



Analyse af måledata I

Faldforsøg undersøgt med LoggerPro

Af Michael Brix Pedersen, Birkerød Gymnasium

I fysik skal eleverne lære at behandle og repræsentere måledata, som enten er indsamlet ved manuelle målinger eller ved hjælp af elektronisk dataopsamling i fx LoggerPro. Eksemplet i denne tekst er lavet med opsamlede måledata og med udgangspunkt i LoggerPro, men kunne lige så vel være lavet i andre dataopsamlings- og behandlingsprogrammer som fx Excel. Der er valgt et for eleverne overskueligt forsøg, nemlig et frit fald.

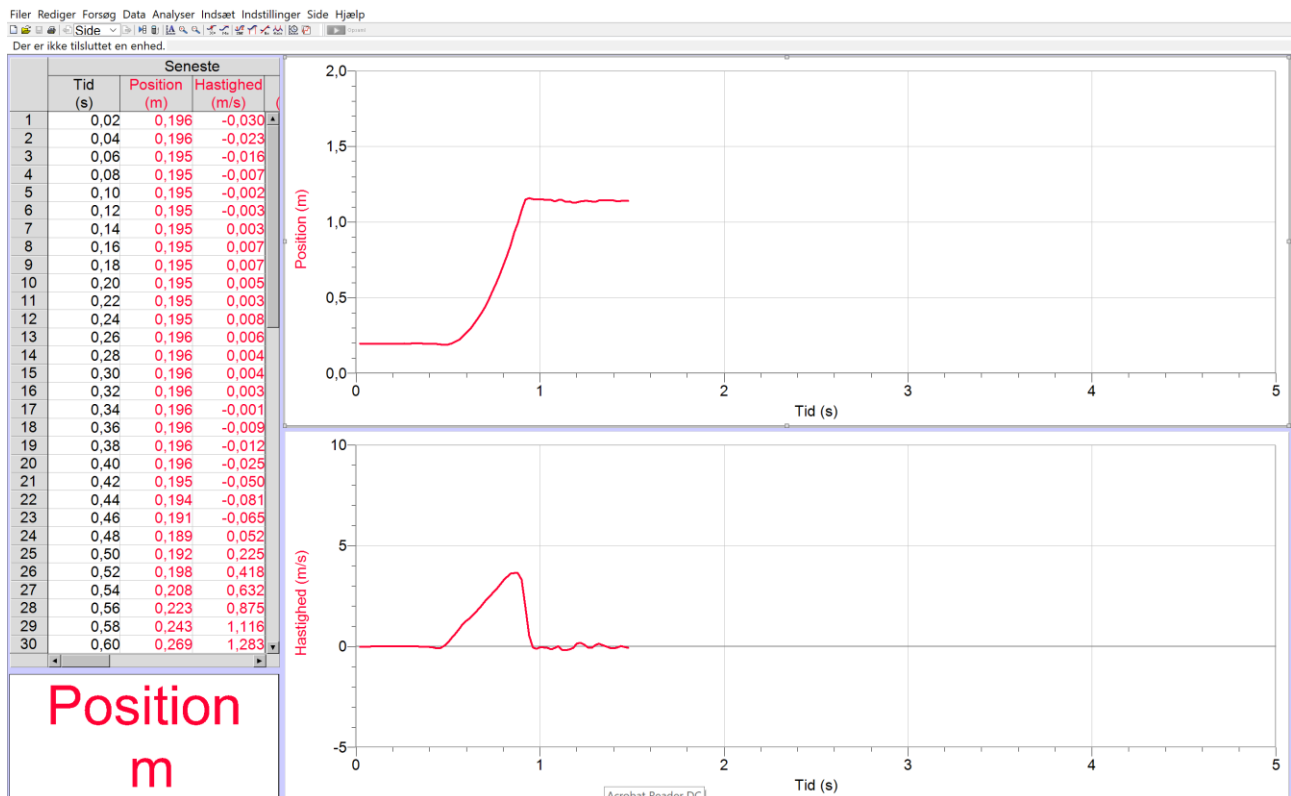
Analyse af måledata I

Formålet med dette modul er give fysiklæreren en lille hjælp til at styrke elevernes digitale kompetencer, når de skal behandle og repræsentere måledata, som enten er indsamlet ved manuelle målinger eller ved hjælp af elektronisk dataopsamling i fx LoggerPro. Eksemplet herunder er lavet med opsamlede måledata og med udgangspunkt i LoggerPro, men kunne lige så vel være lavet i andre dataopsamlings- og behandlingsprogrammer som fx Excel. Der er valgt et for eleverne overskueligt forsøg.

