

HVERDAGSFYSIK

Hvor hård er en kogt kartoffel?

Forfatter: Jens Christian Hansen
Redaktør: Søren Storm
Korrekturlæst og faktatjekket af:
Vibeke Axelsen (Egaa gymnasium)
Kim Vedel Pedersen (Nørre Gymnasium)
Margit From

Støttet af: **novo nordisk fonden**

Hej elever!

I jeres undersøgelse skal I:

1. Opstille en hypotese der forklarer en observation fra videoen
2. Opstille et eksperiment der kan afkræfte eller bekræfte jeres hypotese
3. Udføre eksperimentet og opsamle data
4. Bekræfte eller afkræfte hypotesen ud fra en analyse af de opsamlede data

Følg punkterne herunder. Der er hjælp på side 2 og 3.

1. Hypotesen

Gå sammen i grupper. Skriv en observation ned i kassen. Opstil en hypotese der forklarer observationen. Bestem den uafhængige og den afhængige variabel i din hypotese.

Observation	Hypotese	Uafhængig variabel
(Der er hjælp på side 2)		
		Afhængig variabel

2. Eksperimentet

Kort beskrivelse af jeres eksperiment
(Der er hjælp på side 3)

3. Opstil og udfør eksperimentet

Nu kan I udføre eksperimentet. Lav et skema til dataene, så det passer til eksperimentet. Tjek efter at der kun er 2 variable i spil: Den afhængige og den uafhængige. Når I har opsamlet data, kan I gå videre til punkt 4. Der er hjælp på side 3.

4. Databehandling

Ved en analyse af data, vurderer I om hypotesen kan be- eller afkræftes.
Der er hjælp på side 3

Eksempler på observationer

- Der er en synlig grænse mellem den tilberedte del af kartoflerne og den rå del
- Det tager længere tid at tilberede kartofler i en ovn, end i vand, også selvom temperaturen er højere
- Store kartofler skal tilberedes i længere tid end små
- Hårdheden af kartoflerne falder ikke *ligefrem proportionalt* med kernetemperaturen

Hjælp til Hypoteser

Første skridt er at noget I har observeret, bliver omskrevet til en hypotese. Herunder er et eksempel på en observation der omdannes til en hypotese, som vi kalder hypotese (1).

Observation	Hypotese	Uafhængig variabel
Store kartofler skal tilberedes i længere tid end små	"Stigningen i kernetemperaturen for kartofler med forskellige masser, vil hvis de koges i vand i lige lang tid, aftage lineært med massen (1)"	Massen af kartoflen
		Afhængig variabel
		Kernetemperaturen i kartoflen

Bemærk her at hypotesen (1) beskriver en matematisk sammenhæng mellem kernetemperaturen og kartoflernes masse.

Hjælp til afhængige og uafhængige variable

Hypotese (1) er formuleret på en sådan måde at den kun udtaler sig om hvordan én variabel (den afhængige) afhænger af en anden variabel (den uafhængige). Det kalder man også for variabelkontrol. Det gør man for at undgå at andre variable, end den man vil undersøge, har indflydelse på resultatet.

I vores eksempel er *massen af kartoflen* den uafhængige variabel og *stigningen i kernetemperaturen* den afhængige variabel. Den uafhængige variabel er altså den vi kontrollerer, mens den afhængige er den vi måler.

Hjælp til et eksperiment

Eksempel på beskrivelse:

For at teste hypotesen (1) måler vi:

- 1) Kernetemperaturen i kartoflerne (den afhængige variabel) efter et fastsat tidsrum
- 2) Massen af kartoflerne (den uafhængige variabel).

Vi skal bruge et ur, en vægt og et termometer.

Kartoflerne har ligget i flere timer i rummet, og har dermed stuetemperatur. Opvarm vand til det koger. Vælg en kartoffel og vej den. Et termometer føres så langt ind i kartofflen, at det når centrum af kartofflen. Starttemperaturen noteres. Herefter lægges kartofflen i det kogende vand. Efter 6 minutter tages kartofflen op af vandet. Temperaturen noteres. Dette gentages for alle kartofler.

Eksempel på et forsøgsskema:

Starttemperaturen for alle kartofler er $20,6^{\circ}\text{C}$

Opvarmning i 6 min i kogende vand						
Masse (g)	23,5	32,3	42,5	53,7	81,1	103,2
Kernetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	73,0	65,7	59,3	52,3	43,5	37,5
Stigning i temp. ($^{\circ}\text{C}$)	52,4	45,1	38,7	31,7	22,9	16,9

Hjælp til Databehandling

Kan hypotesen (1) be- eller afkræftes ud fra vores data? Vi tager udgangspunkt i dataene i hjælpen ovenfor. Hypotesen i eksemplet udtaler sig om en lineær aftagende afhængighed. Vi laver derfor en regression med funktionen $y = a \cdot x + b$, hvor $a < 0$, på datasættet. Du kan se en hjælpevideo af hvordan man gør [her](#). I videoen kan du se, at hypotesen afkræftes. Selvom forklaringsgraden $R^2 \sim 0,96$, er det tydeligt, at de målte punkter, passer dårligt til regressionsgrafen. Det underbygges af residualplottet.

