

NV-håndbogen 2023

Naturvidenskabelig metode

Den naturvidenskabelige metode

Måle/observere Analysere Modellere ...



Hvad er naturvidenskab.....	3
Den naturvidenskabelige arbejdsmetode.....	3
<i>NV-trekanten.....</i>	<i>4</i>
Variable.....	5
<i>Kvalitative og kvantitative variable.....</i>	<i>5</i>
<i>Afhængig og uafhængig variabel.....</i>	<i>5</i>
<i>Variabelkontrol.....</i>	<i>6</i>
<i>Sammenhæng mellem variable.....</i>	<i>6</i>
Forsøg - design af forsøg.....	8
<i>Variabelkontrol.....</i>	<i>8</i>
<i>Fejlkilder.....</i>	<i>8</i>
<i>Måleusikkerhed.....</i>	<i>8</i>
<i>Kontrolforsøg.....</i>	<i>9</i>
<i>Dobbeltbestemmelse.....</i>	<i>9</i>
<i>Reproducerbarhed.....</i>	<i>9</i>
<i>Biologisk variation.....</i>	<i>10</i>
Data - behandling af data.....	10
<i>Forsøgsbeskrivelse.....</i>	<i>10</i>
<i>Grafer.....</i>	<i>11</i>
<i>Figurtekster.....</i>	<i>11</i>
<i>Beregninger.....</i>	<i>11</i>
<i>Betydende cifre.....</i>	<i>12</i>
Formål, hypoteser og konklusioner.....	13
Modeller og teori.....	14
<i>Kvalitative modeller.....</i>	<i>14</i>
<i>Kvantitative modeller - regressionslinjer og fit.....</i>	<i>15</i>
Analyse af et eksempel: Håndtryk.....	17
<i>Tur nr. 1: Fra iagttagelse til model.....</i>	<i>17</i>
<i>Tur nr. 2: Er modellen korrekt.....</i>	<i>18</i>
<i>Tur nr. 3: Fra model til data.....</i>	<i>19</i>

Hvad er naturvidenskab

Naturvidenskab er viden om, hvordan vores verden – naturen - er skruet sammen. De naturvidenskabelige fag stiller spørgsmål til naturens opbygning og naturens processer. Svarene leveres i form af modeller, love og teorier, som er den bedste beskrivelse af naturen, vi kan give på nuværende tidspunkt. Efterhånden som vi får nye erfaringer og bliver klogere, må de forbedres og ændres, og somme tider erstattes af nye og bedre teorier.

Al naturvidenskab baserer sig på eksperimenter eller iagttagelser af verden omkring os. De naturvidenskabelige fag udgøres af:

- Astronomi
- Biologi
- Bioteknologi
- Fysik
- Kemi
- Naturgeografi

Matematik er altså IKKE et naturvidenskabeligt fag, men benyttes i udbredt grad som et ”sprog” i de naturvidenskabelige fag.

Den naturvidenskabelige arbejdsmetode

Al naturvidenskab bygger på målinger eller iagttagelser af naturen og verden omkring os. For at opnå naturvidenskabelig viden gør man brug af **naturvidenskabelig arbejdsmetode**. Arbejdsmetoden omfatter blandt andet:

- Brug af modeller og teorier
- Indsamling af data ved hjælp af observationer af naturvidenskabelige fænomener. Observationerne kan ske ved kontrollerede laboratorieforsøg eller ved feltarbejde, hvor observationerne gøres i naturen.
- Brug af repræsentationsformer i form af tal, tabeller, grafer, figurer samt matematiske og kemiske formler.

Al god teoridannelse starter med en **undren** og bygger på **viden**, som man har på forhånd. Viden kan være i form af modeller, teorier eller anden forforståelse. På den baggrund opstiller man en **hypotese**. Der udvikles et forsøg, som har til formål at be- eller afkræfte hypotesen. I forsøget indsamles **data** og med udgangspunkt i disse data kan der opstilles en ny eller bedre **teori** eller en **model**. Den nye teori kan give yderligere undren og denne undren kan give anledning til en ny hypotese osv. osv.

For at stole på resultaterne fra forsøget skal man arbejde på en bestemt måde:

- Man skal være **objektiv**. Det vil sige at eksperimentet eller undersøgelsen ikke må være påvirket af egne følelser, holdninger.
- Man skal også forsøge at udelukke utilsigtede forhold - **fejkilder** - som fx temperatursvingninger, varierende pH eller ændringer i lysforhold. Man skal på denne måde gennemføre undersøgelsen under så **kontrollerede** forhold som muligt. Laboratorieforsøg er typisk meget kontrollerede, mens feltforsøg i langt højere grad bliver påvirket af omgivelserne.

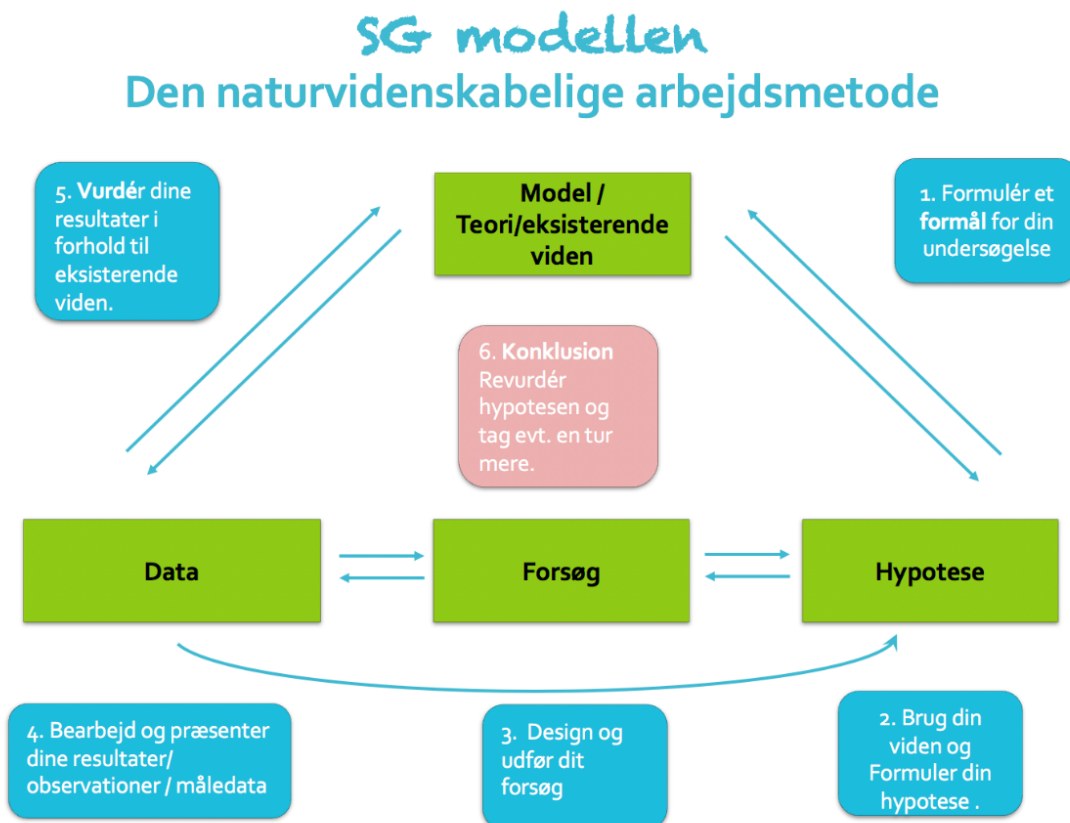
- Forsøg skal kunne **gentages** af andre forskere på nøjagtig samme måde og med samme resultat. Derfor er det afgørende, at forskerne beskriver udførelsen af deres eksperimenter og opsamling af resultaterne så detaljeret som muligt.