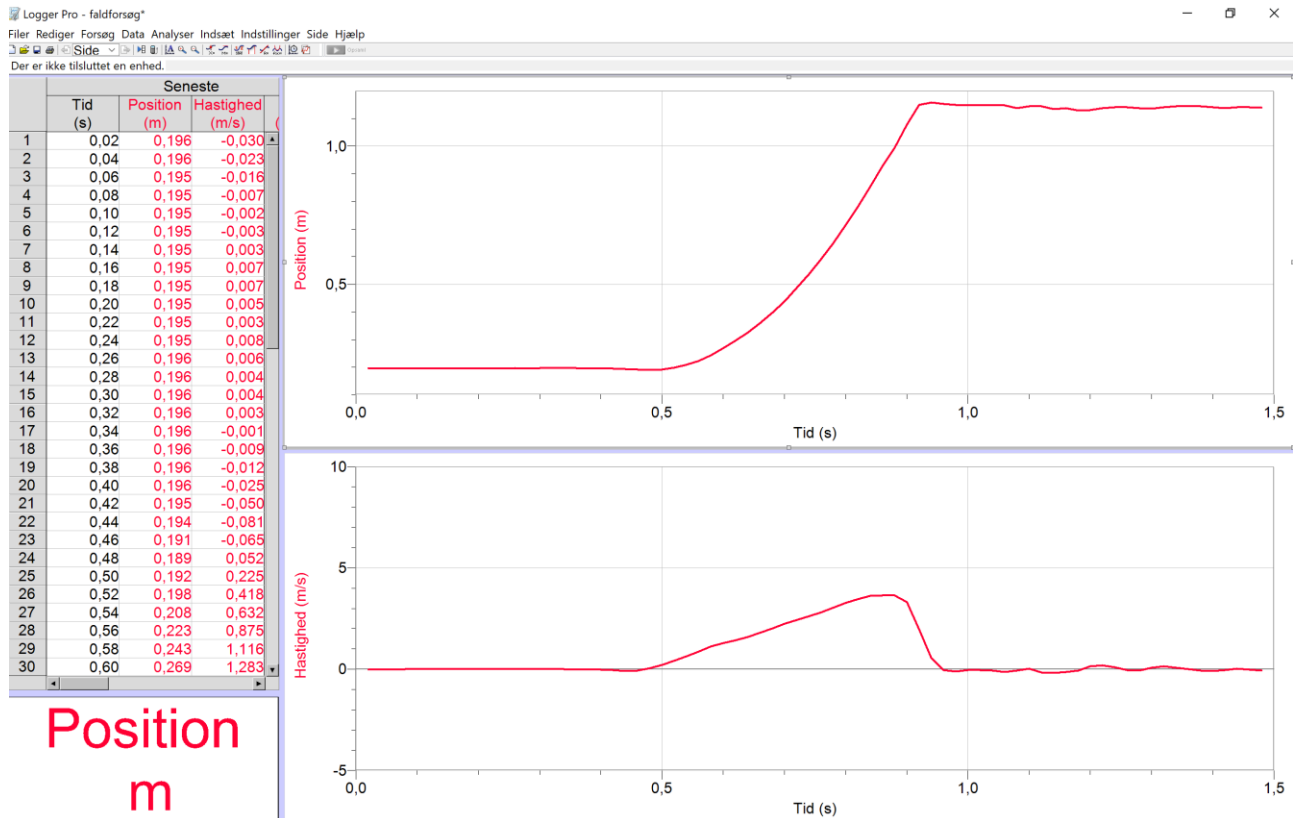
Eksempel: Faldforsøg

Eleverne går typisk for hurtigt i gang med at måle, uden at undersøge apparaturets indstillinger eller måleområde. I dette konkrete tilfælde har sensoren en indstilling, der angiver, om den måler på hurtige objekter (biler etc.) eller langsomme objekter (bolde m.v.). Her skal vælges rigtigt for at få gode målinger, men man kan måske stimulere elevernes nysgerrighed ved at opfordre dem til at lege med indstillingerne. Også antal målinger/s kan ændres. Standardindstillingen er for motion-sensoren 20 målinger/s, men man kan med fordel vælge ("Forsøg" → "Dataopsamling", vælg 50 under "Prøvehastighed") de maksimale 50 målinger pr. sekund. Ofte forbindes målepunkterne som standard med en kurve, hvilket kan sløre hvor mange (få) målinger, der egentlig optages.

