



# DATALOGGING IN SCIENCE



This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



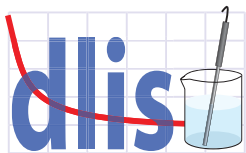
Education and Culture DG



Education and Culture DG

This project has been funded with support from the European Commission.

This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Printed: 2011 in Denmark

Publisher: VIA University College

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 Unported License. Find additional information on the project website [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

Print: Special-Trykkeriet Viborg a-s, Livøvej 1, DK – 8800 Viborg

ISBN 978-87-92890-01-6

## Content

Data Logging in Science Education - An in-service course concept (English) .....	3
Data loggers collects and stores data (English) .....	4
In-service course concept (English) .....	5
The Action Learning Platform: Using Reflection as a 'tool' for Learning Data Logging (English) .....	6
Data logging – a natural part in science education (Article in Naturfag) / Datalogging – ein naturleg del av naturfagundervisninga i grunnskulen (Norwegian) .....	9
Data logging and energy transfer/ Dataloggere og energiomsetning (Norwegian) .....	14
Can use of data loggers support understanding of energy transformation and human physiology? (Article in Bi-lagen)/ Kan användningen av datalogger underlätta förståelsen av fenomen knutna till kroppens energiomsättning? (Swedish) .....	18
Shore crabs and respiration (Article in Kasketot) / Strandkrabber og ånding (Danish) .....	22
Inquiry Based Science Teaching and Data Logging (English) .....	26
<b>Energy (English) .....</b>	<b>35</b>
Friction forces – static friction and sliding friction/ Friksjonskraft - hvilefriksjon og glidefriksjon (Norwegian).....	36
Work against friction / Arbeid mot friksjon (Norwegian) .....	40
Work against gravity – mechanical energy / Arbeid mot gravitasjon – mekanisk energi (Norwegian) .....	46
Warming ice - How do the temperature change when you warm ice? / Värma is - Hur ändrar sig temperaturen då man värmer is? (Swedish) .....	52
<b>Human Physiology (English) .....</b>	<b>56</b>
Exercise and heat / Kroppens arbejde og varmeafgivelse (Danish).....	57
Fitness test – The Harvard Step Test (English) .....	60
What happens to carbon dioxide and temperature if you are sitting in a box? / Vad händer med koldioxid och temperatur om du sitter i en låda? (Swedish) .....	64
<b>Weather and Climate (English).....</b>	<b>66</b>
Cloud formation / Skydannelse i flaske (Danish) .....	67
Climate – solar angle (English) .....	69
Why salt on slippery roads? / Varför saltar man på hala vägar (Swedish)? .....	79
Pasco Explorer GLX manual (Danish) .....	85
Vernier LabQuest manual (Danish) .....	92
About the Partner Universities (English) .....	99

# Data Logging in Science Education – An in-service course concept

DLIS (Data Logging in Science) is a concept for an in-service-training of teachers in the use of data loggers as a tool for learning science. The project is funded by the EU Lifelong Learning Programme, Leonardo da Vinci, Transfer of Innovation with project partners from Denmark, Ireland, Sweden and Norway.

In this book, you will find a collection of articles written by the project partners and published in science education journals, support materials developed to assist in-service training of teachers using action learning and reflection, and a few of the experiments developed during the project period. The experiments focus on how data logging can be implemented in fundamental science topics like Energy, Human Physiology, and Weather and Climate.

The material in this book is a blend of Danish, English, Swedish and Norwegian texts. This underlines the project consortiums' effort to assist teachers in adopting new ways of teaching science using new technology. At the project website [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu), you are able to download all material presented in this book in English and the Scandinavian languages.

We hope you will find inspiration for your professional development in the following. For further information about the project, visit [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu) or contact one of the partners.

January 2011

Harald Brandt  
([habr@viauc.dk](mailto:habr@viauc.dk))

Benny Lindblad Johansen  
([bio@viauc.dk](mailto:bio@viauc.dk))

VIA University College,  
Dept. of Teacher  
Education, Aarhus  
Denmark

Geraldine Mooney Simmie  
([geraldine.mooney.simmie@ul.ie](mailto:geraldine.mooney.simmie@ul.ie))

University of Limerick,  
Dept. of Education &  
Professional Studies  
Ireland

Annette Zeidler  
([annette.zeidler@mah.se](mailto:annette.zeidler@mah.se))

Malmö University  
Faculty of Education  
Sweden

Per Vassbotn  
([Per.Vassbotn@hisf.no](mailto:Per.Vassbotn@hisf.no))

Sogn og Fjordane  
University College  
Norway

## Data loggers collect and store data

A data logger is a measuring tool that can both carry out measurements and store the collected data in an electronic memory. There are many different types of sensors available enabling us to measure many different variables. For decades, data loggers have been used in scientific work. Data loggers for educational purposes are characterized by being a lot simpler to use. For most measurements, one can just turn on the logger, connect a sensor, and voila! - one is collecting high quality data. Most data loggers for educational purposes also have a screen that can display measured values. They can represent data in a graph while the measurement is in progress. To see a graph "unfold" on the screen while you are measuring, is fascinating - and pose huge potential for learning. One can also measure multiple variables simultaneously by adding different sensors.



*Science curriculum in many European countries emphasizes inquiry-based science where students explore hypotheses. A data logger and a few suitable sensors are a good tool in an inquiry-based science education (IBSE). There are several good reasons for incorporating data logging in science education. Data collection using the data logger connects fundamental nature of science with the use of ICT.*

There are 4 main "technical" benefits of using data logging equipment, rather than conventional equipment in science education:

1. Users can make many measurements over a very short time, since data collection may take place at very short intervals
2. Users can take measurements over a long period
3. It can detect very small changes
4. The data collected can be represented - in an easily readable form, eg as a graph - while data collection takes place

## Data logging in science

The DLIS in-service-training concept consists of four modules (blue) where you meet other science colleagues to learn about data logging from an experienced instructor, and three modules (green) based at your own school. Besides learning to use the equipment, focus is on developing new ways of teaching through action learning and reflection. On [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu) you can find inspiration on how data logging can help to make science education inquiry-based. You will also find examples of many exercises within three themes: Energy, Human Physiology and Weather/Climate. The exercises are designed in collaboration with science teachers and provide explanations and examples of results.

### Module 1:

Module 1 focuses on basic handling of data loggers through practical exercises. The module also includes a general introduction to the potential of data logging as a learning tool in science education.

### Module 2:

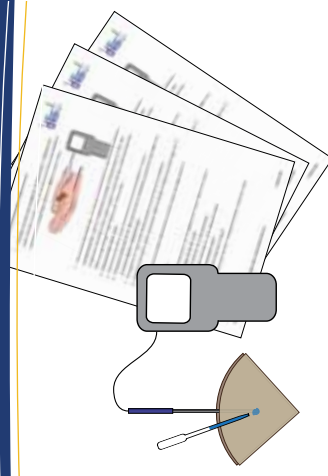
Module 2 offers several practical exercises with data loggers. Introduction to data collection with computer and accompanying software and the more advanced features of data logging.

### Module 3:

In module 3 the focus is still on technical handling of the data logger, but now also with emphasis on how data logging can support inquiry-based science education, consistent with the national curriculum.

### Module 4:

Module 4 focuses on exchanging experience and sharing knowledge among the course participants and networking between schools.



**1**  
Basic handling of data loggers and practical exercises.

**2**  
Using data loggers with computer software and practical exercises.

**3**  
Inquiry Based Science Education (IBSE)

**4**  
Sharing of experience and knowledge.



**A**  
Exploring data logging with colleagues.

**B**  
Use of data logger with own students.

**C**  
Developing your own curriculum materials.

### Module A, B and C:

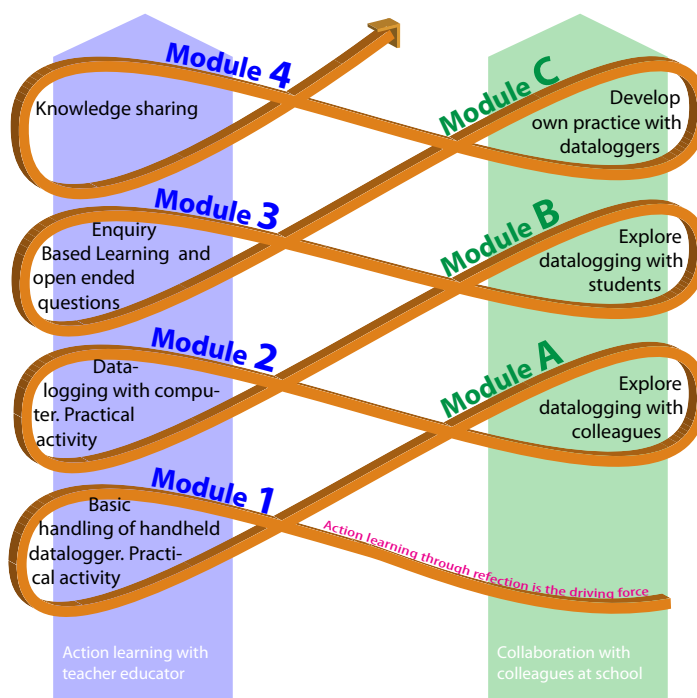
Back in their school the course participant's work with colleagues to develop their own teaching. The course is based on action learning in which reflection and collegial discussion is an important part. During the course, the participants move from testing existing course material to developing their own materials where data logging is an integral part of an inquiry-based science education.

# The Action Learning Platform: Using Reflection as a ‘tool’ for Learning Data Logging

Dr. Geraldine Mooney Simmie, Faculty of Education and Health Science, University of Limerick, Republic of Ireland

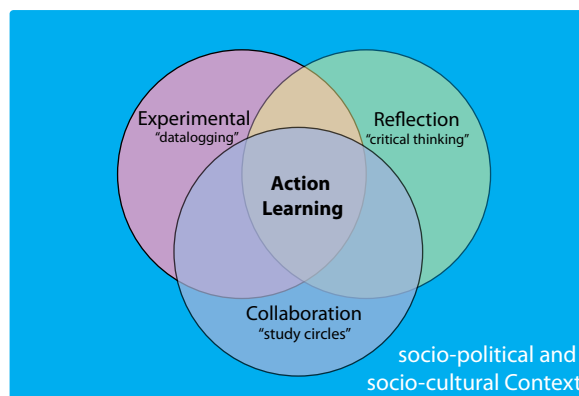
Progression through the module grouping, as the basis for the action learning platform in this data logging concept, Module 1, Module 2, Module 3 to Module 4, happens in a cycle of learning, which takes into account planning, dialogue, action and reflection. The reflection aspect of the platform is accessed through a developmental and spiral approach to reflective writing that proceeds through self-interrogation, dialogue with others and eventually leads to comparison with readings from the world of research.

It is the combination of all these aspects that ultimately leads to effective action learning. You will have access to an experienced instructor/educator, you will be able to access information about how to make science teaching inquiry-based and you will have access to colleagues from your school or neighbouring schools to assist you engage in the reflective writing aspect of this programme.



## Action Learning and Reflection in Module 1

The purpose of Module 1 is to get you started using data logging in your science teaching through some practical exercises (Platform 1). These practical exercises and experiments are drawn from ‘Weather and Climate’, ‘Human Physiology’ and ‘Energy and Force’. In this module you will be focusing mostly on learning technical aspects of data logging – what is data logging about and how can I use it to support experimental work in my classroom. Getting started with data logging involves a learning curve and will require your patience and willingness to proactively seek assistance from the experienced/ instructor educator and colleagues.