Når man går fra det konkrete tilfælde til det generelle tilfælde, arbejder man **induktivt**. Hvis en teori giver anledning til et nyt forsøg, går man fra det generelle til det konkrete og arbejder **deduktivt**.

I forbindelse med større skriftlige opgaver (SRO og SRP) i naturvidenskab vil nogle opgaver være baseret på egne eksperimenter eller feltundersøgelser, mens andre kan være baseret på anvendelse af eksisterende modeller og teorier. Desuden kan en opgave også være baseret på en kritisk gennemgang af andres eksperimentelle arbejde.

NV-trekanten

NV-trekanten beskriver, hvordan der sker en evig udveksling mellem viden, forsøg og data. Viden har vi i form af modeller, teorier eller erfaringer, og data har vi i form af måledata, observationer og resultater.



Variable

Når naturvidenskab beskriver verden omkring os, beskriver vi ofte sammenhænge mellem **variable**. Når noget varierer, altså kan have forskellige værdier, siger vi at det "noget" er en variabel.

Kvalitative og kvantitative variable

Variable kan være **kvalitative** eller **kvantitative**:

Kvalitative variable beskrives med ord.

Når man ønsker at finde en sammenhæng mellem kvalitative variable, vil man først sortere sine resultater for derefter at undersøge om der er en sammenhæng.

Kvantitative variable beskrives med tal.

Når vi ønsker at finde en sammenhæng mellem kvantitative variable, benytter vi som regel grafer.

Kvantitative variable har normalt et **navn**, en **forkortelse** og en **enhed** og en **værdi**. Enhederne for de variables værdier forkortes som regel også. I Danmark følger vi det internationale SI-system med bl.a. kilogram (kg), meter (m) og sekunder (s) som grundenheder.

- **Eksempel: Kvalitativ variabel**

En iagttaget variabel kunne være *personens påklædning*. Variablen kunne så have værdierne:

personen har tøj på

og

personen har ikke tøj på

- **Eksempel: Kvantitativ variabel**

En målt variabel kunne fx være *temperaturen, T*. Værdierne kunne så være: 20°C, 25°C, 30°C osv.

Navnet er Temperatur, **Forkortelsen** er T, **Enheden** er °C og én af **værdierne** er 25°C

Når data opdeles i kvalitative og kvantitative, vil de kvalitative data normalt altid kunne omdannes til kvantitative data i de naturvidenskabelige fag - det handler bare om at have de rigtige redskaber og metoder til at omdanne de "kvalitative" størrelser til målbare størrelser.

- **Eksempler: Fra kvalitativ til kvantitativ**

Et stofs opløselighed som let- eller tungtopløseligt kan omsættes til hvor mange gram der kan opløses pr. 100 mL.

Farver kan beskrives i forhold til bølgelængden af den elektromagnetiske stråling, der reflekteres.

Blødheden af en kartoffel kan måles med en kraftmåler, hvor man måler hvor stor kraft der skal til for at deformere kartofflen.

Man må altså ikke sammenligne "kvalitative" data i naturvidenskab med de kvalitative data i samfundsfag og humaniora.

Afhængig og uafhængig variabel

En **uafhængig** variabel er en variabel, som man selv kan ændre værdien på. I matematik kaldes den ofte for x.

En **afhængig** variabel er en variabel, der har en værdi, der afhænger af værdien af en eller flere uafhængige variable. I matematik kaldes den ofte for y.

Variabelkontrol

I et eksperiment styres antallet af variable, så man kun har **to variable i spil på én gang**: En uafhængig og en afhængig. Det kan sagtens tænkes, at andre variable påvirker forsøget, men man forsøger at undgå det ved at holde de andre variable konstante.

- **Eksempel 1: Metaltråde**

Man vil undersøge forskellige metaltråde, der skal bruges som varmelegeme i en el-kedel. Man ønsker selvfølgelig at bruge mindst muligt materiale til varmelegemet og måler derfor sammenhængen mellem trådenes materiale og hvor meget varme, Q , tråden afgiver. Trådens varmeafgivelse, Q , afhænger også af trådens længde og trådens tykkelse. Vi har altså 4 variable i spil: Materiale, Varmeafgivelse, Længde, Tykkelse. Da vi vil undersøge sammenhængen mellem Materiale og Varmeafgivelse, skal de to variable Længde og Tykkelse være konstante. Man skal altså sørge for at alle de undersøgte metaltråde har samme tykkelse og samme længde.

- **Eksempel 2: Svedmængde**

En elev undersøger svedmængden under en løbetur på 10 km og finder frem til at løberen sveder 0,65 L i løbet af 60 minutter. Forsøget gentages en uge senere. Men nu sveder personen 1,20 L i løbet af 60 minutter. Da anden måling er så forskellig fra den første måling er undersøgelsens resultat ikke reproducerbart. Det kan eksempelvis skyldes at der ikke tages højde for vejret, personens væskebalance osv. Hvis gentagne målinger ikke giver samme resultat, er det ikke reproducerbart. Det fortæller at forsøget/undersøgelsen ikke er designet godt nok, idet der er ikke styr på alle relevante variable.

Sammenhæng mellem variable

I naturvidenskab er vi ofte interesserede i sammenhænge mellem variable. Altså: Hvad sker der med den afhængige variabel, når vi ændrer den uafhængige variabel.

Kvalitative variable

Når man ønsker at finde en sammenhæng mellem kvalitative variable, vil man først sortere sine resultater for derefter at undersøge om der er en sammenhæng.

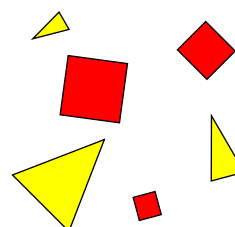
Kvantitative variable

Når vi ønsker at finde en sammenhæng mellem kvantitative variable, benytter vi ofte grafer.