Nedenstående er direkte output fra LoggerPro med en tilsluttet motion-sensor, hvor der er målt på en bold, som falder fra hvile. Afstanden til bolden er målt ved hjælp af en motion-sensor.



Det vil være en fordel at ”fylde papiret helt ud” med en autoskalering (menuknappen mærket A):



...og efterfølgende se de konkrete datapunkter: Først højreklikkes på grafen og der vælges ”Grafindstillinger”, hvorefter fluebenet ved ”Forbind punkter” fjernes og i stedet sættes ved ”Punktsymboler”. For at få en pæn repræsentation af datapunkterne vælges ”Data” → ”Kolonneindstillinger” → ”Position” → ”Indstillinger”. Herefter vælges ”Vis hvert punkt” og der vælges ”Lille” i størrelsen af punktsymbolet som desuden er valgt som ”Åben cirkel”. Herved ses præcis hvor målingen ligger, men det indikeres samtidig med den åbne cirkel, at der er en vis usikkerhed på målingen. Hvis man vil have mere velovervejede usikkerhedsfaner på resultaterne, se

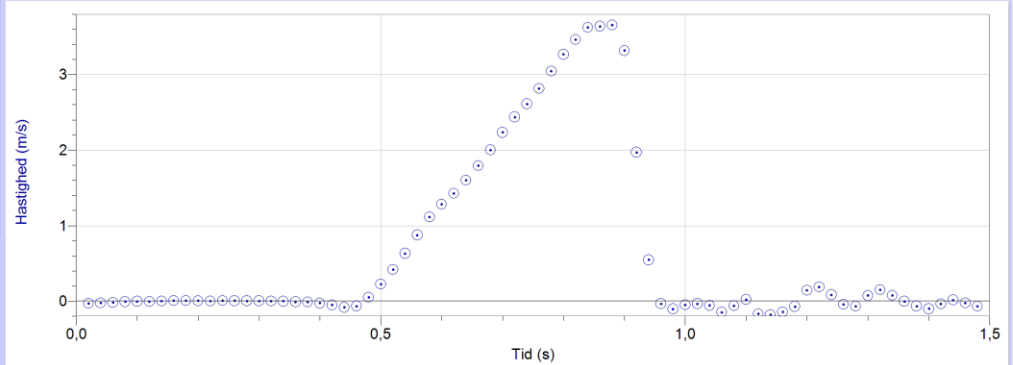
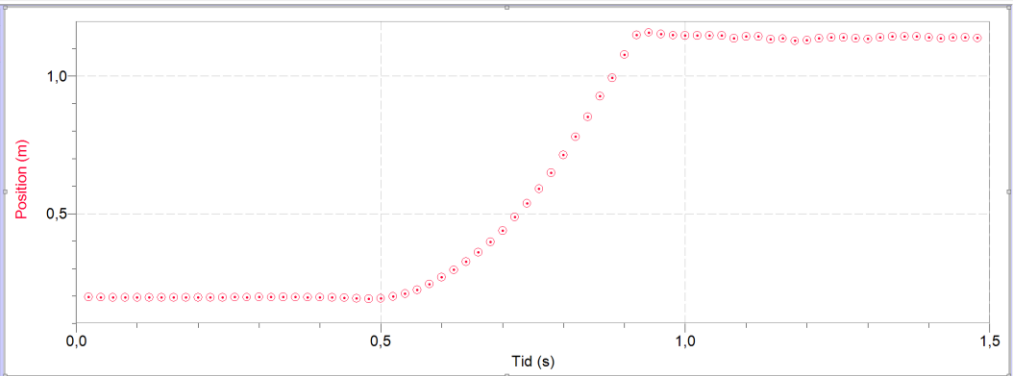
Analyse af måledata II.

Tilsvarende gives hastigheden samme behandling, og for klarhedens skyld vælge en anden farve for punktsymbolet.