During Module 1 you will also be expected to give some thought to beginning a reflective cycle of action learning (Platform 1, A). Use will do this through interrogating what you have learned from the instruction given during this part of the course and from your discussions (dialogue) with colleagues. The purpose of this part of the learning cycle is to begin your journey of inquiry into the ways you think about your science teaching and how data logging can help you improve pupil learning. You will be 'hunting your own assumptions' about how young people learn and you will get started on this journey through writing about some critical moments of learning you have experienced so far on the course concept.

Please reflect on the following key questions, with your colleagues and in writing. Bring this reflective writing with you as you begin Module 2.

### Module 1: Key Reflection Questions

1. What is your current understanding of data logging as an innovative tool for science teaching?
2. What are the key technical aspects of data logging that you need help with as you start this course?
3. What types of follow-up assistance will you require to ensure that you bring data logging within your 'comfort zone'?
4. In what ways might data logging become an innovative approach in your science classroom?
5. Reflect on the key moments of learning you experienced in this module so far. Briefly describe these key learning moments giving the reader an indication of both your thoughts and your feelings. Use the first person and begin sentences with: 'I felt that' and 'I thought that'. This reflective writing is more of a personal letter to yourself rather than following the more classical scientific method protocols for the write-up of an experiment!
6. At a later stage re-read what you have written as an answer to Question 5 and see if you can draw out any insight or hidden assumption that you have exposed that you did not think of beforehand. Have you found a new way of looking at some of your thinking in this regard? Did you get help from discussing this with colleagues? What additional support would you need in relation to this?
7. Before you move on to Platform 2 of the concept you will need to take another review of all your answers to the six questions above and use your review to briefly answer the following question: What 'issues' do I now need assistance with during Module 2 and what are my current supports and challenges in this regard?

### Action Learning and Reflection in Module 2

The purpose of Module 2 is to give you an opportunity to try out several practical exercises with data loggers. You will be introduced to data collection with computer and accompanying software. You will also access some advanced features of data loggers. You will continue the reflective process that you started and will now learn more about reflection as a learning tool. The emphasis has been on beginning reflective writing that is personal to you and notes your thoughts and your feelings about what you are learning, how you think about science teaching, how you think about learning and how you think about data loggers. Its purpose is to help you reveal your tacit understandings, your 'hidden assumptions', about pupil learning and science teaching and to give you the capacity to develop your thinking in this regard. You will continue dialogue in this regard with the experienced instructor/educator and colleagues during platform 2, and will now also consider how you might introduce your pupils to a similar type of reflective journey. Please reflect on the following key questions, with your colleagues and in writing. Please bring these reflective writings with you as you begin Module 3.

### Module 2: Key Reflection Questions

1. In what ways has your thinking about datalogging as an innovative tool for science teaching changed since you started the course concept?
2. What have you identified as the 'issues' that you now need assistance with during Module 2 and what are your current supports and challenges in this regard? How have these needs be met during platform 2.
3. What new technical aspects of datalogging will you now need help with as you continue this course?
4. How does datalogging assist you in developing an inquiry-approach to teaching and learning science?
5. How might you introduce a reflective approach with your pupils to improve their learning of science?
6. Reflect with the experienced instructor/educator and your colleagues on the two key moments of learning you have experienced in module 2. Briefly describe these learning moments giving the reader an indication of both your thoughts and your feelings. Remember to continue to use the first person and begin sentences with: 'I felt that' and 'I thought that' - a personal letter to yourself rather than following the classical scientific method protocols for the write-up of an experiment!



7. At a later stage re-read what you have written as an answer to Question 6 and draw out any insight, hidden assumption or key questions that has come up for you. What help did you get from your shared reflection with a colleague. Have you been challenged in this regard?
8. What 'issues' will you now need assistance with during Module 3 and what are your current supports and challenges in regard to teaching and learning science using datalogging as an innovative approach?

### Action Learning and Reflection in Module 3

The purpose of Module 3 is to give you an opportunity to develop more of an inquiry-oriented approach to science teaching and learning consistent with the national curriculum. You will continue to build your confidence using dataloggers with your own pupils (B). You will continue delving deeper into the reflective process that you started and to learn more about reflection as a learning tool. This process will continue to reveal your tacit understandings, your 'hidden assumptions', about pupil learning and science teaching and give you the capacity to develop your thinking in this regard. You will continue dialogue in this regard with the experienced instructor/educator and colleagues during platform 3. You will also introduce your pupils to a similar type of reflective journey and share these findings with colleagues. Please reflect on the following key questions, with your colleagues and in writing. Bring the reflective writings with you as you begin Module 4.

### Module 3: Key Reflection Questions

1. In what ways has your thinking about datalogging changed since you started this course concept?
2. What are the benefits of using dataloggers in the science classroom?
3. What key principles and concepts of science have you been able to teach in better ways with dataloggers?
4. How have you challenged pupils to think differently about science as a result of using this inquiry-oriented approach?
5. How have you introduced a reflective approach with pupils to improve their learning of science? What are you learning, and what are they learning, in this regard.
6. Reflect on two key learning moments during this module freely indicating your thoughts and your feelings. In what ways are you supported in this regard? In what ways are you challenged in this regard?
7. Rereading what you have written at a later stage, and from discussion with your 'colleagues', as an answer to Question 6, what insights, hidden assumption or key questions have been revealed to you?
8. What curriculum materials have you developed to bring to Module 4?

### Action Learning and Reflection in Module 4

The purpose of Module 4 is to have an opportunity to exchange experiences and to share knowledge with the other course participants. You will have an opportunity to find a way to continue networking with schools and to continue the development of datalogging as an inquiry-oriented approach to science teaching and a learning and reflective 'tool'. You will continue delving deeper into the reflective process that you started and learn more about reflection as a critical learning tool. Bringing a critical edge to your reflective writing involves using a comparative lens of critical friend feedback from colleagues, their support and challenges, or from the lenses of the video clips and readings you might have engaged with during the course concept.

### Module 4: Key Reflection Questions

1. Now that you have completed all four modules what is your understanding of datalogging as an innovative learning tool?
2. What approaches have you used to reflective writing in this course concept? How have you developed this with your pupils?
3. What are your learning from your exchange of curriculum materials and experiences with colleagues?
4. How might you continue to network with colleagues from this course?

### Acknowledgement

The author wishes to acknowledge the support of the Leonardo da Vinci Lifelong Learning project, *Datalogging as an Innovative Learning Tool*, for assistance with time for writing this handbook.

Tekst og foto: Per Vassbotn, Høgskulen i Sogn og Fjordane

## KROPPEN VÅR DATALOGGING I GRUNNSKULEN



# Datalogging – ein naturleg del av naturfagundervisninga i grunnskulen

**For å drive god naturfagundervisning er det viktig at læraren sjølv har kunnskap i faget på eit høveleg nivå og i alle delane av faget, ikkje minst fysikk. Ein fagkompetent lærar kan sleppe seg meir laus frå læreboka og heller nytte læreplanen som rettesnor.**

Ein slik lærar har grunnlag for å vere kreativ i undervisninga si fordi han/ho kjenner seg trygg. Fagleg kreativitet og tryggleik er to vesentlege stikkord når vi skal stimulere elevane til ein meir undersøkjande læringsform – ”forskarspiren”. Det er moro å vere naturfaglærar når ein kan få mange av elevane sine til å bli faglege ”nysgjerrigerar”. I denne samanhengen er ein dataloggar og nokre passende sensorar eit flott hjelpemiddel.

Ei lita historie: For eit par år sidan, då dottera vår gjekk i femte klasse, kom eg til å spørje ho om dei gjorde målingar i naturfagtimane. Ho forstod ikkje spørsmålet mitt, så eg måtte forklare: *Brukar de termometer og målar temperatur? Brukar de vekt til å finne ut kor mykje ulike gjenstandar veiger? Brukar de målbånd og klokke til å finne fart?* Ho forstod framleis ikkje spørsmålet mitt, men så etter litt tid lyste ho opp. *Pappa, du forstår ingen ting! Måling er matematikk. Naturfag er noko anna.* Denne utsegnen frå dottera vår fekk meg verkeleg til å fatte interesse for naturfagundervisning i grunnskulen. Det fekk meg også til å sjå kopling mellom matematikk og naturfag som noko naturleg som ikkje skal utsetjast til vidaregåande skule. For lærarar som underviser naturfag på mellom- og ungdomssteget bør målingar og datalogging vere ein heilt naturleg elevaktivitet.

### Dataloggaren

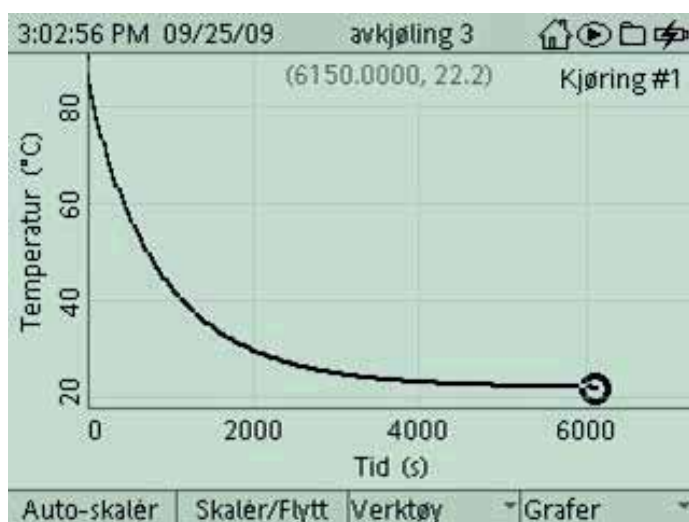
Saman med ein sensor er ein dataloggar eit måleinstrument som både kan utføre måling og lagre måleresultata i eit elektronisk minne. Sidan det finst mange ulike typar av sensorar etter kva vi er interessert i å måle, blir ein dataloggar såleis eit multimåleinstrument. Dataloggarar har eksistert om lag like lenge som den moderne datamaskina og har vore nytta i vitenskapleg og teknisk



**Figur 1: Avkjøling av varmt vatn. Måling med Xplorer GLX dataloggar frå Pasco og ein temperatursensor. NB! Bruk av reagensglas gjev best resultat.**

teneste i nokre tiår. Dataloggarar for skulebruk er kjenneteikna spesielt ved at dei har ein skjerm (display) som kan vise måleverdiar direkte (i sann tid), og vidare kan dei vise utvikling (ending) av ein eller fleire målte storleikar grafisk også i sann tid. Det å sjå ein graf ”sno” seg fram på skjermen mens ein målar, er fascinerande for alle. Ein dataloggar for skulebruk er også kjenneteikna ved at den er enkel å bruke. For dei fleste målingar er det berre å slå på loggaren, deretter kople til den rette sensoren, og - *vips!* - så er vi i gang. Vi slepp å fortelje dataloggaren kva slag sensor vi har koplå til, den ser det sjølv. Har vi lyst til å måle fleire storleikar samstundes, kan vi enkelt kople til fleire sensorar.