Eksempel: Geometriske figurer

På figuren ses forskellige geometriske figurer. De variable og deres værdier er kvalitative:

Variabel	Værdi(er)
Størrelse	lille, mellem, stor
Farve	rød, gul
Form	trekant, kvadrat
Figur nr.	1,2,3,4,5,6



Ved en sortering:

Figur nr.	1	2	3	4	5	6
Farve	gul	gul	gul	rød	rød	rød
Figur	trekant	trekant	trekant	kvadrat	kvadrat	kvadrat

Vi ser en sammenhæng mellem **figur** og **farve** Når variabelen farve = gul, er figuren = trekant. Når variabelen farve = rød, er variabelen figur = kvadrat.

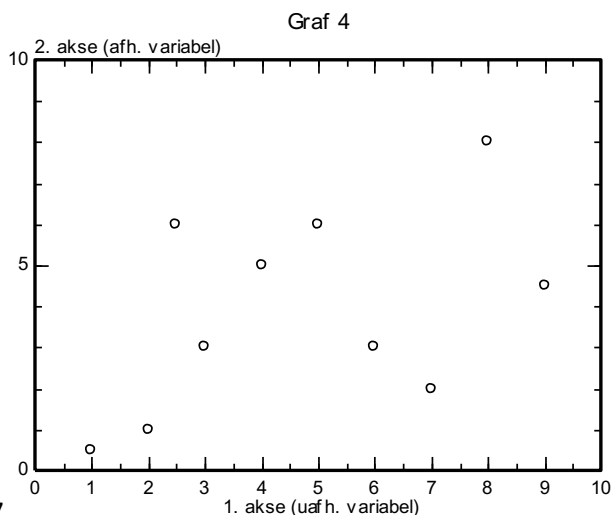
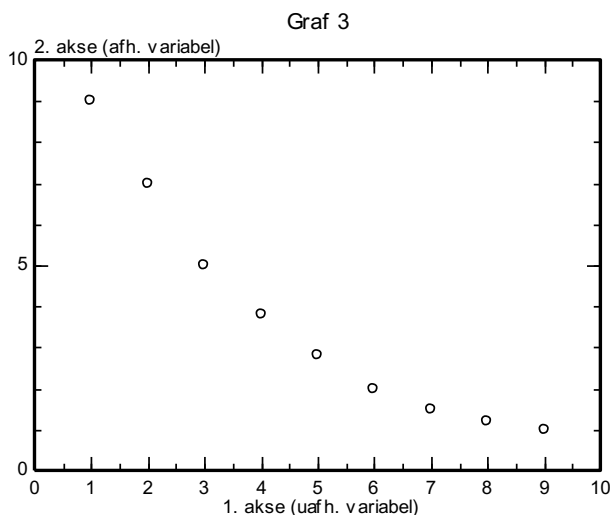
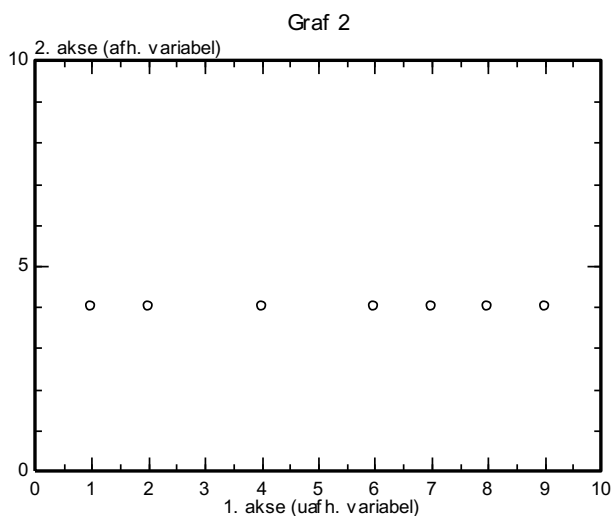
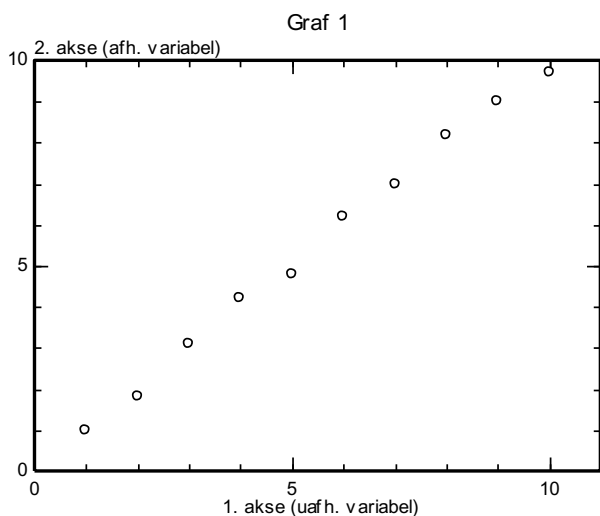
Eksempel: Sammenhæng mellem kvantitative variable

På figurene ses 4 forskellige måleserier af nogle forskellige variable.

- Figur 1 viser en række målepunkter hvor vi kvalitativt kan sige at der gælder at jo større x-værdi jo større y-værdi.
- Figur 2 viser en række målepunkter hvor y er konstant. Så her er variabelen y uafhængig af variabelen x
- Figur 3 viser en række målepunkter hvor der gælder at jo større x-værdi jo mindre y-værdi.
- Figur 4 viser en samling målepunkter som ligger tilfældigt spredt. Der er ingen sammenhæng mellem variabelen x og variabelen y (eller også er der en meget kompliceret sammenhæng)

For Figur 1 og figur 3 vil man herefter gå ind og finde en matematisk sammenhæng mellem x og y. Man laver en **matematisk model** for sammenhængen mellem x og y.

På figur 1 kan vi se at målepunkterne passer med $Y = 1 \cdot x$. På figur 3 kan vi at målepunkterne passer med $y = 1/x$



Forsøg - design af forsøg

Variabelkontrol

I et eksperiment styres antallet af variable, så man kun har **to variable i spil på én gang**: En uafhængig og en afhængig. Det kan sagtens tænkes, at andre variable påvirker forsøget, men man forsøger at undgå det ved at holde de andre variable konstante. Se eksempler i afsnittet "Variable".

Fejlkilder

Fejlkilder er faktorer som påvirker forsøget, men som vi ikke måler direkte. Vi ved ikke på forhånd hvor store disse er. Men vi designer forsøget, så de er så få og så små som muligt. Fejlkilder er således variable vi ikke har helt styr på.

Fejlkilder vil ofte påvirke alle resultater i samme retning.

