vægte mere, da det ganges med sig selv. Fint at du er opmærksom på, at en usikkerhed her (eller en fejl i opmåling/aflæsningen) vil resultere i at afvigelsen kommer i anden potens. Nogle afvigelser gør mere ondt end andre.

### Hastighedsmåling

Som nævnt tidligere i eksempel er hastigheden også målt med en lille afvigelse. Gennemsnittet giver dog alligevel et ret godt billede af hastigheden. Det kan ses i databehandlingen og med en regressionslinje i et koordinatsystem. Med en afvigelse på 2,5 % er det ikke hastigheden som kan have forårsaget resultatet. Ja, for "fejlen" på det endelige resultat er væsentlig større end 2,5 %. Fint.

### Afrunding

Til sidst er der afrundingerne ved decimaltal. Godt nok har Excel selv afrundet tallene med given mængde decimaler. Men det kunne godt være gjort mere præcist. Det er kun de mest afgørende decimaler som er taget med.

**Eks.  $\pi = 3,14$**  (Kun 2 decimaler) pyt med det. Det er under 0,1 % fejl.

Alle 5 eksempler på usikkerheder er relevante.  
3 af dem er direkte knyttet til målinger.

4 gode eksempler på mulige fejlkilder

Fejlkilder kan jo være meget forskellige. Afsnittene om den skæve rampe og især rulleradius kunne passende være suppleret af skitser.

## Fejlkilder

### Bordets hældning

Bordet kunne have haft en lille hældning. Vi kunne have målt om bordet stod i vatter inden forsøget begyndte, men det fik vi ikke gjort. Det er en fejlkilde, der vil påvirke mange data i forsøget. Heriblandt måling af højde og selve rampens hældning. Men vi har ingen vurdering af størrelsen af denne eventuelle fejl. [Åh, ja. Det havde jeg ikke tænkt på. Regner altid med at bord og gulv er vandret.](#)

### Skæv rampe

Rampen stod skævt. Vi rettede den lidt op selv. Det kan have effekt på kuglens rotationsevne og dermed påvirke energien. Vi kan på ingen måde være sikker på at rampen endte med at stå præcist lige, men må antage at der er en lille faktor som har været fælles for alle dataene. Derved kan kuglerne stadig sammenlignes indbyrdes, da den samme rampe blev brugt. [ok](#)

### Fejl på vægten

Vægten vi brugte til at finde kuglens masse kunne også være gået i stykker og vist en forkert masse på displayet. Man kan sige at vi brugte en vægt med kun 1 decimal på displayet. Der kunne vi have benyttet en med flere decimaler og dermed også få en mere præcis vægt på de 2 kugler. Massen udgør også en stor faktor i rotationsenergien, men så langt nede i decimalerne vil stadig ikke kunne forårsage de helt store ændringer ved udregningerne. [Gå evt. en tur ind i kemi og lån deres præcise vægt.](#)

### Kuglens radius og dens rulleradius

Kuglens radius er målt uden at tage højde for den ruller lidt nede i skinnen.

Det vil give en mindre omkreds og dermed en større rotationshastighed og rotationsenergi. Stålkuglen var endnu mindre end gummikuglen og er derfor påvirket mere af denne fejlkilde.

Man skulle i stedet have taget højde for det stykke af kuglen som ligger nede i skinnen, når man beregnede en omkreds. [Perfekt. Jeg har faktisk regnet ud, hvor meget mindre rotationsenergien bliver, hvis man regner med en mindre rulleradius på kuglen. Den bliver en smule mindre, men særlig meget.](#)