# KROPPEN VÅR DATALOGGING I GRUNNSKULEN

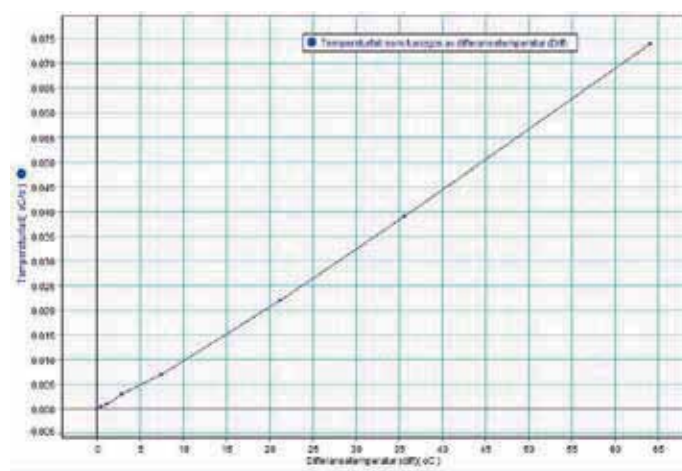


Figur 2: Skjermbildet i loggaren som viser temperaturgraf for avkjølinga (jf oppsettet i figur 1). Målingar vart gjorde kvart 30. sekund i løpet av om lag 1 t 40 minutt (6000 sekund).

Dataloggaren kan vise alle måledata på tabellform. I grafen kan vi også få fram alle måledata ved å flytte på markøren (den vesle ringen til høgre i grafen). På biletet kan vi sjå at temperaturen i vatnet i reagensglaset etter 6 150 sekund var 22,2 °C.

Læraren kan spørje elevane i forkant om dei kan tenkje seg korleis avkjølingskurva vil sjå ut, eller i etterkant spørje om dei har noko formeining om kvifor det vart som den vart. Kvifor ikkje rettlinja graf? Læraren kan fortelje om at den berømte engelske vitenskapsmannen Isaac Newton for over 200 år sidan grubla på det same. Newton lanserte hypotesen om at farten på avkjølinga – t.d. målt i °C/s – er proporsjonal med skilnaden mellom temperaturen i vatnet og temperaturen i omgjevnaden. Seinare er dette blitt ståande som Newtons avkjølingslov.

I vidaregåande skule gjer dei forsøket i fysikk og nyttar både differensiallikningar og avansert kurvetilpassing (som programvaren knytt til loggaren gjer for oss) og får at grafen samsvarar heilt med grafen til ein eksponentialfunksjon. Men kva med ungdomssteget? Dette er ikkje fagstoff der. På ungdomssteget kan vi heller ta Newton direkte på ordet. Proporsjonalitet gjev ein rettlinja graf gjennom origo – det er med i læreplanen. Av loggaren kan vi plukke ut punkt på grafen og lese av farten på avkjølinga i °C/s. Med litt handarbeid kan vi fort få fram ein slik graf på grunnlag av målingane våre.



Figur 3: Graf som viser avkjølingsfart (temperaturfall) som funksjon av differansetemperaturen mellom vatnet og omgjevnaden (jf figur 1 og 2). Grafen er teikna i DataStudio, PC-programmet som høyrer til dataloggaren Xplorer GLX.

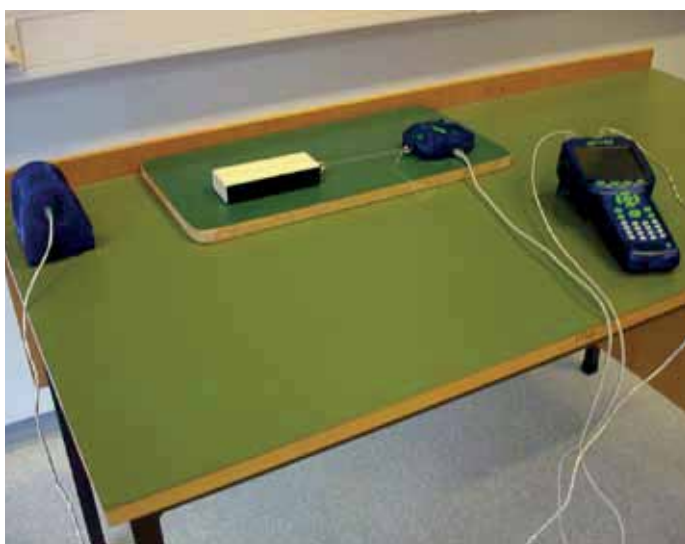
Dataloggaren kan altså utføre eit måleoppdrag for oss som består av mange einiskildmålingar. Den gjer dette i det tempo vi sjølve bestemmer. Dersom sensoren er rask nok, kan vi gjere meir enn hundre målingar per sekund. Dette ville vi aldri greidd manuelt. Men vi kan også la dataloggaren måle på noko som endrar seg svært sakte. Kva om vi skal måle verdata - t.d. temperatur, trykk og vindfart – kvart femte minutt døgnet rundt i ei veke? Dette gjer loggaren for oss, og vi kan sove rolig om natta. Mange klassiske og (tilsynelatande) enkle øvingar kan også gjerast mykje betre ved hjelp av dataloggar enn med det gamle utstyret. Under er døme på ei slik øving som mange har gjort med svært vekslende resultat.

## Måling av friksjon mellom to faste lekamar

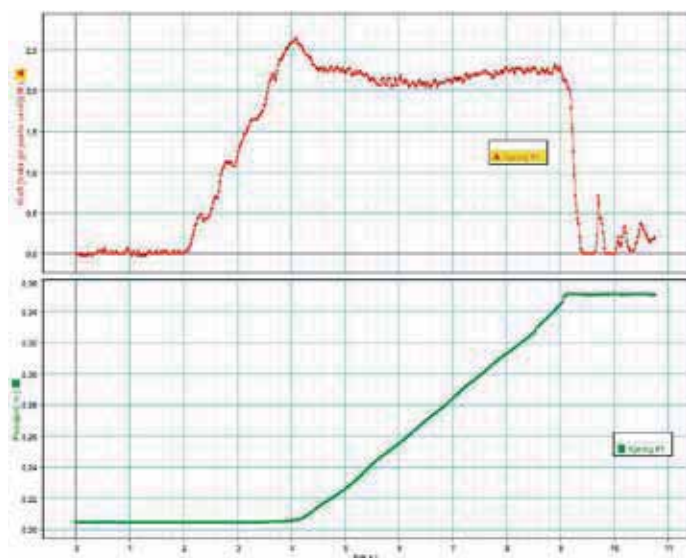
Denne øvinga var og blir enno gjort ved å dra ein trekloss med jamn fart på eit horisontalt bord ved hjelp av ei fjørvekt. Klossen beveger seg i rykk og napp same kor fint vi dreg i fjørvekta. Det er svært vanskeleg å lese av ei slik fjørvekt mens den er i rørsle og stadig viser varierende kraft. Lett er det òg å lese av feil, for kor langt er det eigentleg i Newton mellom to nabostrekar på ei fjørvekt? Under er eit oppsett for same øvinga, men no ved hjelp av ein dataloggar og to sensorar – ein kraft- og ein rørslesensor.

Tekst og foto: Per Vassbotn, Høgskulen i Sogn og Fjordane

## KROPPEN VÅR DATALOGGING I GRUNNSKULEN



Figur 4: Måling av friksjon mellom trekloss og respatexplate. Kraftsensoren er festa med sytråd til klossen. Rørslesensoren målar avstanden mellom sensoren og bakre ende av klossen.



Figur 5: Øvste grafen viser drakrafta (friksjonen) i N (newton) som funksjon av tida i s (sekund). Nedste grafen viser avstanden mellom klossen og rørslesensoren i m (meter) som funksjon av tida.

I dialog med elevane kan vi dele opp grafen i smådelar: Kva hende dei to første sekunda? Og dei to neste? Når kom toppen på kraftgrafan, og kva hende då? Korleis finn vi glidefriksjonen? Som svar på det siste vil elevane sjølve føreslå at det må vere gjennomsnittskrafta i tida frå 4,5 til 9 sekund.

### Turtalet på ein elektromotor

Dette er eit tema i grenselandet mellom *teknologi og design* og *forskarspiren*. Eg tek det med for å vise kva imponerende vi enkelt kan få til ved hjelp av ein dataloggar.

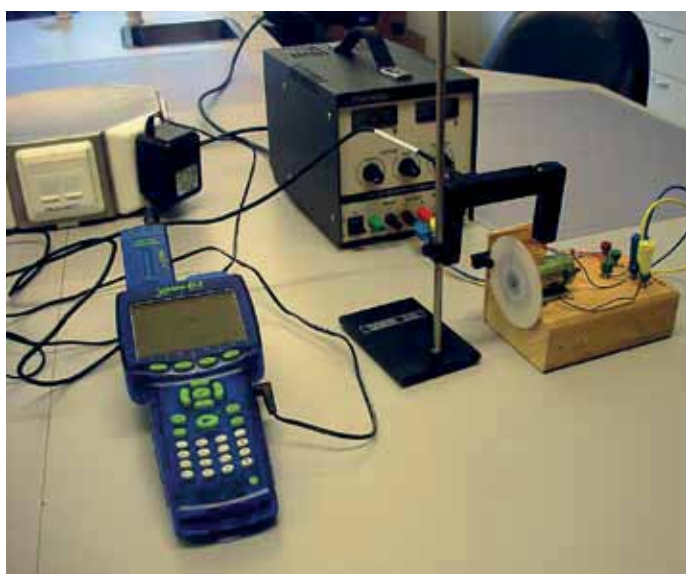
Spørsmålet er: Korleis kan vi måle kor fort akslingen på ein slik motor går rundt – det vi kallar turtalet? Turtal blir ofte målt i rpm (rundar (omdreiningar) per minutt). Her gjelds det å tenkje kreativt, og det er fleire måtar å gjere dette på. La elevane gruble litt på dette. Akslingen går så fort rundt at det er heilt uråd å prøve å sjå og telje. Vi høyrer berre ein lyd som fortel oss at her er det stor fart.

Ein enkel og imponerende måte ved hjelp av dataloggaren: Vi klipper til ei sirkelrund skive av tynn papp og festar på akslingen. Ute ved kanten av skiva lagar vi eit hol eller eit hakk. Så sender vi ein smal lysstråle mot skiva der holet er. Når skiva går sakte rundt, vil vi då sjå eit lysblikk kvar gong holet passerer. Aukar vi farten, greier vi ikkje å følgje med lenger, men det er vi menneske som er treige, ikkje lyset. Derfor kan vi setje ein såkalla lysport over pappskiva og kople denne til dataloggaren. Loggaren tel talet på lysblikk per sekund gjennom holet. Ved hjelp av kalkulatoren i dataloggaren kan vi multiplisere dette talet med 60, og så får vi turtalet i rpm rett ut på grafen.



Figur 6: Elektromotor for 1,5 – 4,5 V batteri, pris kr 86 hos Komet Naturfag.

## KROPPEN VÅR DATALOGGING I GRUNNSKULEN

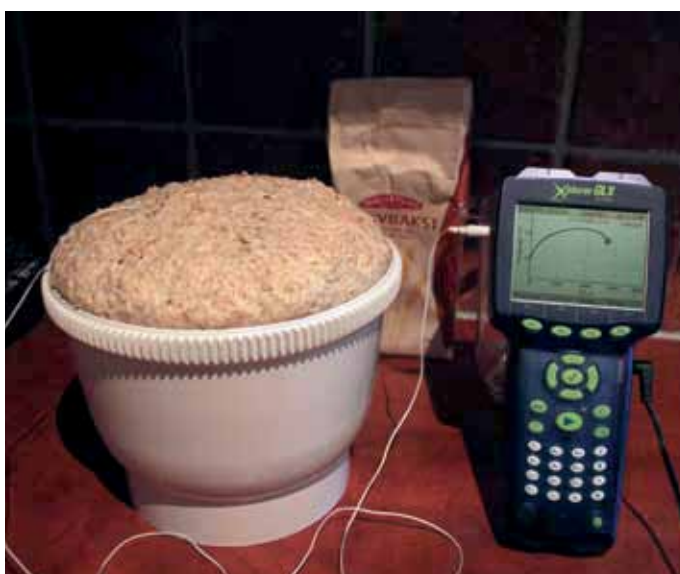


Figur 7: Måling av turtal på ein elektromotor. Lysporten er den store svarte "kloa" som er festa i stativet. Den eine armen sender ut lys inn mot pappskiva, den andre armen har ein lysdetektor som fangar opp lysblinka som kjem gjennom holet i pappskiva. Den store "kassa" med hank bak er ei spenningskjelde som kan gje varierende likespenning. Eit batteri og ein liten dreiemotstand er like bra.