- **Eksempel**

Varmeafgivelse til omgivelserne er et eksempel på en fejlkilde, der påvirker alle resultater i samme retning. Det sker fx i ved opvarmning af vand i en elkedel, hvor alle temperaturer bliver målt for lave i forhold til det forventede, fordi der hele tiden afgives varme til omgivelserne.

Måleusikkerhed

Der er altid en usikkerhed på målingerne. Man angiver en måling med så mange cifre, at man højst er i tvivl om rigtigheden af det sidste ciffer. Hvis målte tal indgår i en beregning, bruges alle kendte cifre i mellemregninger. Først i slutfacit foretages en afrunding.

Måleusikkerhed vil påvirke resultaterne i tilfældige retninger.

- **Eksempel**

Man måler længden af et spisebord med et målebånd. Den mindste enhed på målebåndet er 1 mm = 0,001 m. Så måleusikkerheden vil være mindre end eller lig med 1 mm. Det sidste ciffer i måletallet skal derfor ligge på 3. ciffer efter kommaet. Man kan derfor angive længden til fx $L = 2,343 \pm 0,001$ m.

Hvis man angiver længden som $L = 2,34$ m har man samtidig angivet at usikkerheden er $\pm 0,01$ m = 1 cm og det er jo 10 gange større end 1 mm!

Matematisk set er 2,34 det samme som 2,340, men i de eksperimentelle fag angiver de to tal at der er forskel på målenøjagtigheden.

- **Eksempel**

En elev undersøger om saltvand og ferskvand koger ved samme temperatur. Elevens måler at både saltvand og ferskvand koger ved $100 \pm 1^\circ\text{C}$. Elevens konklusion: Saltvand og ferskvand har samme kogepunkt.

For at teste dette foretager en gruppe forskere den samme undersøgelse - men med et termometer med en måleusikkerhed på $0,02^\circ\text{C}$. De finder frem til at kogepunktet faktisk er lidt højere for saltvand. Konklusion: Saltvand og ferskvand har forskellige kogepunkter.

Så måleusikkerheden betyder noget for konklusionen.

Kontrolforsøg

Et kontrolforsøg er et forsøg, hvor man sikrer sig, at den variabel man undersøger (den uafhængige variabel) rent faktisk har en effekt på den variabel man måler (den afhængige variabel). Det kan man gøre ved simpelthen at opstille en præcis kopi af sit forsøg, men hvor den uafhængige variabel ikke er til stede.

- **Eksempel**

Gødning og plantevækst: [Videoforklaring med gødning](#)

- **Eksempel**

Hvis man vil undersøge om det smertestillende stof morfin har en smertestillende effekt hos personer der lige har brækket et ben, så må man både have en gruppe forsøgspersoner, som indtager piller der indeholder morfin, og en gruppe personer som indtager piller, der ikke indeholder noget smertestillende stof (fx kalkpiller). I de efterfølgende dage kan man spørge forsøgspersonerne om, hvor mange smerter de oplever (fx på en skala fra 1-10), og på den måde kan man afgøre om morfin har en effekt.

- **Eksempel**

Hvis man under en pandemi vil undersøge om det har en effekt for smittespredning af Coronavirus på en skole, når eleverne bærer mundbind, så må man både have skoler, hvor eleverne skal bære mundbind, og skoler hvor eleverne ikke bærer mundbind. Efter nogle måneder vil man kunne tælle op, hvilke skoler der har haft flest smittede og på den måde afgøre om mundbind har en effekt. Dette forsøgsdesign er dog mindre kontrolleret end det første eksempel, fordi det udføres som feltforsøg ("i naturen"). Der er således mange variable som man kan have svært ved at holde konstante - fx: Er der lige meget smitte i de områder skolerne ligger i? Er eleverne på skolerne lige gode til at holde afstand? Er eleverne på skolerne lige gode til at spritte af?

Dobbeltbestemmelse

For at minimere måleusikkerhed og fejlkilder gentager man selv forsøget eller de individuelle målinger to eller eventuelt flere gange. Hvis forsøget er med levende organismer, undersøges to eller flere "ens" organismer under identiske forhold - det kan du læse mere om under biologisk variation.

Reproducerbarhed

Der er reproducerbarhed, når en ny måling af andre forskere andre steder giver samme resultat. Andre forskere skal altså kunne gentage ens forsøg/undersøgelse og komme til samme resultat. For at de kan gøre det, skal metoden være præcist beskrevet. Kravet om dokumentation (forsøgsbeskrivelse og efterbehandling) hænger altså sammen med kravet om reproducerbarhed. I hverdagen ser vi også reproducerbarhed, når alle øvelseshold i en klasse når frem til samme resultat.

- **Eksempel**

I 1989 inviterede kemikerne Martin Fleischmann og Stanley Pons til et pressemøde, hvor de annoncerede, at de i laboratoriet havde lavet fusion ved stuetemperatur - såkaldt "kold fusion" - en revolutionerende opdagelse da fusion normalt kun opstår ved meget høje temperaturer, så det ville kunne ændre hele vores energiproduktion. Allerede få timer efter pressemødet var forskere verden over i gang med at kopiere Fleischmanns og Pons' forsøgsopstilling. Men INGEN kunne reproducere resultaterne. Det viste sig at være et fupnummer.

Biologisk variation

Biologisk variation henviser til at man vil få forskellige resultater alt afhængig af den person (eller organisme) som man måler på, og afhængigt af det tidspunkt man måler på. Den biologiske variation kan grundlæggende forklares af to overordnede faktorer: *Genetisk variation* eller en *interaktion med omgivelserne*. Som tidligere nævnt vil man gerne undgå at flere variable varierer i et forsøg, men i forbindelse med forsøg med levende organismer kan det være svært pga. den biologiske variation. Det kan sjældent lade sig gøre helt at fjerne den biologiske variation - i stedet må man vurdere hvilke variable indenfor den biologiske variation der kan have størst indflydelse på forsøget, og så forsøge at holde dem konstante. Det kan fx være hvilken planteart man bruger, alderen på ens forsøgspersoner osv. I dyreforsøg kan man indavle dyr, så de bliver næsten genetisk ens og på den måde næste fjerne den biologiske variation.

- **Eksempel**

Hvis man måler kropsvægten på eleverne i en klasse, så vil den variere pga. biologisk variation - dette kaldes for den *inter-individuelle* variation. Men for den enkelte person vil vægten også variere hen over et år, og denne variation kaldes *intra-individuel* variation. Årsagerne kan være, at nogle af eleverne i klassen er genetisk disponeret for overvægt, men det kan også være forskellige interaktioner med omgivelserne, der giver forskellig kropsvægt - fx kostvaner, fritidsinteresse, sygdom mm.