Nu ser det således ud:

Seneste			
Tid (s)	Position (m)	Hastighed (m/s)	
1	0,02	0,196	-0,030
2	0,04	0,196	-0,023
3	0,06	0,195	-0,016
4	0,08	0,195	-0,007
5	0,10	0,195	-0,002
6	0,12	0,195	-0,003
7	0,14	0,195	0,003
8	0,16	0,195	0,007
9	0,18	0,195	0,007
10	0,20	0,195	0,005
11	0,22	0,195	0,003
12	0,24	0,195	0,008
13	0,26	0,196	0,006
14	0,28	0,196	0,004
15	0,30	0,196	0,004
16	0,32	0,196	0,003
17	0,34	0,196	-0,001
18	0,36	0,196	-0,009
19	0,38	0,196	-0,012
20	0,40	0,196	-0,025
21	0,42	0,195	-0,050
22	0,44	0,194	-0,081
23	0,46	0,191	-0,065
24	0,48	0,189	0,052
25	0,50	0,192	0,225
26	0,52	0,198	0,418
27	0,54	0,208	0,632
28	0,56	0,223	0,875
29	0,58	0,243	1,116
30	0,60	0,269	1,283

Position
m

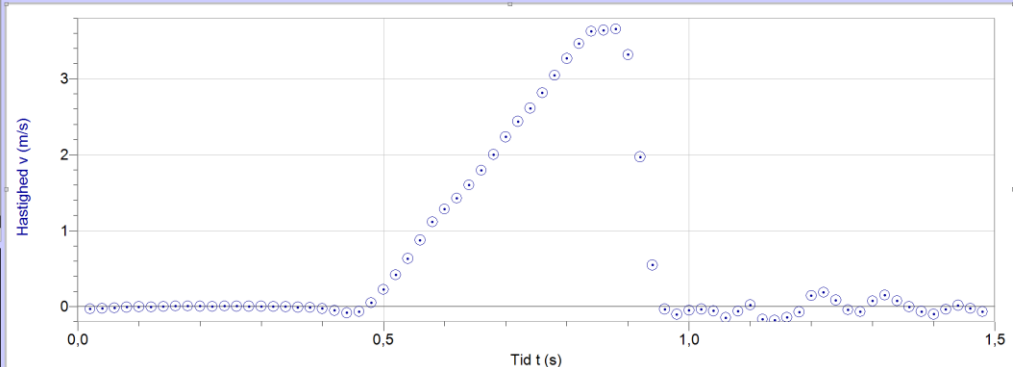
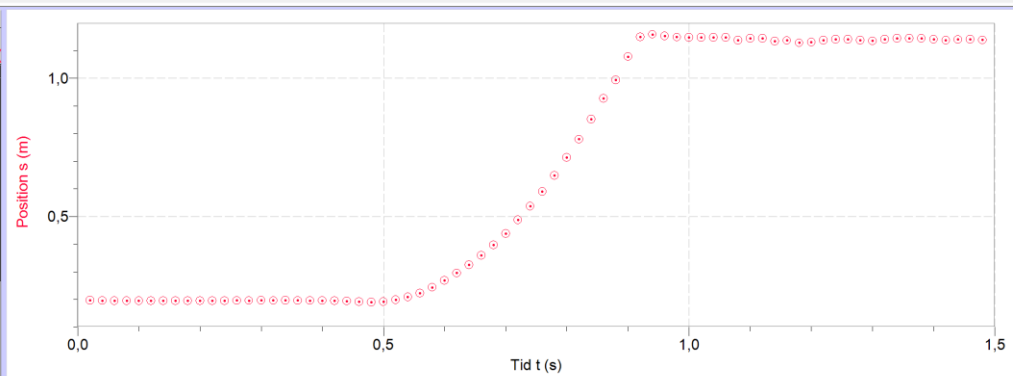


Det vil også være god stil at angive det fysiske symbol på hver akse. Højreklik fx på "Position" enten på grafen eller i kolonnen for at redigere teksten.