### Kva anna kan vi nytte dataloggaren til?

Døma over viser nok at fysikk og teknologi står meg nærmast. Avhengig av kva sensorar vi kjøper er det knapt grense for kva loggaren kan måle. Utvalet av sensorar er størst til fysikk, men det finst etter kvart relativt mange til kjemi og biologi, t.d. pH, ioneselektive sensorer, colorimeter, hjerte- og pustefrekvens, O<sub>2</sub>- og CO<sub>2</sub>-sensorer, etanol.

Her er eit døme på eit enkelt lite eksperiment som inneheld både fysikk, kjemi og biologi, men som passar best å gjere på skulekjøkkenet. Når vi set ein brøddeig, veit vi at gjærcellene skaffar seg energi ved å ete sukker (karbohydrat). Avfallstoffa er mellom anna karbondioksid og etanol. Karbondioksidgassen får brøddeigen til å heve seg. I kjemien lærer vi at mange kjemiske (og biologiske) reaksjonar frigjer energi i form av varme. Blir det noko temperaturendring inne i brøddeigen når den hevar seg? Det er berre å måle.



Figur 8: Ein ferdig heva brøddeig der deigtemperaturen har blitt logga i hevingsperioden. Etter at temperatursensoren var nappa ut, vart brøda forma til og steikte.

### Innkjøp av dataloggingsutstyr

Dessverre er dataloggingsutstyr dyrt. Eg tilbaud kurs for ein ungdomsskule og fekk til svar: *Kva skal vi med kurs i slikt når vi aldri får råd til å kjøpe det?* På ein annan skule der eg fekk halde kurs, sa dei: *Det er ikkje berre spørsmål om pengar, det er mest eit spørsmål om prioritering.* Denne siste skulen fekk med seg rektor og skulesjefen og kjøpte eit klassesett.

Fleire læremiddelfirma sel dataloggingsutstyr til skulebruk. Det finst i dag to, tre merke som dominerer marknaden. Utviklinga har vore den same som for mobiltelefonar ved at det no er komme loggarar med peikeskjerm (touch screen) i fargar. Ein må nok rekne med mellom fire og fem tusen kroner for sjølve loggaren. Så kjem sensorane i tillegg, der prisane varierer frå nokre hundre kroner opp til to-tre tusen, avhengig av kva sensorane skal måle. Det er ikkje utvikla nokon standard for sensorane enno, så ein må kjøpe dei sensorane som høyrer til den dataloggaren skulen kjøper. Det er derfor viktig bruke litt tid før ein går til innkjøp – snakk med fleire læremiddelfirma, snakk med fysikk-lærarar i vidaregåande skule. Til alle dataloggarane finst det PC-programvare som bør skaffast. Det løner seg å kjøpe skulelisens på denne programvaren slik at dette blir ein eingongskostnad.

Tekst: Per Vassbotn, Høgskulen i Sogn og Fjordane

## KROPPEN VÅR DATALOGGING I GRUNNSKULEN

Dersom skulen har rikeleg med berbare PC-ar, kan ein spare mykje pengar ved å bruke desse i staden for dataloggarar. Sensorane kan då koplast rett til PC-en via ein spesiell adapter til ein USB-inngang. Eg skal ikkje her ta stilling til kva type som er best og kva ein skule bør kjøpe.

IKT-utstyr er høgt prioritert i den norske skulen. Naturfagutstyr har lenge vore lågt prioritert. Det er då viktig for oss naturfaglærarar å argumentere med at dataloggingsutstyr verkeleg er IKT-utstyr. Vidare er det viktig å vise til tverrfagleg bruk. Til dømes kan det koplast til norskfaget ved rapportskriving, og til matematikk ved grafar, statistikk og enkel matematisk modellering.

### Korleis komme i gang?

Dersom du som naturfaglærer aldri har vore borti datalogging, rår eg til å få ein demonstrasjon eller eit kurs. Dersom ein samlar saman naturfaglærarane i eit område, vil eg tru læremiddel-seljarane vil komme og gje ein demonstrasjon. Det bør skipast til fleire kurs i datalogging retta mot naturfaglærarar på mellom- og ungdomssteget i grunnskulen.

Når det gjeld norsk lærarutdanning, bør bruk av dataloggingsutstyr bli ein naturleg del av naturfagundervisninga på høgskulane.

### DLIS (Datalogging i skulen eller Datalogging in Science)

Eg er med i eit 2-årig EU-prosjekt med den formelle tittelen *Datalogging as Innovative Learning Tool*. Bruksnamnet vårt er **DLIS**. Partnergruppa er sett saman av lærarutdannarar i naturfag frå Danmark, Sverige, Irland og Noreg. Målet vårt er å promotere datalogging i grunnskulen. Vi arbeidar med å utforme eit 20-timars kurs i datalogging for naturfaglærarar. Kurset vil gå over 1 - 3 månader etter kva som passar deltakarane best. I kursperioden får lærarane låne utstyr slik at dei får tid til å prøve det ut sjølv, saman med kollegaer og, ikkje minst, saman med egne elevar. Her er nokre hovudpunkt i kurskonseptet:

- Kurset vil starte med elementær bruk av utstyret ("knotting") i enkle tilpassa øvingar. Etter kvart vil øvingane og knottinga bli meir avanserte. Lagring av data på fil og bruk av ulike hjelpeverktøy er døme på dette. Vi vil også sjå på koplinga mellom dataloggar og datamaskin. Overføring av data og grafar til rapportar (tekstdokument som Word), og målingar styrt frå PC er døme.
- Det er i kurset lagt vekt på å stimulere til ein **undersøkjande pedagogikk** (*Forskarspiren, Enquiry based Learning*). Kurset vil no gå over frå knotting til drøftingar av kva vi kan gjere med loggarutstyret og korleis vi kan utvikle våre egne

øvingsopplegg for elevane. Spørsmål til elevane som krev *høgare ordens tenking* (jf Blooms taksonomi) er sentralt.

- I kurset vil vi prøve å utvikle ei arbeidsform etter modell av **aksjonslæring**. Korleis kan vi saman på kurset og, ikkje minst, seinare endre vår eigen undervisning for å gje elevane betre læring, og gjere undervisninga meir interessant og motiverande. **Refleksjon**, skriftleg og munnleg, om kva vi gjer, kva som verkar bra og mindre bra, er no sentralt.

Prosjektet vil bli avslutta seinhaustes 2010 og vil etterlate ein prosjektrapport til EU og ei nettside med kursopplegg og framlegg til øvingar innafor dei tre utvalde felt, *energi, ver og klima* og *human fysiologi*. Det er ei von at det blir sett i gang kurs etter denne modellen frå våren 2011.

### Datalogging i skulen

Datalogging er nytt for dei fleste naturfaglærarar i grunnskulen. Det er ikkje eit "hokus pokus" som vil revolusjonere undervisninga til noko anna enn før. Det viktigaste er framleis den fagkompetente, gode læraren som har evna til å gjere undervisninga interessant for elevane. Det er viktig å bruke miljøet utafor skulen for å vise elevane at faget verkeleg er eit naturfag som gjev elevane opplevingar og motivasjon til å lære meir om naturen som vi alle er ein del av. For fysikken og kjemien (*fenomen og stoff* i læreplanen) er det viktig at skulen skaffar seg laboratorieutstyr slik at elevane kan få studere sentrale fenomen i naturen. Blant alt dette er dataloggingsutstyr eit moderne og lærerikt "krydder". Og som vi alle er einige om: *Biffen smakar betre med krydder enn utan*.

Lykke til!

### Fem nettlenkjer

- DLIS si offisielle nettside: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu) (kjem på nettet i løpet av november 2010)
- Pasco (ein stor leverandør av loggarutstyr): [www.pasco.com](http://www.pasco.com)
- Norsk importør av Pasco-utstyr er Gammadata, [www.gammadata.no](http://www.gammadata.no)
- Vernier (ein annan stor leverandør av slikt utstyr): [www.vernier.com](http://www.vernier.com)
- Norsk importør av Vernier-utstyr KPT Komet, [www.kptkomet.no](http://www.kptkomet.no)

Tekst: Benny Johansen, VIA University College, Århus

## KROPPEN VÅR DATALOGGERE OG ENERGIOMSETNING



# Kan bruk av dataloggere støtte læring knyttet til kroppens energiomsetning?

Et sentralt element i det praktiske arbeidet i naturfag er å samle inn data gjennom observasjoner og målinger. I undervisningen blir elevene presentert for en lang rekke utstyr og instrumenter som kan bidra til å samle inn data, f.eks. termometre, voltmetre og pH-papir. De innsamlede dataene blir notert ned for deretter å bli presentert via tabeller og grafer. Ofte blir innsamling av data gjort manuelt, men ny teknologi har forbedret prosessene med datainnsamling og presentasjoner av data.

Elektronisk datainnsamling kaller vi vanligvis for datalogging, og utstyret vi bruker kaller vi dataloggingsutstyr. Kort fortalt handler datalogging om å samle og lagre data ved hjelp av en datamaskin, ved å anvende en eller flere elektroniske sensorer i det miljøet en ønsker å undersøke.

I læreplan (LK06) for naturfag står det: "Å kunne bruke digitale verktøy i naturfag dreier seg om å kunne benytte slike verktøy til utforskning, måling, visualisering, simulering, registrering, dokumentasjon og publisering ved forsøk og i feltarbeid." I kompetansemålene etter 7. trinn er kravet at elevene skal kunne "bruke digitale hjelpemidler og naturfaglig utstyr ved eksperimentelt arbeid og feltarbeid". Bruk av digitale hjelpemidler i forbindelse med det praktisk eksperimentelle arbeidet kan være mange ting. For meg er det opplagt å bruke digitale verktøy til innsamling og presentasjon av data. Det finnes nå en rekke produkter som er designet til bruk i grunnskolen.

### Nye muligheter med dataloggere

Det er 5 vesentlige "tekniske" fordeler ved å bruke dataloggingsutstyr i stedet for "tradisjonelt" utstyr:

- Vi kan måle på parametre som vanskelig lar seg gjøre med "tradisjonelt" måleutstyr
- Vi kan foreta mange målinger over meget kort tid, fordi dataregistreringen kan gjøres med meget korte tidsintervaller

- Vi kan gjøre målinger over en lang tidsperiode uten nødvendigvis være tilstede
- Vi kan registrere meget små endringer
- Vi kan få gjengitt de innsamlede dataene – på en lettleselig form, for eksempel som graf – samtidig som dataregistrering finner sted

Når vi bruker "tradisjonelt utstyr" i forbindelse med en undersøkelse, vil elevene typisk bruke tid og ressurser på å lese av og manuelt notere ned de avleste dataene med papir og blyant. Når forsøket er over og alle måledataene er notert, vil det være behov for å presentere dataene slik at vi lettere får oversikt over sammenhenger og utvikling i forsøket, kanskje i form av en graf. Det er langt fra alltid at det blir tid til å lage et koordinatsystem, sette inn data og tegne grafer umiddelbart etter at forsøket er avsluttet. Elevene må vanligvis utarbeide grafer seinere, og selve forsøkets avslutning ligger nå litt tilbake i elevenes hukommelse. Når elevene bruker dataloggingsutstyr til å registrere og bearbeide data i et forsøk, kan de oppnå vesentlige fordeler i læringsprosessen:

- Grafen blir vist i "real time" slik at elevene kan følge med i grafens form og utvikling samtidig som forsøket gjennomføres
- Elevene behøver ikke bruke ressurser og tid på å notere data og utarbeide grafer; det ordnes automatisk av dataloggeren.