- **Eksempel**

Hvis man vil undersøge, hvor meget pulsen stiger når en typisk gymnasieelev går fra at sidde stille til at løbe med 10 km/t, så må man være opmærksom på, at det vil variere meget fra person til person pga. biologisk variation. Nogle personer vil pga. deres gener have et stort hjerte og derfor generelt lavere puls, og derfor også en lavere pulsstigning ved løb. Andre vil på samme måde have en lav pulsstigning, fordi de ofte konditionstræner og derfor også har et stort og stærkt hjerte. Løsningen på problemet afhænger af, hvad ens formål er. I dette tilfælde er vi interesseret i pulsstigningen for en "typisk gymnasieelev", og man kan derfor måle pulsstigningen for en eller flere klasser og så udregne gennemsnittet. Her er det netop vigtigt, at der er en stor biologisk variation i forhold til variable der kunne spille ind på pulsstigningen, fx køn og træningsstilstand. I andre tilfælde kunne man være interesseret i at undersøge, hvordan pulsstigningen ændrer sig for en bestemt elev, altså den intra-individuelle variation, og så må man måle flere gange på den samme elev over en periode på fx et halvt år.

Data - behandling af data

Forsøgsbeskrivelse

Forsøg beskrives så andre kan eftergøre eksperimentet. Der skal normalt være en materialeliste og et foto eller en figur af forsøgsopstillingen. Beskrivelsen skal forklare hvad man rent faktisk selv gjorde og ikke skrives i bydeform (imperativ). Beskrivelsen kan dog godt være i punktform.

- **Eksempel på beskrivelse af forsøgsudførelse**

Materialer: Grøn laser, gitter med 300 streger pr. mm, Målebånd, Spejl

Udførelse:

Vi startede med at stille laseren og det optiske gitter op med støtte fra træklodser. Det optiske gitter placerede vi 98 cm fra den væg, som lyset skulle spredes ud på.

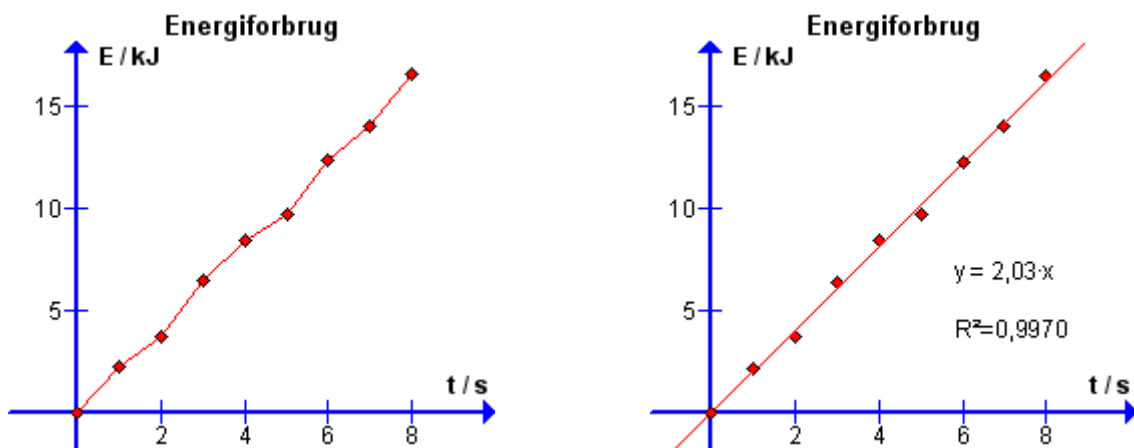
Laseren var placeret vinkelret mod gitteret og gitteret vinkelret mod væggen. Dette tjekkede vi ved at sætte et spejl op på væggen, og sørge for, at laserstrålen reflekteredes direkte tilbage, hvor den kom fra.

Vi målte afstanden fra gitteret til væggen og mellem lysprikkerne, der gav 1. orden. Herefter målte vi afstandene mellem 2. ordenspletterne, mellem 3. ordenspletterne osv. Vi aflæste alle længder med et målebånd. Vi anslår måleusikkerheden til at være ca. 3 mm på alle målingerne. Vi var omhyggelige med ikke at komme til at skubbe til gitteret under forsøget, da dette vil ødelægge vores målinger.

Grafer

Grafer skal indeholde:

1. Overskrift
2. Symbol og enhed på akserne
3. Målepunkter (forbind IKKE målepunkterne)
4. Beskrivelse af grafen, og analyse af sammenhæng med teori
5. Angivelse af regression
6. Analyse og sammenhæng med teori



Figur 1: En forkert og en rigtig tegnet lineær graf.

Figurtekster

Alle figurer skal forsynes med en tekst nedenunder, som indeholder:

- Overskrift
- Evt. en forklarende tekst
- Kildehenvisning.

Beregninger

Beregninger dokumenteres så man tydeligt kan følge tankegangen:

1. Opskriv de størrelser, man kender med enheder
 2. Opskriv den formel, der skal bruges
 3. Indsæt tal med enheder i formlen
 4. Resultat med enhed udregnes.
 5. Angiv resultatet med korrekt antal betydende cifre. I mellemregninger medtages alle cifre.
- **Eksempel**
Opgave: Beregn omkredsen for en cirkel med radius 2,3 cm.

Besvarelse:

Jeg ved at: $r = 2,3 \text{ cm}$.

Jeg beregner omkredsen:

$$O = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 2,3 \text{ cm} = \pi \cdot 4,6 \cdot \text{cm} \approx 14,45133 \cdot \text{cm}$$

Da der kun er 2 betydende cifre i den oplyste radius, skal facit også afleveres med 2 betydende cifre. Dvs:

Cirkelns omkreds er: $O = 14 \text{ cm}$

Betydende cifre

Ved antallet af betydende cifre i et tal forstås antallet af tal, fraregnet **foranstående** nuller. Foranstillede nuller kan altid "slettes" ved hjælp af en passende titelsekspont.

Tal med ét betydende ciffer :	3	0,003	$3 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^{-1}$
Tal med to betydende cifre :	30	0,0030	$3,0 \cdot 10^6$	$9,1 \cdot 10^{-1}$
Tal med tre betydende cifre :	300	0,00300	$3,00 \cdot 10^6$	$9,13 \cdot 10^{-1}$

Måler man f.eks. massen af et stof til 2,345 g, udtrykker man, at man er sikker på 2,3, og 4, men ikke på sidste ciffer 5.

Hvis et tal indgår i en beregning, bruges alle kendte cifre i mellemregninger. Først i slutfacit foretages en afrunding til det antal betydende cifre der er lig med antallet af betydende cifre i det tal med færrest betydende cifre.

- **Eksempel**

Opgave: En cylinder har en højde på 11,0 cm og en radius på 2,3 cm. Beregn cylinderens volumen.