Hjælp til "hjemmemålinger"

I videoen "Hvor hård er en kogt kartoffel?", kunne man tydeligt se den rå del af kartofflen blive mindre. Hvis du ikke har adgang til et termometer, kan du måle afstanden fra den kogte overflade til den rå kerne, med en lineal. Den uafhængige variabel kunne da være kartofflernes masse, eller tiden kartoflerne har været i vandet.



Ekstraopgaver

Opgave 1 (C/B/A-niveau)

Identificér de uafhængige og afhængige variable:

Hypotese	Uafhængig variabel	Afhængig variabel
Temperaturen i kartoflen afhænger af den tid, den har været i kogende vand.	Tiden	Temperaturen
Hårdheden af kartoflen afhænger af kernetemperaturen i kartoflen.		
Hårdheden af kartoflen afhænger af den tid kartoflen har været i kogende vand.		
Temperaturen i kartofler, der opvarmes i vand med samme temperatur i samme tidsrum, aftager med kartoflernes masse.		

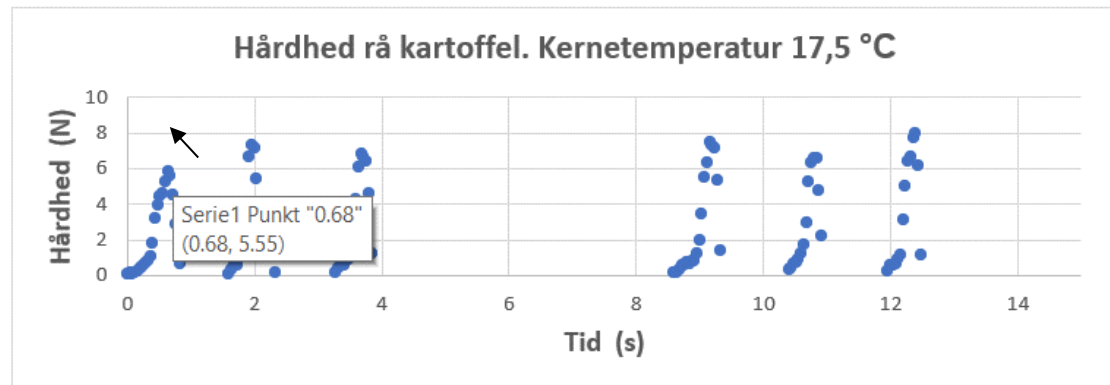
Opgave 2 (C/B/A-niveau)

Benyt graferne fra data-filen du kan hente [her](#). I denne opgave skal du bestemme middelværdierne af hårdhederne for hver af de 6 målinger, ved hver temperatur for opvarmningen ved 100 °C. Der er i data-filen kun medtaget 12 målinger, da usikkerheden på en del af hårdhedsmålingerne var for stor. Målingerne er dog jævnt fordelt i temperaturintervallet fra 17,5 °C til 100 °C.

Hjælp til aflæsninger:

Datapunktet kan aflæses ved at holde musen over det punkt, du vil aflæse, hvis det åbnes i Word

Data for tilberedning ved 100 °C



Eksempel på beregning af middelværdien for hårdheden i Excel, ved 17,5 °C:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Temp (°C)			Hårdhedsmålinger (N)					Middel (N)
2	17,5	5,55	7,17	6,62	7,48	6,59	7,94	6,89	
3									

- For hver temperatur bestemmes middelværdien af hårdhederne (side 1-3 i datasættet [her](#)). Lav herefter et plot over middelværdierne for hårdhederne, som funktion af temperaturen (dvs et (kernetemperatur, hårdheds)-plot).
- Kommentér grafens forløb.

De fleste synes en kartoffel er spiselig, når temperaturen overalt i kartofflen er mindst 98 °C

- Vurdér hvilken hårdhed kartofflen har, når temperaturen overalt er mindst 98 °C
- Vurdér hvilken hårdhed kartofflen har, når kernetemperaturen er 90 °C



Opgave 3 (C/B/A-niveau)

Samme opgave som opgave 2, men brug data for tilberedningstemperaturen 90 °C (side 4-8 i datasættet [her](#)).

- a) Lav et plot af 'hårdheden' som funktion af temperaturen, dvs. et (temperatur, hårdheds)-plot.
- b) Kommentér grafens forløb
- c) Vurdér hvilken hårdhed kartofflen har, når kernetemperaturen når 90 °C
- d) Kig på plottene over 100 °C og 90 °C forsøgene. Kommenter på forskellen i hårdheden ved kernetemperaturen 90 °C.