# KROPPEN VÅR DATALOGGERE OG ENERGIOMSETNING

På denne måten blir det frigjort tid og kognitive ressurser hos elevene til i stedet å tolke grafer og hva de innsamlede dataene egentlig uttrykker. Det blir mulig å komme raskere i gang med å drøfte sammenhenger i de innsamlede dataene og knytte relevant teori til de målingene som foretas.

## Bruk av dataloggere i undervisningen om menneskets fysiologi

Datalogging egner seg godt i undervisningen om menneskets fysiologi. Det eksemplet som jeg vil beskrive i fortsettelsen, handler om kroppen og energiomsetningen og er beregnet på de eldste elevene i grunnskolen.

Undervisningstemaet handler om hva som skjer med kroppen når vi utfører fysisk arbeid, for eksempel når vi sykler eller løper. Kroppens fysiske aktivitet krever energi til muskelarbeid. Sentralt i denne prosessen er respirasjonsprosessen i cellene. Det skal tilføres oksygen og energirike organiske forbindelser og fjernes karbondioksid og varmeenergi. Når energiomsetningen i musklene økes, involveres også andre av kroppens funksjoner. I denne sammenhengen er det viktig at elevene forstår sammenhengen mellom det som skjer i kroppen når musklene arbeider.

Figuren under viser hvilke deltemaer som inngår i undervisningsopplegget.



Figur 1: Beskrivelse av undervisningsopplegget om "kroppen og energiomsetning" og eksempler på aktiviteter som gjør bruk av dataloggere. Se mer på [www.dlis.eu/uk](http://www.dlis.eu/uk)

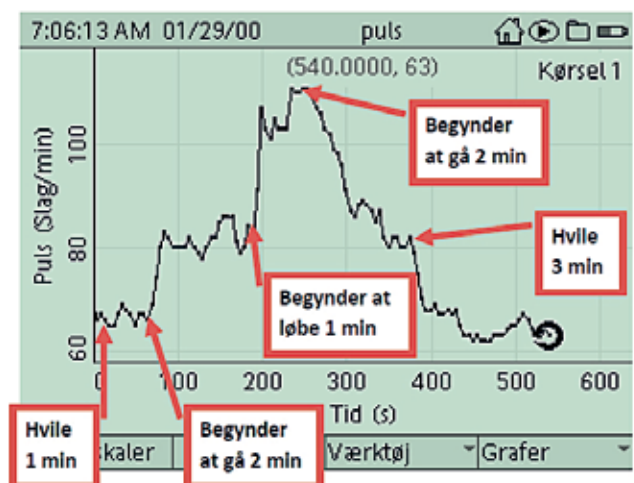
I figuren beskrives åtte aktiviteter som kan gjøres med hjelp av dataloggingsutstyr. Med dette undervisningsopplegget er det ikke vår forventning at elevene utelukkende arbeider med øvinger som gjør bruk av datalogging. De foreslåtte aktivitetene skal sees på som en palett av muligheter for forholdsvis enkle øvinger som er utprøvd. De kan supplere med mer "tradisjonelle" aktiviteter som lærere vanligvis gjennomfører når klassen arbeider med dette temaet. Vi kan tenke oss at elevene får muligheter til å arbeide med 2-3 aktiviteter der de gjør bruk av datalogging.

Det er mulig å laste ned alle øvingene fra nettsidene [www.dlis.eu/dk](http://www.dlis.eu/dk). Her kan du også finne bakgrunnsstoff og utfyllende informasjon om bruk av dataloggere.

I alle de åtte øvingene kan elevene bruke en rekke forskjellige sensorer:

- Temperatursensor
- Fuktighetssensor
- Karbondioksid sensor og/eller oksygen sensor
- Pulssensor

Noen av øvingene gjør bruk av flere sensorer, mens andre bruker bare en. Noen av øvingene er veldig enkle, mens andre er mer krevende. Det er med andre ord noe å velge mellom.



Eksempel på datainnsamling fra en av øvelsene der elevene undersøker sammenhengen mellom puls og arbeidsbelastning. Skjermbildet fra dataloggeren der pulsen er avsatt på y-aksen og tiden på x-aksen. "Forsøkspersonens" aktivitet veksler mellom hvile, gang og løp i bestemte intervaller.



Tekst: Benny Johansen, VIA University College, Århus

# KROPPEN VÅR FORDAMPING GIR AVKJØLING



## Fordamping gir avkjøling

I denne øvingen skal elevene bare bruke en enkelt temperatursensor, og det tar noen minutter å gjennomføre den. Øvingen handler om at fordamping gir avkjøling.

For å øke varmetapet til omgivelsene setter hudens svettekjertler i gang økt svetteproduksjon. Fordamping av svetten øker kroppens tap av varmeenergi til omgivelsene. Når en væske fordampes, må det tilføres energi, og det er nettopp dette som denne øvingen setter fokus på.

Øvingen er vanskelig å gjennomføre med et alminnelig væsketermometer, fordi de små temperaturendringene er vanskelig å lese av og registrere for elevene. Med dataloggingsutstyr kan elevene foreta mange målinger på kort tid, og målingene blir automatisk representert ved en graf samtidig med at selve øvingen gjennomføres. I tillegg kan selv små endringer "forstørres" og gjøres synlige for elevene.

### Oppstillingen framgår av figuren

Temperatursensoren plasseres under et stykke foldet filterpapir. Sørg for at temperaturen har stabilisert seg på romtemperatur. Sett dataloggeren (eller datamaskinens programvare) til å vise dataregistreringen som graf.

Dataregistreringen settes i gang.

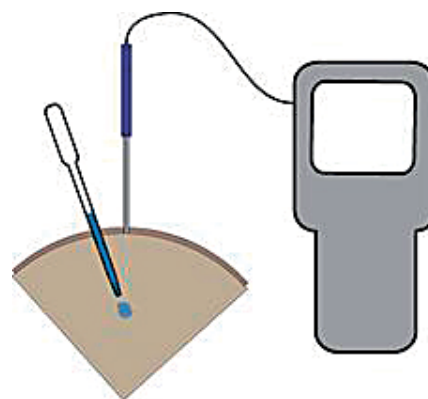
Etter en tid (for eksempel 15 sekunder) plasseres en enkelt dråpe vann på filterpapiret ved hjelp av pipetten, der hvor spissen av temperatursensoren er plassert.

Etter 5-6 minutter stoppes dataregistreringen. Væsken har fordampet.

Før forsøket settes i gang, bør elevene drøfte hva de forventer vil skje: Hva tror dere skjer med temperaturen på et stykke filterpapir når det kommer en dråpe kaldt vann på papiret? Hva tror dere vil skje dersom dråpen har romtemperatur, eller over romtemperatur? Hvordan vil temperaturkurven se ut? Elevene kan tegne en kurve som deres hypotese.

### Utstyr

- Filtrerpapir
- Skål med vann
- Pipette
- 1 temperatur-sensorer
- Datalogger (eller en vanlig datamaskin med tilhørende programvare, dersom sensoren kan koples direkte til datamaskinens USB-inngang)



Figur 2. Forsøksoppstilling med datalogger, temperatursensor og filterpapir. En dråpe vann plasseres på filterpapiret med pipetten.

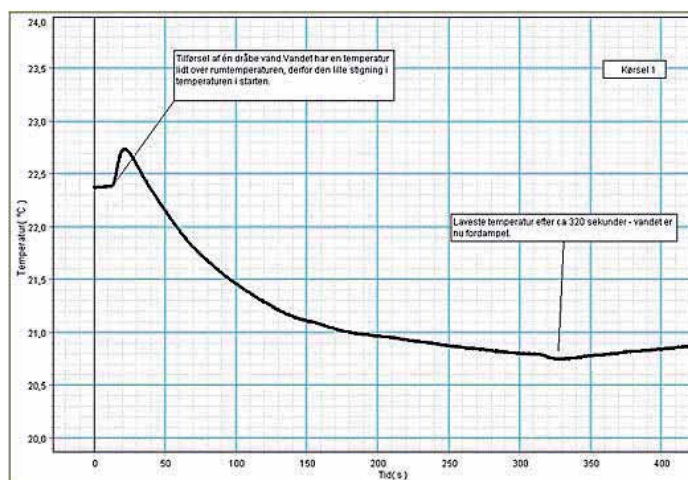


Tekst: Benny Johansen, VIA University College, Århus

# KROPPEN VÅR FORDAMPING GIR AVKJØLING

Du kan også drøfte med elevene om selve forsøksoppstillingen kunne gjøres på en annen måte. La elevene komme med forslag og prøve ut ulike måter å gjennomføre forsøket på.

Figuren under viser hvordan en dataregistrering kan se ut.



Figur 3 Representasjon av innsamlete data som graf

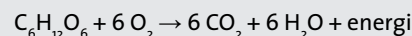
Bruk tid sammen med elevene på å bearbeide de innsamlete data og knytt resultatene til elevenes egne erfaringer. Hva skjer når vanndråpen legges på filterpapiret? Hvor mye endrer temperaturen seg? Hva er den laveste temperaturen? Hvor lang tid tar det før temperaturen er tilbake til utgangspunktet? Hvordan opplever dere selv temperaturendringer når huden er våt, for eksempel når dere svetter eller rett etter at dere kommer opp av vannet etter et bad? Hva er sammenhengen mellom resultatene fra forsøket og erfaringene fra badet? Kan vi formulere en forklaring på våre observasjoner om at temperaturen synker?

Det er også mulig å variere forsøket ved å bruke andre væsker enn vann.

De andre forsøkene på nettstedet [www.dlis.eu/uk](http://www.dlis.eu/uk) handler også om å kople sammen de innsamlete dataene, det konkrete praktiske forsøket, elevenes erfaringer og forståelse og den relevante naturfaglige teorien. Som Per Vassbotten skriver i en annen artikkel i dette nummeret, så er datalogging ”ikkje eit hokus pokus, som vil revolusjonere undervisningen til noe annet enn før.” Det er diskusjonene i klassen som gjør de praktiske aktivitetene til noe elevene kan lære gjennom og av, og her kan datalogging være et verktøy som støtter denne prosessen.

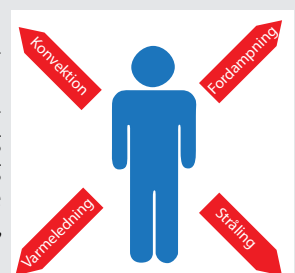
## Varmeoverføring og fordamping

Til musklene sendes glukose og oksygen med blodet. Her brukes oksygen og glukose til cellenes respirasjon:



Energien benyttes blant annet til musklens arbeid. Jo mer musklene skal arbeide, jo mer energi må frigjøres i muskelcellene gjennom cellenes respirasjon – og jo mer karbondioksid og vann blir dannet der. En del av energien brukes i forbindelse med musklens arbeid, og til slutt omdannes store deler til varmeenergi. For å unngå at kroppstemperaturen stiger for mye, økes gjennomstrømmingen av blod til huden. Blodkarene rett under huden sørger for at varmeenergien overføres til omgivelsene. Akkurat som for andre pattedyr og fugler er mennesket nødt til hele tiden å holde kroppstemperaturen noenlunde konstant. Menneskets kroppstemperatur ligger på ca 37° C. Mennesker kan bare overleve med en kroppstemperatur innenfor et snevert temperaturområde – bare fem grader over eller under vil være kritisk. De tynne blodårene i huden medvirker til kroppens temperaturregulering. Dersom kroppstemperaturen stiger, utvider de små blodkarene nær hudens overflate seg, og blodet overfører energi til omgivelsene ved varme. Dersom kroppstemperaturen synker, trekker musklene seg sammen og disse blodårene lukkes nesten, slik at blodgjennomstrømmingen i huden avtar. Det varme blodet strømmer i kroppen og reduserer avkjølingen.