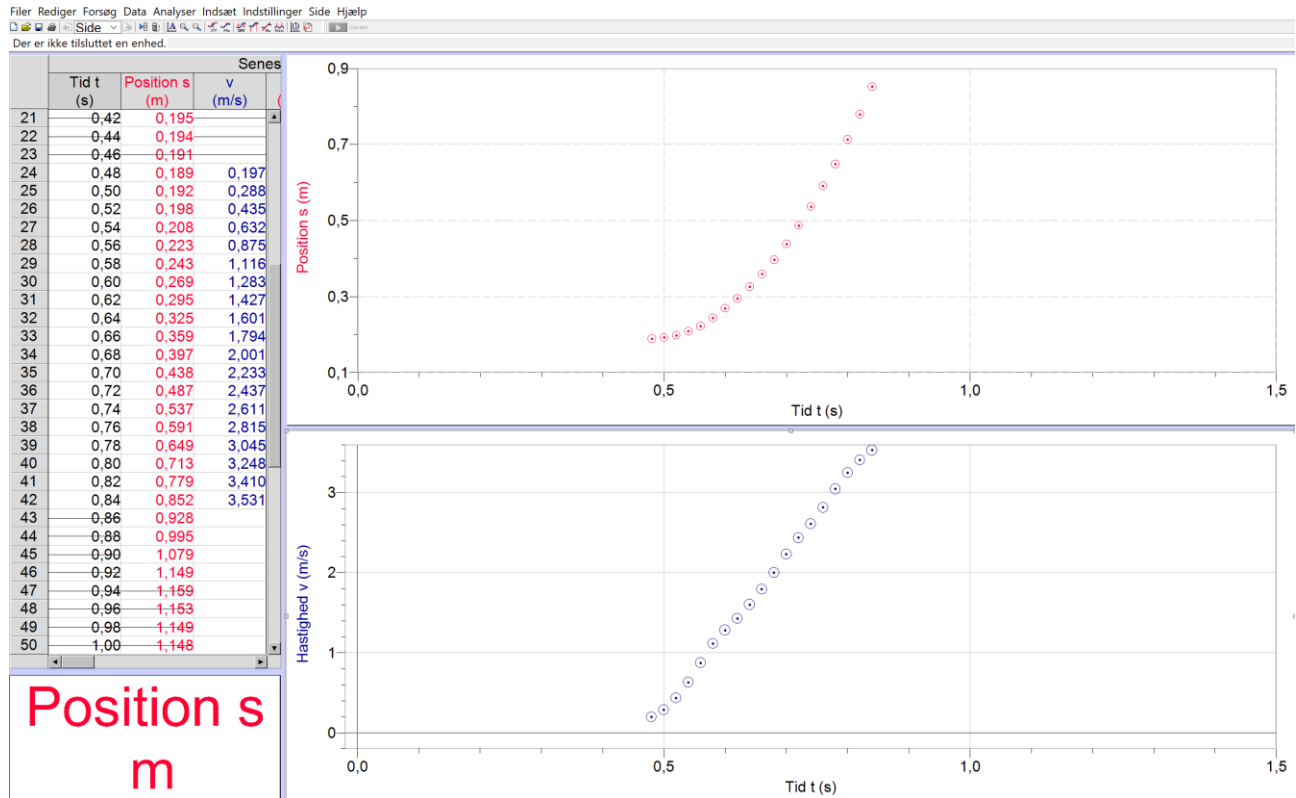
Nu er der vist ikke noget at tage fejl af mht. hvad graferne viser:

Seneste			
Tid t (s)	Position s (m)	v (m/s)	
1	0,02	0,196	-0,030
2	0,04	0,196	-0,023
3	0,06	0,195	-0,016
4	0,08	0,195	-0,007
5	0,10	0,195	-0,002
6	0,12	0,195	-0,003
7	0,14	0,195	0,003
8	0,16	0,195	0,007
9	0,18	0,195	0,007
10	0,20	0,195	0,005
11	0,22	0,195	0,003
12	0,24	0,195	0,008
13	0,26	0,196	0,006
14	0,28	0,196	0,004
15	0,30	0,196	0,004
16	0,32	0,196	0,003
17	0,34	0,196	-0,001
18	0,36	0,196	-0,009
19	0,38	0,196	-0,012
20	0,40	0,196	-0,025
21	0,42	0,195	-0,050
22	0,44	0,194	-0,081
23	0,46	0,191	-0,065
24	0,48	0,189	0,052
25	0,50	0,192	0,225
26	0,52	0,198	0,418
27	0,54	0,208	0,632
28	0,56	0,223	0,875
29	0,58	0,243	1,116
30	0,60	0,269	1,283

Position s
m



Mange målinger afhænger af tiden. I vort tilfælde vil vi gerne have, at de relevante data starter kl. $t=0$ s. Men først skal vi have fjernet de irrelevante målinger, hvor bolden endnu ikke er sluppet eller hvor bolden er landet på jorden. Her skal man enten blot se på grafen hvad der skal skæres væk, eller måske endnu bedre: de konkrete data skal studeres. Der tænkes over og markeres hvad der skal skæres væk, og bortskæringen sker ved hjælp af ”Rediger” → ”Gennemstreg Dataceller”. Så er vi nået til dette:

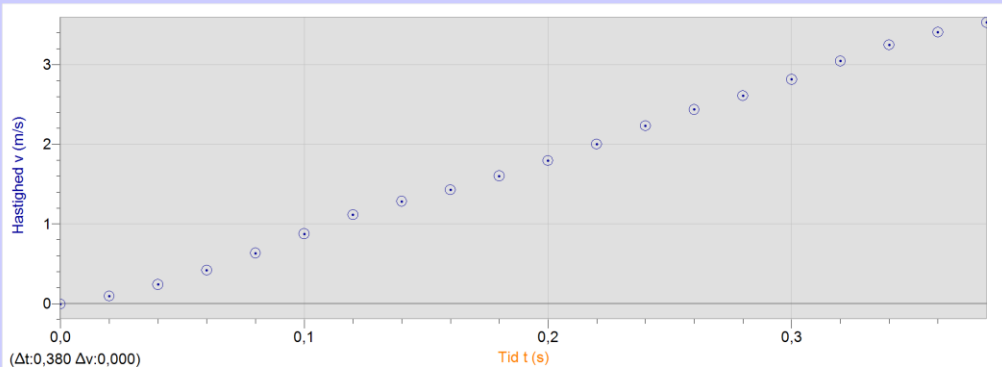
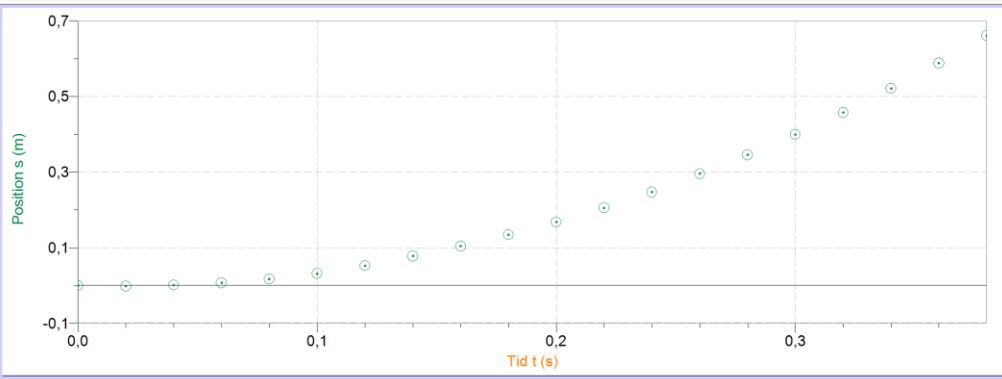


Det ser som sagt ikke pænt ud, at forsøget starter kl. $t=0,48$ s, så vi ombenævner Tid t til Gltid t og opretter en ny beregnet kolonne Tid t med den korrigerede tid: ”Data” → ”Ny beregnet kolonne” og danner den nye kolonne Tid t (med kort navn t og enhed s) ved at indtaste ”Gltid”-0,48 (0,48 er forskydning af nulpunktet) i feltet ”Udtryk”. Bemærk også, at LoggerPro kender de andre kolonnens navne, som kan hentes direkte. Ved at dobbeltklikke på grafens x-akse betegnelse kan man vælge hvad variable der skal benyttes på x-aksen, og vi vælger nu i stedet for ”Gltid t” at have ”Tid t”.

Tilsvarende skal vi have skiftet startpositionen til $s(0)=0$. Vi laver samme procedure som for tids-skiftet, nu blot med positionen i stedet. Igen skal vi lige ind og justere symbolerne så det bliver åbne cirkler.

Efter at hver graf har fået en gang autoskalering vha. A-knappen ser det således ud:


Seneste	
Tid t (s)	Position s (m)
19	0,005
20	0,005
21	0,004
22	0,003
23	0,000
24	0,020
25	0,040
26	0,060
27	0,080
28	0,100
29	0,120
30	0,140
31	0,160
32	0,180
33	0,200
34	0,220
35	0,240
36	0,260
37	0,280
38	0,300
39	0,320
40	0,340
41	0,360
42	0,380
43	
44	
45	
46	
47	
48	




GI Pos s
m

Det begynder at ligne noget!

Nu kan vi tjekke, om målingerne efterviser Galileis faldlov $s(t) = \frac{1}{2}gt^2$ (start fra hvile). Vi laver