Besvarelse:

Jeg ved nu at $h = 11,0 \text{ cm}$ og $r = 2,3 \text{ cm}$

Volumen af en cylinder er givet ved: $V = h \cdot A$, hvor h er højden af cylinderen og A er arealet af grundfladen.

Grundfladens areal beregnes ud fra formlen: $A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2,3 \text{ cm})^2 \approx 16,61903 \cdot \text{cm}^2$

Da der skal regnes videre med tallet, tages alle cifre med i næste beregning:

Cylinderens volumen: $V = h \cdot A = 11,0 \text{ cm} \cdot 16,61903 \cdot \text{cm}^2 = 182,8093 \cdot \text{cm}^3$

Da der kun er 2 betydende cifre i radius skal facit også afleveres med 2 betydende cifre. Det vil sige at facit er:

- Cylinderens volumen er: $V = 1,8 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$

Formål, hypoteser og konklusioner

Forsøg starter altid med et formål, man laver normalt en hypotese eller en påstand, og der afsluttes med en konklusion.

Formålet beskriver, hvad det er man ønsker at undersøge.

En **hypotese** er et fagligt begrundet udsagn, en påstand eller en idé om udfaldet af et eksperiment eller en anden naturvidenskabelig undersøgelse. Det er altså ikke bare et gæt, men en fagligt begrundet antagelse om resultatet af undersøgelsen.

Konklusionen beskriver forsøgets resultater og evt. om hypotesen blev bekræftet.

- **Eksempel 1: Gærcellers aktivitet**

Erfaring viser at brød hæver hurtigere ved stuetemperatur end i køleskabet.

- **Formål:** At undersøge hvordan gærcellers aktivitet stiger med temperaturen
- **Hypotese:** Gærcellernes aktivitet stiger med stigende temperatur
- **Undersøgelse:** Vi følger gærcellernes aktivitet ved at følge den dannede mængde CO₂ ved forskellige temperaturer mellem 10 og 70 grader C.
- **Konklusion:** Aktiviteten stiger indtil et maksimum ved omkring 40 grader C, hvorefter den falder til nul ved ca. 65 grader C. Vi fik altså kun delvis bekræftet vores hypotese.

- **Eksempel 2: Årstiderne**

Vi har erfaret at årstiderne skifter i løbet af et år. Samtidig ved vi, at jo tættere man kommer på en varmekilde - her er det Solen - jo varmere er der.

- **Formål:** At undersøge sammenhængen mellem årstiderne og afstanden til en varmekilde.
- **Hypotese:** Vi har forskellige årstider på grund af Jordens varierende afstand til Solen.
- **Konsekvenser af denne hypotese:** Det vil der være sommer, når Jorden er tæt på Solen og vinter, når Jorden er langt fra Solen. Alle lande på hele jordkloden vil derfor have samme årstider på samme tid.
- **Observation:** Når den nordlige halvkugle har sommer, har den sydlige halvkugle vinter og omvendt. Det kan man jo nemt konstatere ved at ringe til Australien.
- **Konklusion:** Hypotesen forkastes, da den ikke passer med observationen. Det er altså IKKE Jordens varierende afstand til Solen der skaber årstiderne.

- **Eksempel 3: Dansk vand**

Vi har konstateret at der er bobler i dansk vand og vi har målt at dansk vand har en lav pH-værdi - det er en sur opløsning. Vi ved at opløst kuldioxid kan danne kulsyre. På denne baggrund opstilles formål og hypotese:

Formål: At undersøge om surhedsgraden i en dansk vand skyldes opløst kuldioxid.

Hypotese: En dansk vand, der bobler, har en sur pH-værdi (5,0) på grund af opløst kuldioxid, som danner kulsyre.

Undersøgelse: I laboratoriet opvarmes dansk vand, hvilket får kuldioxiden til at afgasse. Vi måler herefter pH-værdien, som er neutral.

Konklusion: Vi fik hypotesen bekræftet, dvs. at dansk vand er en sur opløsning på grund af opløst kuldioxid.

Modeller og teori

Modeller beskriver eller forklarer sammenhænge mellem forskellige elementer eller forskellige variable. Fælles for modeller er, at de bruges på udvalgte dele af virkeligheden, og de er derfor en forsimplet beskrivelse af den verden der beskrives, og dermed har de også en begrænsning.

En **teori** er en videnskabelig alment accepteret forklaring på et fænomen eller et område af virkeligheden. Når mange forskere har fået samme resultater som følge af deres undersøgelser kan modeller bliver ophøjet til **teori**.

Til beskrivelse af modeller bruges forskellige **repræsentationsformer**. I naturvidenskab gør vi i høj grad brug af Tal, Grafer, Formler (matematiske og kemiske) og figurer. Disse repræsentationsformer suppleres af ord og tekst.

Kvalitative modeller

- Mikroskopisk model
Her forsøger man at forstå naturvidenskabelige fænomener ved at se på de mindste dele.

Eksempel: 1. Vi kan lave en mikroskopisk model af luft ved at tænke på luftens molekyler er hoppebolde eller billardkugler, som støder mod hinanden. På baggrund af en sådan model kan vi forstå hvorfor trykket stiger, når man varmer luften i en beholder op.

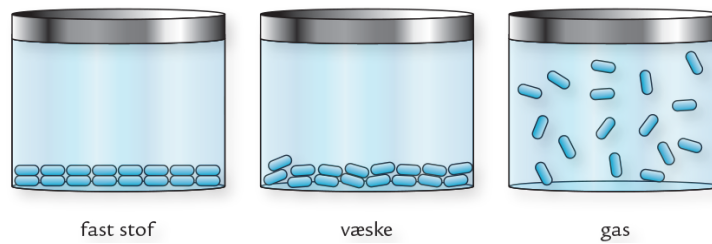
2. At en vanddråbe kan sidde fast på din finger, kan forklares ved at se på hvordan elektroner forskydes på atomart niveau i vandets molekyler.

- Makroskopisk model
Ved en makroskopisk beskrivelse betragter man systemet som helhed.

Eksempel: Man betragter ikke længere de enkelte atomer i en vanddråbe, men vanddråben som helhed. Her kan vi beskrive vanddråbens tilstand ved at angive dets temperatur, tryk, farve, lugt, stofsammensætning, energi osv. Det afhænger af fag og problemstilling, hvad vi opfatter som en helhed.