Kroppen kan kvitte seg med varmeenergi på fire måter: strålingsvarme, varmeledning (ved direkte kontakt med omgivelsene), konveksjon (oppvarming av luft som strømmer forbi) og fordamping av svette. For å øke energitapet til omgivelsene, økes svetteproduksjonen fra svettekjertlene i huden. Hvis en person er i et miljø med stor luftfuktighet, vil fordampingen av svette bli begrenset og dermed blir avkjølingen av huden også begrenset.



Når en væske fordampes – går over fra flytende til gass-form – må det tilføres energi. Fordamping krever energi, og den motsatte prosessen (kondensering), frigjør energi.



Kan användningen av datalogger underlätta förståelsen av fenomen knutna till kroppens energiomsättning?

Text: Annette Zeidler, Malmö högskola

En central del i praktiskt naturvetenskapligt arbete är att samla in data genom observationer och mätningar. I NV-undervisningen blir eleverna presenterade för olika instrument och utrustningar, som kan hjälpa dem med insamlandet av data, till exempel termometer, voltmeter och pH-papper. Vanligtvis antecknas data och man gör tabeller och grafer. Oftast gör man detta manuellt, men ny teknologi

finns, som både kan samla in och presentera data. Denna teknologi kallas vanligtvis datalogging, och hjälpmedlet datalogger.

Kort förklarad handlar datalogging om att samla in och spara data med hjälp av en dator, dit en eller flera elektroniska sensorer är kopplade, till exempel termometer och pH-mätare. Dessa gör mätningar i sin omgivning och man kan se resultatet i realtid.

### Nya möjligheter med dataloggern

Det finns huvudsakligen fem "tekniska" fördelar med dataloggern, jämfört med konventionella mätinstrument:

- Man kan mäta parametrar som är svårätbara med "traditionella" mätinstrument.
- Man kan göra många mätningar under mycket kort tid, eftersom man manuellt bestämmer hur ofta mätningarna ska göras.

- Man kan även göra mätningar under lång tid, då man inte behöver närvara, till exempel över en natt.
- Man kan urskilja små förändringar.
- Man kan visa data i grafisk form samtidigt som mätningen sker, det vill säga i realtid.

När man använder konventionella mätmetoder är elever upptagna med att manuellt ned-

teckna resultatet och data presenteras först efter försökets slut, ofta med en graf. Denna del sker ofta i slutet av lektionen, och tid kan saknas för denna viktiga del av försöket som ska ge den fördjupade förståelsen. Att rita grafen kan bli en läxa som görs långt senare och då kopplar eleven inte grafens utseende till den verkliga händelsen. Chansen till förståelse och fördjupande diskussioner går lätt förlorad.

## Datinsamling

Medan dataloggern samlar in data ser man hur grafen växer fram och man kan koppla utseendet till det som hänt i försöket direkt. Eleverna behöver alltså inte lägga resurser och tid på att anteckna och rita grafer; det ordnas automatiskt av loggern. Därför kan elevens tid och uppmärksamhet läggas på förståelsen av försöket och kopplingen till teorin.

## Sensorer för mätning av koldioxid och syrgas

Cellandning och fotosyntes är viktiga begrepp inom biologiämnet, och dessutom abstrakta sådana, eftersom gaserna inte syns och tidigare har varit svåra att mäta. Till dataloggern finns både syrgas och koldioxidsensor, och därför kan man nu exempelvis utföra försök som rör områdena humanfysiologi och fotosyntes, för att konkretisera dessa begrepp. Nedan följer några exempel från humanfysiologiområdet.

## Användning av dataloggern i en undervisningssekvens om människans fysiologi.

Dataloggern passar bra att användas i ett undervisningstema, som handlar om människans fysiologi. Exemplet som beskrivs här, handlar om kroppen och dess energiomsättning och är anpassat till högstadiet.

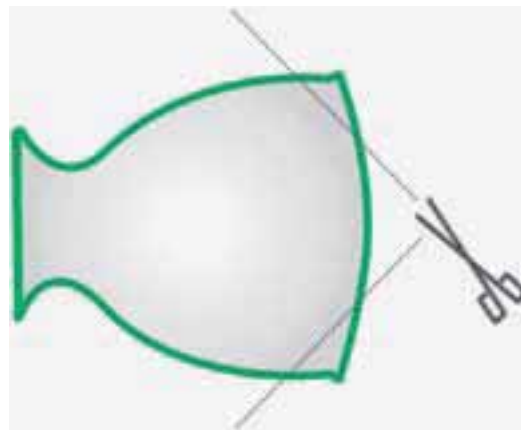
Undervisningstemat sätter fokus på vad som sker i kroppen när den utför fysiskt arbete till exempel vid cykling eller löpning. Den fysiska aktiviteten medför att det behövs energi till musklernas funktion. Centralt i denna process är cellernas respiration (cellandningen). Musklerna måste få tillgång till syre och energirika organiska föreningar, och koldioxid och värme måste transporteras bort. Nedan ges ett exempel på hur man kan mäta syre- och koldioxid i utandningsluften, efter vila, lätt arbete och tungt arbete.

## Försök 1: Mätning på utandningsluften

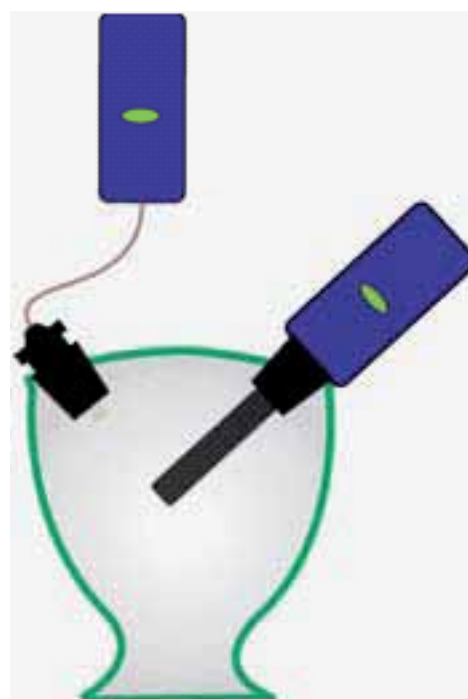
**Mål:** Målet med försöket är att eleverna ska upptäcka att ju mer energi som krävs för ett arbete, ju mer syrgas åtgår i cellandningen och ju mer koldioxid bildas.

**Utrustning:** Datalogger med syrgas- och koldioxidsensor, plastpåse, sax och gummiband och påsförslutare.

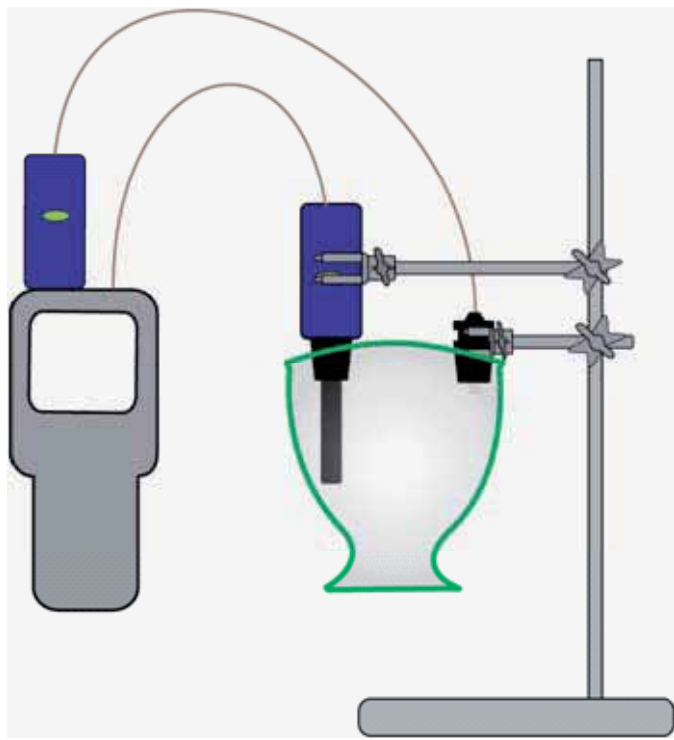
**Uppställning:** Klipp av hörnen på plastpåsen (1) och fäst sensorerna i plastpåsen med gummiband eller tape (2). Fäst anordningen på ett stativ enligt bilden på nästa sida (3).



1.



2.



### Frågor att diskutera utifrån resultaten:

- Varför skiljer koldioxidhalten i utandningsluften efter vila och arbete?
- Finns det något samband mellan syrgashalt och det utförda arbetets storlek? Motivera ditt svar.
- Hur kan detta resultat appliceras på luftkvaliteten i allmänna utrymmen, till exempel i ett klassrum?

### Variationer på försöket

#### Vad händer med utandningsluften då man håller andan?

Låt eleverna tänka ut en hypotes till vad som händer med utandningsluften då man hållit andan innan man gör utandningen i ovanstående försök. Håll andan 15 respektive 30 sekunder.

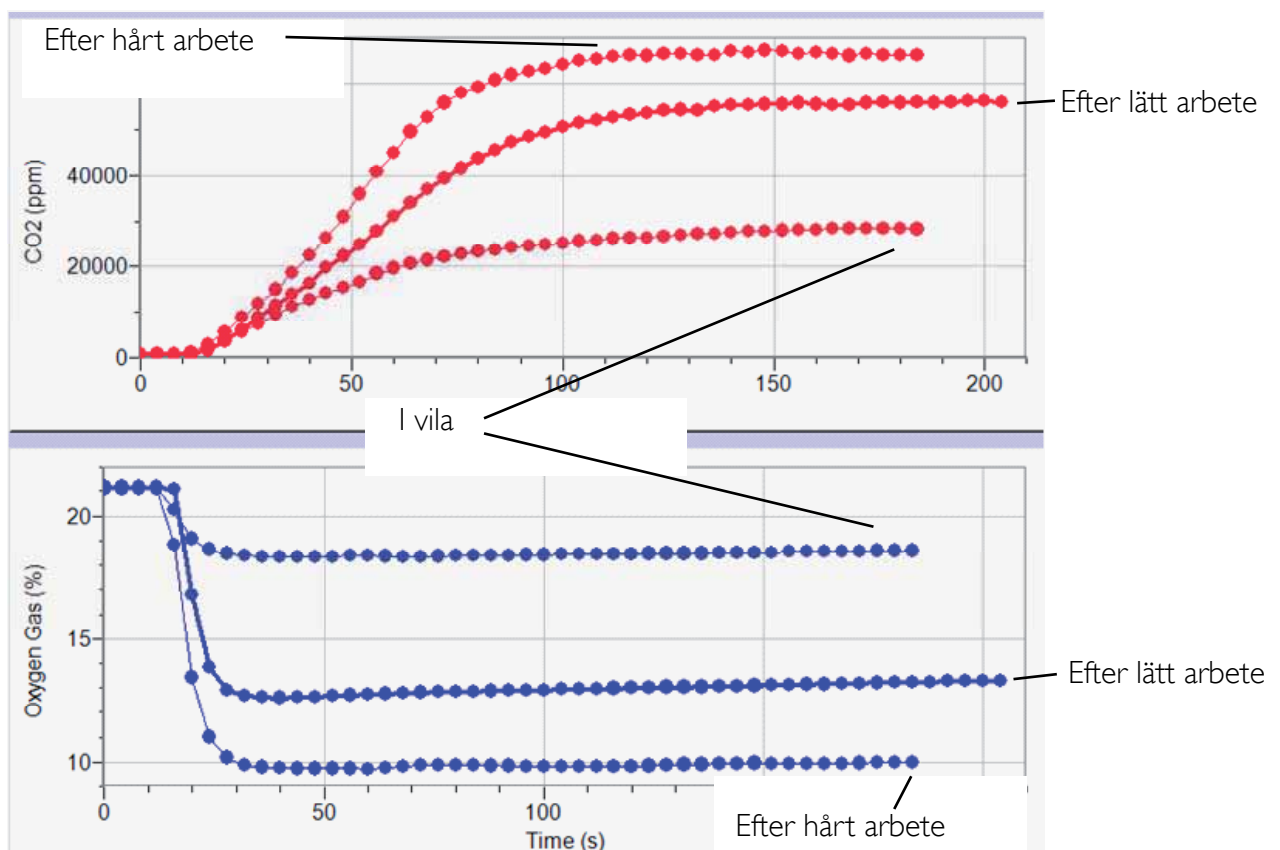
#### Vad händer med luften i ett klassrum?