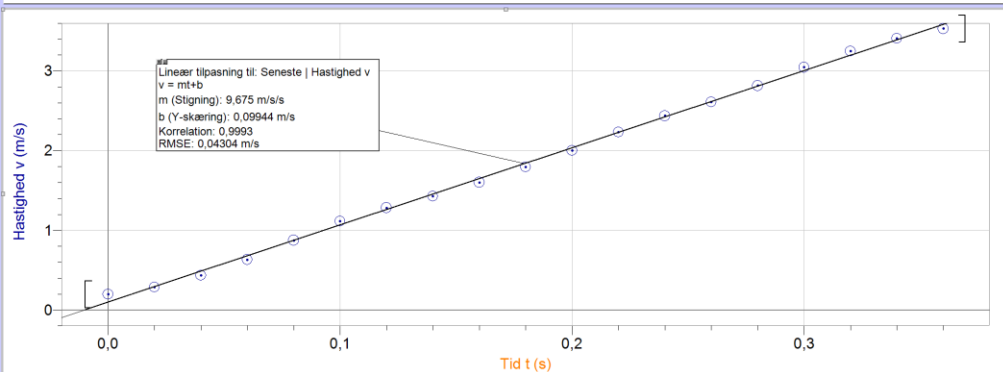
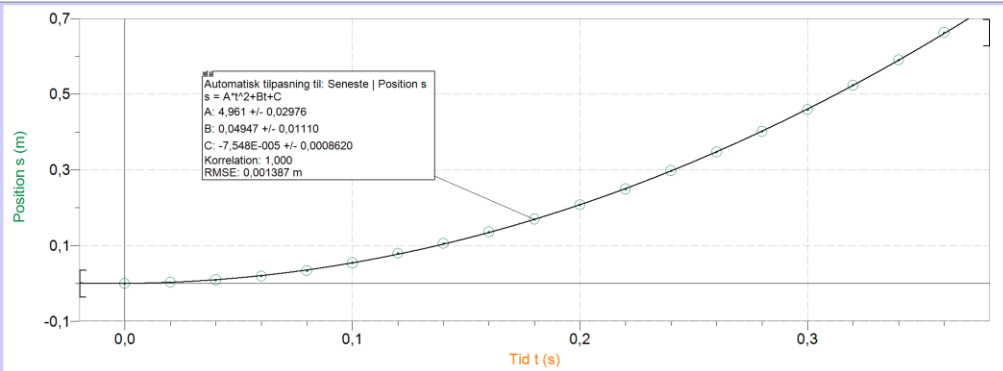
regression med et andengradspolynomium ved at trykke på menuknappen  ”Kurvetilpasning”

og vælge ”Kvadratisk” → ”Prøv tilpasning”. Tilsvarende prøves med en lineær tilpasning  på den forventede sammenhæng $v(t) = gt$.

Svaret er:

	Seneste		
	acc (m/s ²)	Tid t (s)	Position s (m)
21			0,006
22			0,005
23			
24	5,463	0,000	0,000
25	6,805	0,020	0,003
26	8,654	0,040	0,009
27	10,447	0,060	0,019
28	11,156	0,080	0,034
29	10,029	0,100	0,054
30	8,536	0,120	0,080
31	8,377	0,140	0,106
32	9,131	0,160	0,136
33	9,959	0,180	0,170
34	10,615	0,200	0,208
35	10,535	0,220	0,249
36	9,848	0,240	0,298
37	9,836	0,260	0,348
38	10,445	0,280	0,402
39	10,264	0,300	0,460
40	9,073	0,320	0,524
41	7,734	0,340	0,590
42	6,752	0,360	0,663
43			0,739
44			0,806
45			0,890
46			0,960
47			
48			
49			
50			

GI Pos s
m



Hældningen af hastighedsgrafen skal give $g = 9,82 \text{ m/s}^2$, hvis man ser bort fra luftmodstand. Her bliver svaret $g = 9,675 \text{ m/s}^2$, og en procentafvigelse på knap 2%.