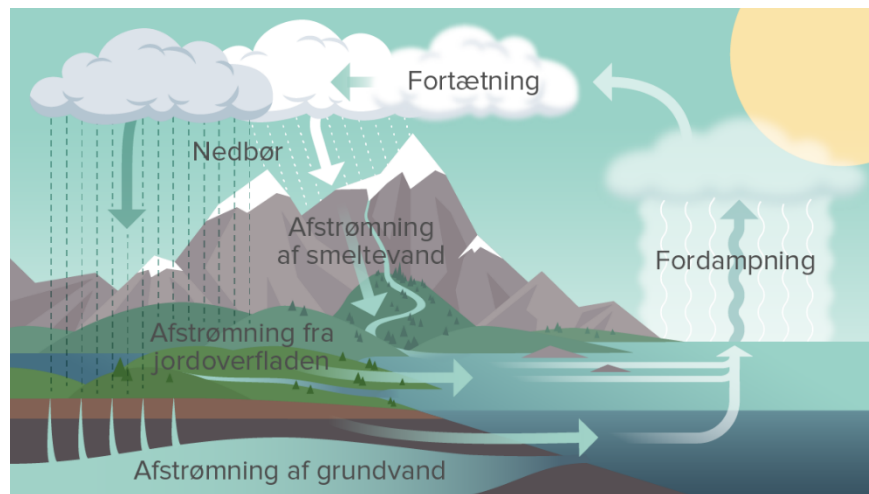
Eksempel: I biologi betragter vi hjertet som et organ. Samtidigt ved vi jo godt, at hjertet består af celler - som i sidste ende består af atomer osv. Men, hvis vi skal forklare hjertets funktion, betragter vi hjertet som en helhed - et organ. Vi har således en makroskopisk model for hjertet. Skal vi forklare hvordan hjertemusklen kan trække sig sammen er vi nødsaget til at se på muskelcellens opbygning og ser dermed ikke længere på hjertet som helhed men på cellen som helhed.

- Begrebsmodel
En tegning eller illustration som har til formål at knytte forskellige begreber sammen.



Figuren viser hvordan begreberne, *fast*, *flydende (smeltet)* og *gastilstand* hænger sammen med molekylernes afstande mellem hinanden

<https://sites.google.com/site/emiliogeline/vand/vands-tilstandsformer>



Figur.: Eksempel på en begrebsmodel: Model af vandets kredsløb.

<https://portals.clio.me/dk/biologi/emner/basis-oekologi/kredsloeb/vandets-kredsloeb-i-de-levende-organismer/>

Kvantitative modeller - regressionslinjer og fit

En matematisk model kan beskrives ved hjælp af en (eller flere) matematiske formler, som indeholder de forskellige variable. En regressionslinje (eller andre fit) beskriver en matematisk sammenhæng mellem de to variable x og y . Den matematiske model beskrives altså ved hjælp af en ligning, der viser sammenhængen mellem x og y .

Vi ser på nogle eksempler med lineære sammenhænge. Det vil sige at sammenhængen mellem den uafhængige variabel, x og den afhængige variabel, y , kan skrives som: $y = a \cdot x + b$. Her er a hældningen og b er grafens skæring med y -aksen.

- **Eksempel 1**

Panten for en ølkasse er 12,50 kr. mens panten for en ølflaske er 1,50 kr. Hvis man kommer til Fakta med en kasse med x tomme ølflasker kan den samlede pant, y , beregnes med formlen: $y = 1,5 \cdot x + 12,5$ Hvis vi tegner en graf med den samlede pant på y -aksen og antal tomme ølflasker i kassen på x -aksen vil vi få en ret linje, som skærer y -aksen i 12,5 kr. og med en hældningskoefficient på 1,5 kr./flaske.

- **Eksempel 2:**

Trykket, p , i et svømmebassin afhænger af dybden, h , under overfladen på følgende måde: $p = k \cdot h + P_0$, her er k en konstant og P_0 er trykket ved overfladen. Hvis vi sammenligner med den generelle forskrift $y = a \cdot x + b$, kan vi se at y svarer til p , a svarer til k x svarer til h b svarer til P_0 . Det betyder, at hvis vi laver en graf med h på x-aksen og p på y-aksen, så vil vi få en ret linje med en hældningskoefficient, der er k og en afskæring på y-aksen i P_0 .

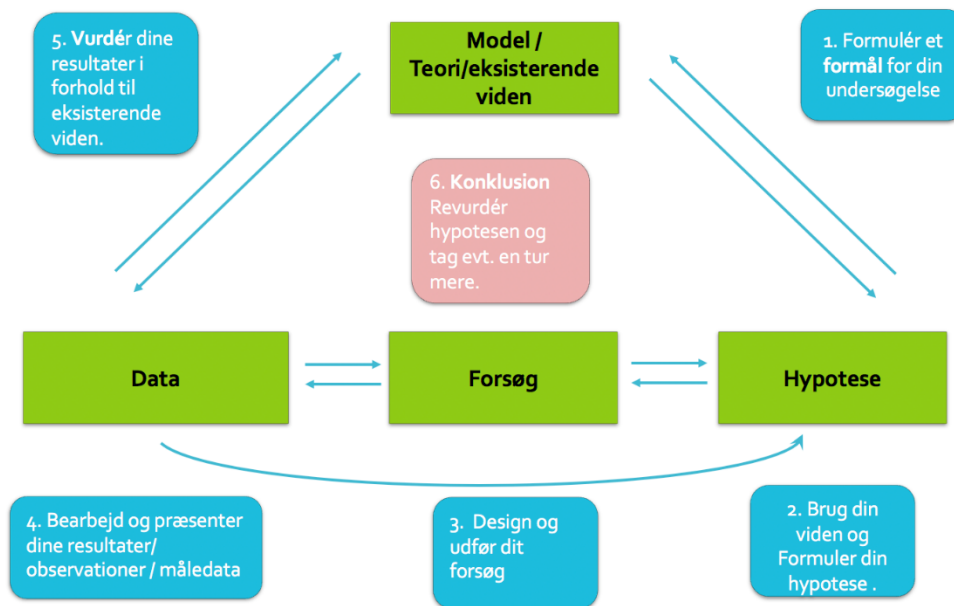
- **Eksempel 3**

Hvis x og y er ligefrem proportionale betyder det, at sammenhængen er: $y = a \cdot x$. Det er altså en lineær sammenhæng ($y = ax + b$) hvor $b = 0$. At to størrelser er proportionale betyder fx, at hvis x -værdien fordobles, så fordobles y -værdien også.

- **Eksempel 4**

I Føtex kan man fredag og lørdag købe 100 g slik for 6,95 kr. dvs. 0,0695 kr. for 1 g. Hvis vi betegner y med prisen for x gram slik, vil der være følgende sammenhæng mellem prisen på slik, og mængden af slik: $y = 0,0695 \cdot x$ Vi siger at prisen er proportional med mængden af slik med proportionalitetskonstant 0,0695

Analyse af et eksempel: Håndtryk



Tur nr. 1: Fra iagttagelse til model

UNDREN: Hvor lang tid tager det at sende et signal mellem forskellige personer - altså hvad er reaktionstiden?