Låt eleverna skriva en hypotes och planera ett försök där de ska undersöka vad som händer med luften i ett begränsat utrymme med människor i, till exempel i ett klassrum. I ett försök (se bild) isolerades en större låda med bubbelplast, och en elev fick sitta i lådan. Förutom att mäta koldioxidhalt, kan man mäta syrgashalt, temperatur och luftfuktighet.

Bild??? Koldioxid uppmätt i en låda med en elev

**Utförande:** Försöket går ut på att mäta koldioxid- och syrehalt i utandningsluften hos en elev i vila, efter lätt ansträngning och efter hård ansträngning. Eleven tar ett djupt andetag andas ut i påsen, som försluts med påsförslutare och därefter får mätning pågå i ca 200 s. Inför de andra mätningarna får eleven springa en respektive två minuter i till exempel en trappa. Plastpåsen måste först tömmas på luft, genom att vändas ut och in.

**Resultat:** Här nedan visas ett exempel på hur graferna kan se ut.



## Försök 2 : Mäta svett

**Mål:** Att eleverna upptäcker att cellerna alltid producerar vatten i form av svett, vilken avges från huden. Man kan även mäta temperaturändringen under försökets gång.

**Uppställning:** Datalogger, fuktighetsmätare, plastpåse, gummiband. Fuktighetsmätaren ska mäta den relativa fuktigheten.

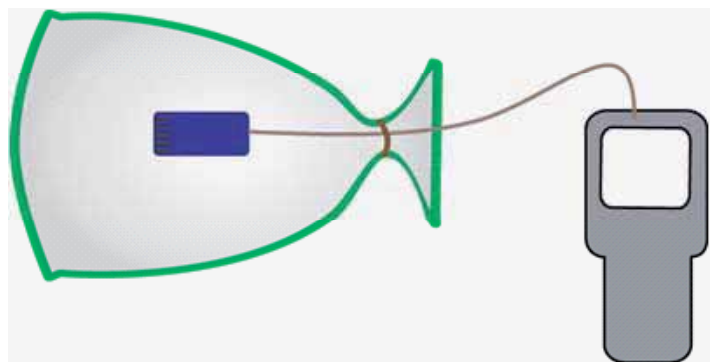
**Utförande:** Försöket börjar med att mäta luftfuktigheten i en tom plastpåse under 15 sekunder. (1) Därefter håller man en hand i plastpåsen, som försluts (2) och mätningen fortsätter under ca 4 minuter. Påsen öppnas snabbt genom att man försiktigt klipper upp ett hål och mätningen fortsätter ytterligare i 2 minuter, för att därefter avbrytas.

### Frågeställningar

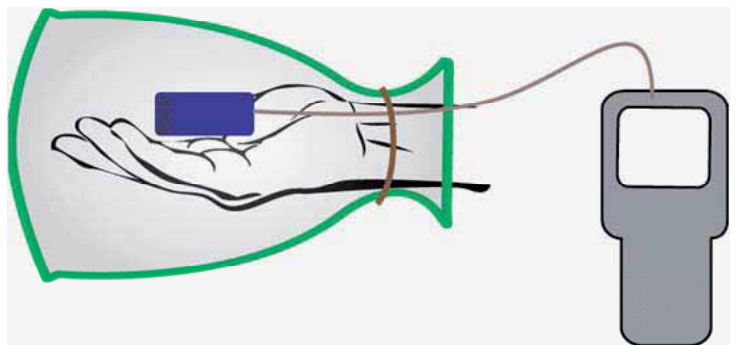
- Hur ändras den relativa luftfuktigheten då handen hålls i påsen? Vad händer med temperaturen? Varför?
- Vad händer när påsen öppnas? Varför?
- Förklara temperaturändringen under hela försöket.
- Förklara fuktighetsförändringen under hela försöket.
- Skulle du få samma resultat om du gjorde försöket utan plastpåse? Förklara.

### Kommentarer till försöket

Grafen nedan visar att luftfuktigheten ökar till 100% under tiden handen är i påsen. Detta beror på att påsen är tillsluten och begränsad. Grafen visar även tydligt hur fuktigheten minskar då påsen öppnas. Man ser även att temperaturen minskar eftersom avdunstningen är större än kondensationen.



1.



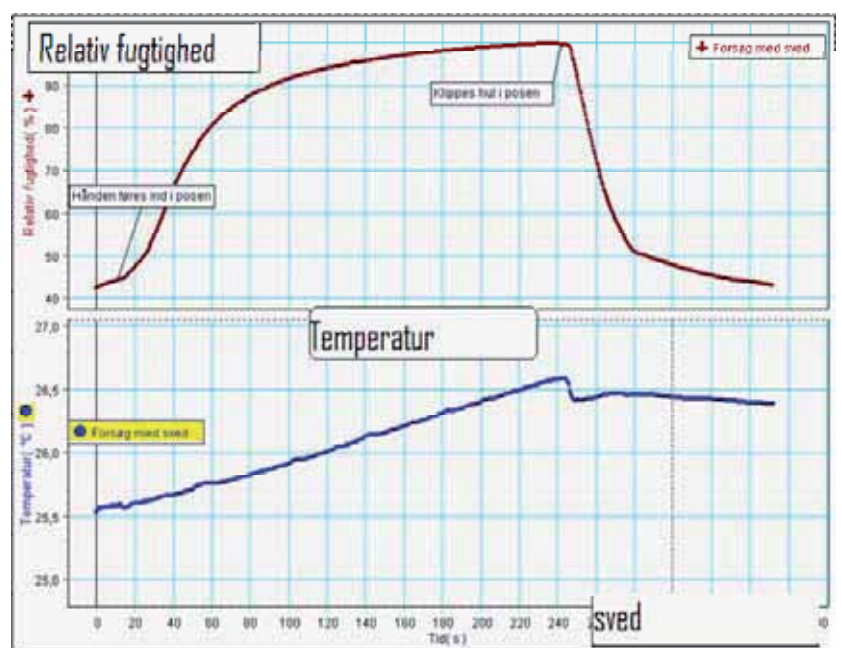
2.

Detta är bara några exempel på försök som elever kan utföra för att få en förståelse för människans fysiologi och för cellandningen. Naturligtvis kan elever och lärare själva komma på nya och fler försök som underlättar förståelsen. Ett elevaktivt arbetssätt underlättar den praktiska delen av nationella provet i åk 9, då hypotesskrivande och planering vid laborationsarbete bedöms.

## DLIS – Datalogging in science

DLIS är ett projekt bekostat av EU-pengar under Leonardo da Vinci-programmet. Deltagande länder är Danmark, Norge, Irland och Sverige, representerat av Malmö Högskola. Projektet har pågått i två år och avslutas i januari 2011.

Målet är att implementera användandet av dataloggers på högstadiet. Laborationer anpassade för högstadiet har utvecklats och de kommer att finnas på projektets hemsida [www.dlis.eu/uk](http://www.dlis.eu/uk) inom snar framtid. Det finns även utarbetat ett fortbildningsprogram för lärare som vill jobba med dataloggers i skolan. Sista fasen i projektet går ut på att inspirera och visa lärare och rektorer vilka möjligheter som arbete med dataloggers kan ge, via artiklar och deltagande i konferenser.



# undervisning |

## Strandkrabber og ånding

AF BENNY LINDBLAD JOHANSEN

Her beskrives en række elevaktiviteter, der kan være med til at illustrere strandkrabbens iltoptagelse.

Som alle andre dyr skal også strandkrabber bruge ilt til deres ånding. Ilten optages via gæller fra det omgivende vand. Mange strandkrabber lever i tidevandszonen, hvor de risikerer at blive "tørslagne". Hvis strandkrabben søger et fugtigt skjul under f.eks. tang eller sten, kan den fint overleve til vandet igen vender tilbage. Hvis blot krabben kan bevare en vandhinde omkring gællerne, og ikke er alt for aktiv, klarer den at få dækket sit iltbehov. Ilt fra atmosfæren vil diffundere over i vandhinden, efterhånden som det bliver optaget over gællernes tynde epiteloverflade – og kuldioxid vil diffundere den anden vej. Når strandkrabben er vanddækket, sørger den aktivt for, at der transporteres friskt, iltrigt vand forbi gællerne.

### Strandkrabbens gæller

Strandkrabbens gæller er placeret på begge sider af kroppen under rygskjoldet – inde i et gællekammer. Krabben har ni gællepar. Det er dog kun de fem bagerste (og største) man umiddelbart får øje på, når man åbner krabben. Hver gælle er opdelt i en række tætsiddende flade gælleblade (filamenter), så den samlede overflade, som er i berøring med vandet, bliver meget stor.

#### UDSTYR

Strandkrabbe  
Kogende vand  
Skål  
Skarp, kraftig kniv

1. Strandkrabben skal slås ihjel. Anbring krabben i skålen, og når den er faldet til ro, overhældes den med kogende vand. Krabben dør med det samme. Læg mærke til at krabben ændrer farve – den bliver rød!
2. Når krabben er blevet afkølet (skyl den evt. under den kolde hane), skal rygskjoldet skæres af. Stik kniven ind gennem rygskjoldet mellem øjnene og skær med kniven ned mod halen. Vær forsigtig – det er et kraftigt og sejt materiale at skære igennem. Placer herefter igen kniven mellem øjnene og skær den anden vej rundt mod halen.
3. Løft skjoldet af. Man kan nu se gællerne, som er placeret på begge sider af kroppen. Læg mærke til, at gællerne er fligede, så det giver en større overflade og dermed større kontakt til vandet, der strømmer igennem gællekammeret.
4. Man kan, inden krabbens rygskjold skæres af, stikke en kraftig nylon snøre ind igennem svælget, indtil det ikke kan komme længere. Hvis man, efter at rygskjoldet er skåret af, fjerner det øverste grønne fedtlag (mellem gællerne), vil man kunne se, hvor snøren ender. Dette er krabbens tyggemave. Lige bag ved maven ligger hjertet (se tegningen).

Strandkrabbe med rygskjoldet er skåret af, set fra undersiden. Gællerne ses på begge sider af dyret.