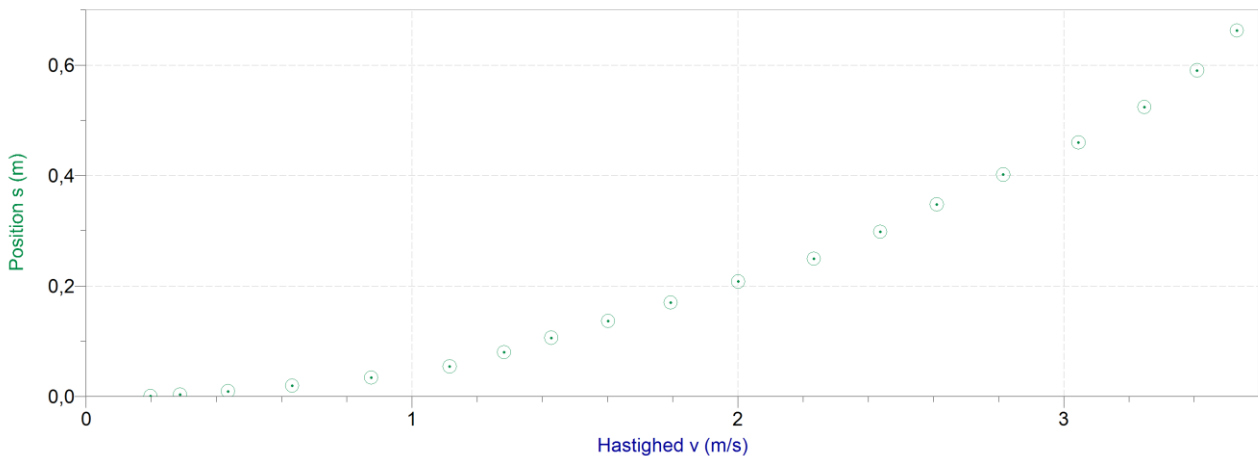
Koefficienten på t^2 -leddet på $s(t)$ -grafen skulle teoretisk være $\frac{1}{2}g = 4,91 \text{ m/s}^2$. Eksperimentet giver $4,961 \text{ m/s}^2$, og en procentafvigelse på omkring 1%.

Eleverne kan klikke på hvert af graffelterne, klippe og indsætte i fx Word.

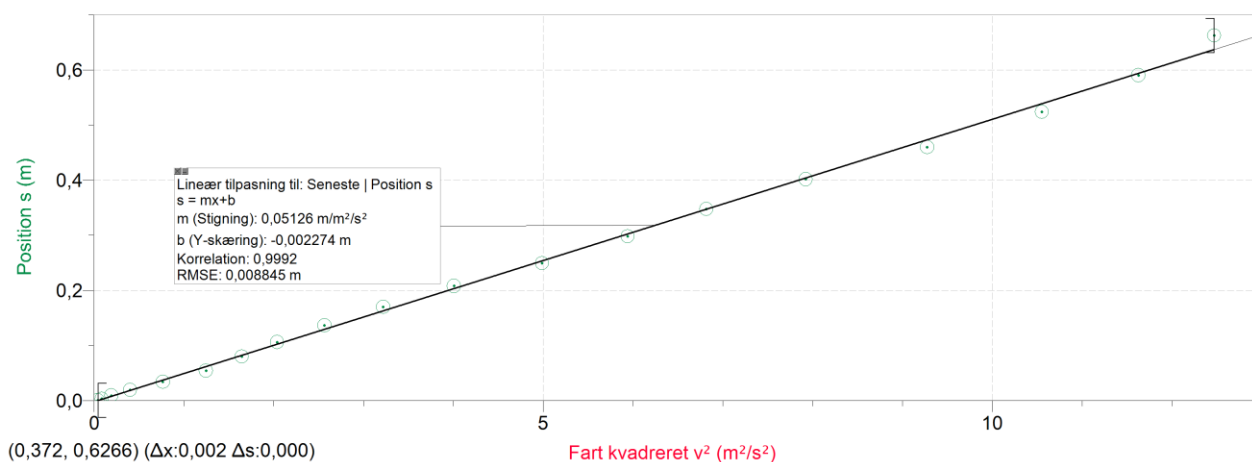
Linearisering af grafisk repræsentation af data

Man kunne jo også være interesseret i at undersøge den teoretiske sammenhæng $s = \frac{1}{2g} v^2$ (igen med start fra hvile), som følger af, at $t = v/g$ og dermed at $s = \frac{1}{2}g \left(\frac{v}{g}\right)^2 = \frac{1}{2g} v^2$.

Ved at dobbeltklikke på (t,s)-grafens Tid t- felt vælges v som x-koordinat i stedet fås:



Sammenhængen kan lineariseres ved at benyttes v^2 som x-koordinat, så der oprettes en ny beregnet kolonne med v^2 og resultatet bliver efter anvendelse af lineær regression:



Igen kan man sammenligne med den forventede hældning $\frac{1}{2g} = 0,0509 \text{ s}^2/\text{m}$. Procentafvigelsen bliver 0,6%. Eventuelle afvigelser i skæringen med y-aksen for de viste grafer afslører som bekendt systematiske fejl.

Navngivning af datafiler og tilføjelse af supplerende data

Eleverne bør lære at navngive filerne med sigende navne, så måleserien nemt kan genfindes, specielt ved mange gentagne målinger. Ved hjælp af et tekstfelt bør straks efter målingerne har fundet sted indføres alle andre relevante målestørrelser, i dette eksempel fx boldens masse og diameter, så man har det hele samlet på ét sted.