FORMÅL: I et forsøg ønsker vi at undersøge nogle personers reaktionstid.

MODEL / TEORI: Der findes ingen teoretisk viden om dette emne ud over dagligdags erfaringer.

HYPOTESE: Hypotesen bygger på de dagligdags erfaringer, og vi "gætter": En person er 3 sekunder om at sende et håndtryk videre.

FORSØG: I forsøget måles sammenhængen mellem den tid det tager at nå rundt i en kreds af forskelligt antal personer. De to variable er derfor signaltiden, t og antal personer N . Antal personer, N er den **uafhængige variabel** og da signaltiden, t afhænger af antal personer er signaltiden, t den **afhængige variabel**. Personerne står med ryggen til hinanden, så de ikke kan sende signaler ved hjælp af fx bevægelser, der kan ses. Man forsøger altså at have **variabelkontrol** ved kun at variere to variable ad gangen. De to variable er **kvantitative**, da deres værdier angives med tal. Fx $t = 34,58$ s og $N = 10$.

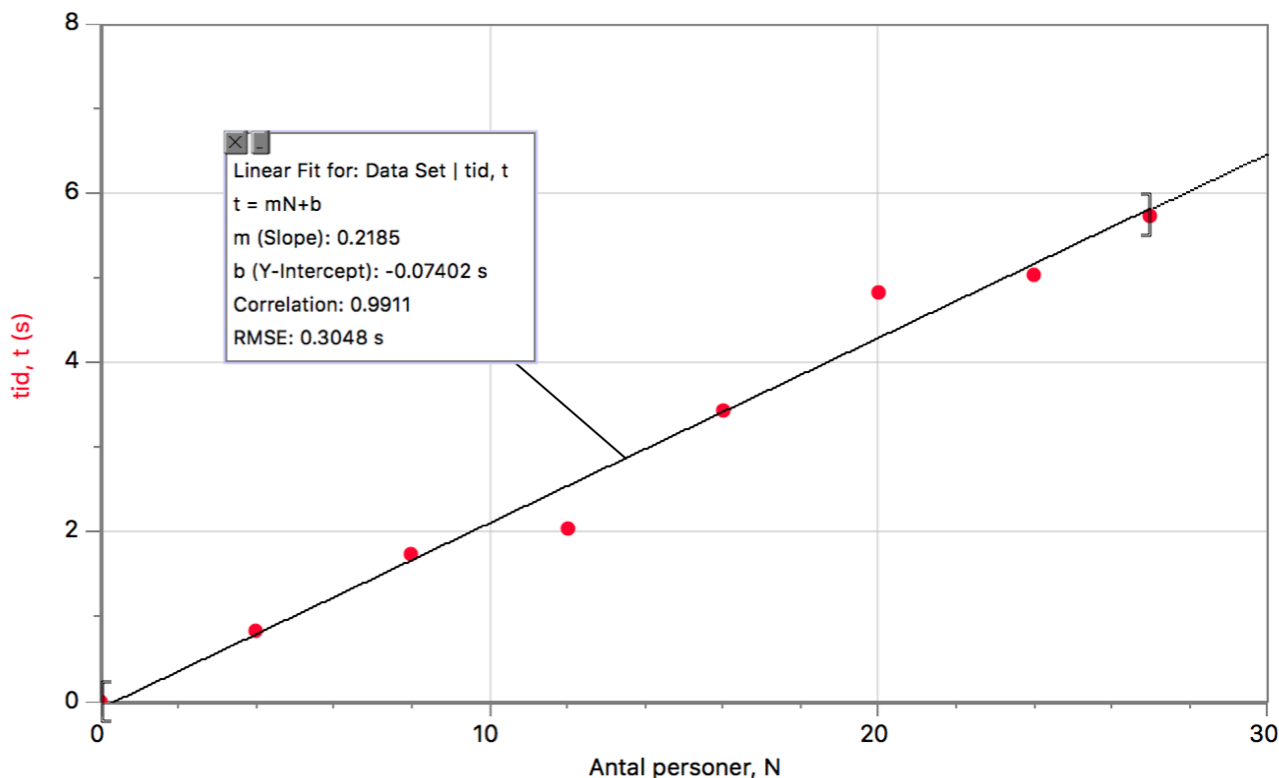
DATA: Vores data består af en serie sammenhængende værdier af (t , N). Disse værdier indtegnes i et koordinatsystem og der laves lineær regression. Målepunkterne ligger tæt på den rette linje og korrelationen ligger tæt på 1,00. - Grafen er på næste side.

MODEL: Linjens ligning er derfor en **matematisk model** for sammenhængen mellem signaltid og antal personer. Vi kan fortolke linjens hældning som signaltiden pr. person og dermed det vi kalder *reaktionstid*. Modellen er en **forsimpling** af virkeligheden, da det er tvivlsomt at alle personer har præcis samme reaktionstid.

Vi gør brug af typiske **repræsentationsformer** i naturvidenskab da vi bruger en tabel med måledata, et koordinatsystem med målepunkter og en matematisk formel i form af linjens ligning

KONKLUSION: Vi har fundet at der er følgende sammenhæng mellem signaltid, t og antal personer, N :
$$t = 0,2185 \cdot N - 0,07042$$

Dvs. der er en reaktionstid på 0,2185 s pr. person. Vores **hypotese** om en reaktionstid på 3 sekunder er forkastet, da vi ikke kan forklare den store afgivelse med relevante fejlkilder eller måleusikkerheder.



Vi har nu taget én tur rundt i nv-trekanten

Tur nr. 2: Er modellen korrekt

Vi kan nu tage en ny tur rundt i nv-trekanten:

FORMÅL: At undersøge om modellen er korrekt.

TEORI/MODEL

Denne gang har vi en matematisk model for sammenhængen mellem signaltid og antal personer.

Modellen bruges til at til at beregne signaltiden for et bestemt antal personer.

HYPOTESE: Hypotesen bliver nu at det tager fx 2,19 s for 10 personer. Forsøget gentages med de 10 personer. Hvis signaltiden passer med hypotesen har vi fået bekræftet den matematiske model.

Hvis forsøget gentages et antal gange af andre og alle når frem til samme resultater er der reproducerbarhed.

I dette tilfælde er forsøget blevet gentaget af alle 1g-klasser på Skanderborg Gymnasium. Alle klasser får pæne rette linjer, men hældningerne ligger i et interval på 0,15-0,45 s. Dette kan ikke forklares ved måleusikkerheder, så der må være noget i forsøget, som vi ikke helt har styr på.

Tur nr. 3: Fra model til data

Hvis vi tror på modellen, kan den bruges til at beregne et konkret resultat. Her går vi direkte fra MODEL til DATA