Opgave 4 (B/A-niveau)

I en gryde er der 1,50 L vand og 0,50 kg kartofler. Gryden, vandet og kartoflerne har stået i køkkenet et stykke tid og har en fællestemperatur på 18,0 °C. Vandets densitet er $1,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. De specifikke varmekapaciteter for vand og kartofler er hhv.

$$c_v = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \text{og} \quad c_k = 3,60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

- a) Bestem den samlede varmekapacitet C af vand og kartofler.

Gryden med vand og kartofler opvarmes til 100 °C

- b) Beregn den energi der er tilført vand og kartofler ved opvarmningen.

Opvarmningen sker på en induktionskogeplade. Når vandet er kommet i kog vælges en indstilling på kogepladen, så vandet netop holdes i kog. Kogepladens effekt ved denne indstilling er 600 W og nyttevirkningen er 70%.

- c) Bestem den nytteeffekt der tilføres gryden, når vandet netop holdes i kog.

Når vandet netop holdes i kog, antages det, at al nytteenergien går til fordampning af vand, og vi ignorerer dermed den del af nytteenergien, der afgives til omgivelserne. Kartofflerne er færdigkogte 12 minutter efter vandet er kommet i kog. Fordampningsvarmen for vand er

$$L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- d) Bestem den nytteenergi induktionskogepladen tilfører i løbet af de 12 minutter.
- e) Vurdér, hvor meget vand der er fordampet under kogningen. Se bort fra det vand, der er fordampet under opvarmningen op til kogepunktet.

Opgave 5 (B/A-niveau)

En kartoffel er blevet lagt i kogende vand. Kernetemperaturen i kartofflen antages at kunne beskrives ved den matematiske sammenhæng:

$$T(t) = (T_b - T_0) \cdot e^{-k \cdot t} + T_0$$

hvor T_b er begyndelsestemperaturen i kartoflerne, T_0 er omgivelsernes/vandets temperatur (begge målt i °C), k er en konstant med værdien $0,202 \text{ min}^{-1}$ og t er tiden målt i minutter.

- a) Vis, at temperaturen i kartoflerne, efter at deres temperatur har nået 30 °C, kan beskrives ved udtrykket

$$T(t) = 100 \text{ °C} - 70 \cdot e^{-0,202 \cdot t}$$

Kartoflerne er kogte, når temperaturen inde i kartofflen har passeret 98 °C.

- b) Hvor lang tid går der, før kernetemperaturen af kartoflerne passerer 98 °C?

Facit:

Opgave 1

Uafhængig variabel	Afhængig variabel
Kernetemperaturen	Hårdheden
Tilberedningstiden	Hårdheden
Kartoflernes masse	Hårdheden

Opgave 2

Ingen facits til opgaverne a) og b)

- c) $\sim 0,6 \text{ N}$
- d) $\sim 4 \text{ N}$

Opgave 3

Ingen facits til a) og b)

c) $\sim 1 \text{ N}$

d) Ikke noget entydigt svar: Kartoffeltype, usikkerhed på hårdhedsmålingerne men måske det vigtigste: Kartofflerne der tilberedes ved 90°C , er ca. 3 minutter længere i vandet omkring 90°C . Da processen med nedbrydning af cellestrukturen i kartoflerne, ikke sker ved én bestemt temperatur, men over et tidsinterval kan det være forklaringen

Opgave 4

- a) $8,07 \frac{\text{kJ}}{^\circ\text{C}}$
- b) $0,66 \text{ MJ}$
- c) $0,42 \text{ kW}$
- d) $0,30 \text{ MJ}$
- e) $0,13 \text{ kg}$ eller svarende til $0,13 \text{ L}$

Opgave 5

- a) Indsæt T_b , T_0 og k i udtrykket for $T(t)$.
- b) $17,6 \text{ min}$



Formler og sammenhænge

Herunder vigtige formler, enheder og sammenhænge. Brug dem eventuelt som inspiration til arbejdet og ved evt. opgaveløsning.

Symbol/Formel	Beskrivelse	Enhed
$E, \Delta E$	Energi og energitilvækst	J
$t, \Delta t$	Tid og tidsrum	s
P	Effekt $P = \frac{E}{t}$ eller $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$	W
F	Kraft/Hårdhed	N
Q	Varmeenergi (Tilført: $Q > 0$), (Afgivet: $Q < 0$)	J
t	Celsiustemperatur	°C
m	Masse	kg
C	Varmekapacitet	$\frac{J}{K}$
$c = \frac{C}{m}$	Specifik varmekapacitet (varmefylde)	$\frac{J}{kg \cdot K}$
$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	Q er den varmeenergi, der skal tilføres til et stof, der har den specifikke varmekapaciteten c og massen m , for at få en temperaturstigning ΔT	J
$L_f = \frac{Q}{m}$	Specifik fordampningsvarme. Den varmeenergi, der skal tilføres pr. kg stof, når stoffet skifter fase fra væske- til gasform	$\frac{J}{kg}$