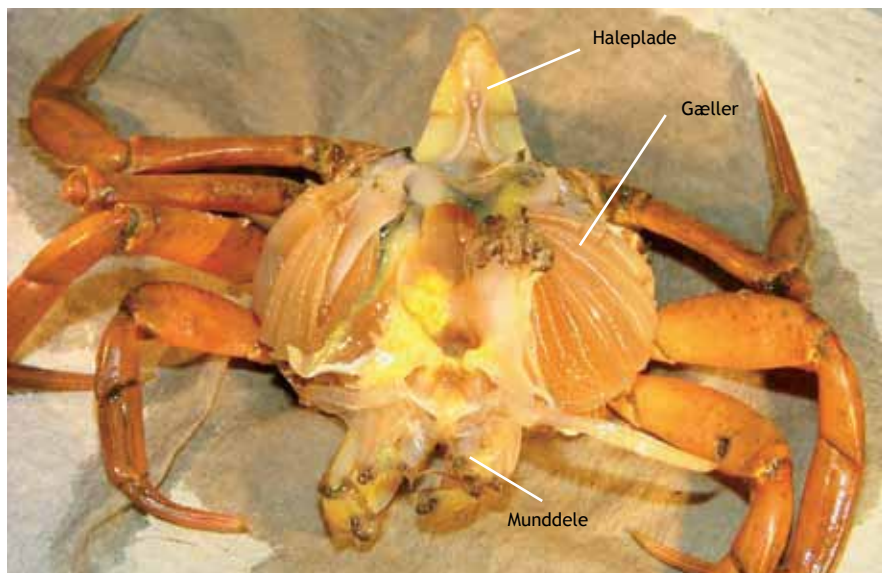


FOTO: BENNY LINDBLAD JOHANSEN



En dråbe blæk placeres forsigtigt mellem benene tæt på skjoldet med en sprøjte.

## Strandkrabbens vandbevægelse over gællerne

Strandkrabben optager ilt fra vandet. Dette sker, når vandet strømmer hen over gællerens tynde epitelooverflade. Når krabben er vanddækket, vil den aktivt skabe en vandstrøm hen over gællerne.

Gællerne er placeret i et gællekammer dannet af rygskjoldet. Hos de fleste andre tibenede krebsdyr (decapoda), vil vandet almindeligvis strømme ind ved kanten af skjoldet, bevæge sig hen over gællerne og komme ud ved gællekammerets forende. Men hos krabberne støder skjoldrandene tæt sammen med bugpladen. Hvert af de to gællekamre har seks åbninger. En lille åbning ved basis af hvert af gangbenene, en større åbning ved basis af det forreste ben og en

åbning forrest på krabben tæt ved munden. Vandet kommer i almindelighed ind ved basis af benene, strømmer hen over gællerne og kommer ud ved gællekammerets forende. Strømningen gennem gællekammeret fremkaldes af munddelenes bevægelser. Et bladformet vedhæng, åndingspladen, suger ved svingende bevægelser vandet ud af gællekammeret.

### UDSTYR

Glasskål

Saltvand (vand fra det område krabben er fanget)

Strandkrabbe

Blæk

Injektionssprøjte

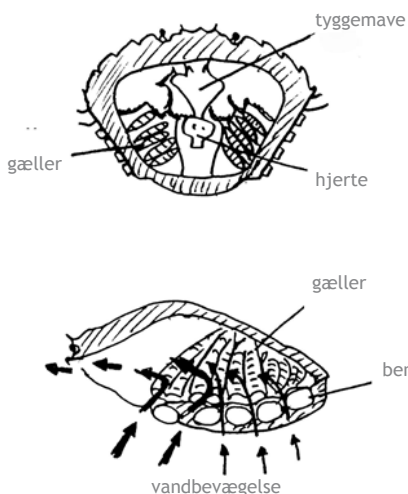
1. Fyld så meget saltvand i glasskålen, at strandkrabben vil blive dækket.
2. Anbring strandkrabben forsigtigt i skålen. Giv krabben tid til at falde til ro.
3. Når krabben ligger stille, anbringes med sprøjten en smule blæk mellem forreste (den med klosaksen) og andet ben – tæt ved skjoldet.
4. Vent og se hvad der sker! Det er vigtigt at krabben ligger helt stille – ellers vil blækket blive blandet helt op med vandet, og vandet vil få en ensartet, blå farve.
5. Hvis alt går som det skal, vil man se, at blækket vil bevæge sig mellem benene og forsvinde ind under rygskjoldet. Efter et øjeblik vil blækket igen komme til syne – fortil på krabben nær munden, som en lille blå ”røgsky”, som krabben sender ud i vandet. ■

### HVORFOR BLIVER KRABBen RØD?

Mange rejer, krabber og hummere skifter farve, når de bliver kogt. Det røde farvestof er astaxanthin og svarer kemisk til betacaroten, som er i gulerødder.

Astaxanthin dannes af mange forskellige alger. Algerne bliver ædt af mindre dyr som f.eks. krebsdyr, der ophober stoffet i deres skaller. Når krebsdyrene bliver ædt af større dyr som laks, flamingoer eller rød ibis, farves disse dyr af farvestoffet. I krebsdyrene ser man oftest kun pigmentet, når de bliver kogt. Det ville nok heller ikke være godt for deres camouflage, hvis de gik rundt og var røde. Ikke alle krebsdyr skifter farve, når de bliver kogt. Det gælder f.eks. hesteren, som beholder sin brungrå farve. Derfor er den heller ikke helt så populær at spise. ■

TEGNING: BENNY LINDBLAD JOHANSEN





# undervisning |

## Måling af strandkrabbens iltoptag med datalogger

Et centralt element i naturfagsundervisningens praktiske arbejde er at indsamle data igennem observationer og målinger. I biologiundervisningen bliver eleverne præsenteret for en lang række udstyr og instrumenter, der kan hjælpe med at indsamle data, f.eks. termometre og pH-papir. De indsamlede data vil typisk blive noteret ned og efterfølgende repræsenteret i tabeller og grafer. Ofte bliver dette foretaget manuelt, men ny teknologi har forbedret dette element, så computerteknologien nu kan assistere processen med opsamling og præsentation af data.

I Fælles mål 2 for biologi er der i trinmålene for både 8. og 9. klasse indskrevet, at eleverne skal anvende it-teknologi til dataopsamling. Dette har allerede igennem en årrække været et krav for fysik/kemi, men med faghæftet fra 2009 er det altså også blevet et krav for faget biologi (og geografi).

Elektronisk dataopsamling kan foretages med dataloggerudstyr, som der efterhånden findes en del af til brug i folkeskolen. Kort fortalt handler datalogning om at opsamle og gemme data ved hjælp af en computer, hvor en eller flere elektroniske sensorer registrerer data i det miljø, de måler på.

Der er fem væsentlige ”tekniske” fordele ved at anvende datalogningsudstyr frem for konventionelt udstyr:

- Man kan måle på parametre som vanskeligt lader sig gøre med traditionelt måleudstyr
- Man kan foretage mange målinger over meget kort tid, da dataopsamlingen kan

finde sted med meget korte tidsintervaller

- Man kan foretage målinger over en lang periode, hvor man ikke nødvendigvis behøver at være til stede
- Man kan registrere meget små ændringer
- Man kan få gengivet de indsamlede data – på en let aflæselig form, f.eks. som graf – samtidigt med at dataopsamlingen finder sted

En ulempe ved dataloggerudstyret er dog, at det er forholdsvist dyrt at indkøbe til skolen. Sensorerne, der er anvendt i afprøvningen af opstillingen beskrevet nedenfor, sættes direkte ind i computerens USB-port. Temperatursensoren koster ca. 280 kr. og ilt (gas)-sensoren koster ca. 1000 kr. Computerprogrammet, som hører med, er gratis.

Udstyr:

Målebeholder (honingglas, hvor der er lavet to huller i låget)

Gummiprop med ét hul

Temperatur-sensor

Ilt(gas)-sensor

Computer

Strandkrabbe

Filtrerpapir (evt. kaffefilter)

Lidt saltvand (fra det område krabben er fanget)

Balje

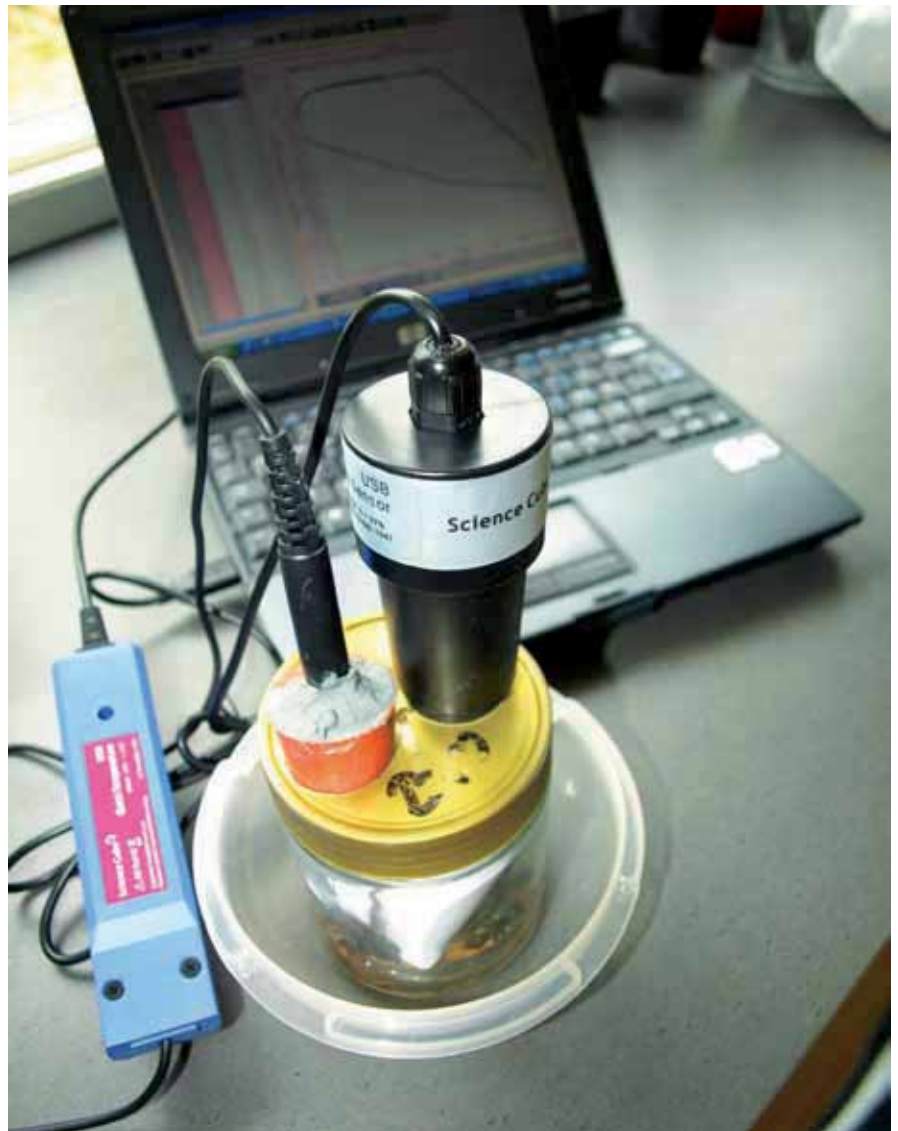
Isterninger

Som målebeholder kan f.eks. anvendes et honningglas med skruelåg af plast. I plastlåget bores (med hulbor af passende stør-

relse) to huller, så de passer med ilt-sensor og gummiprop. (se foto af udstyr )

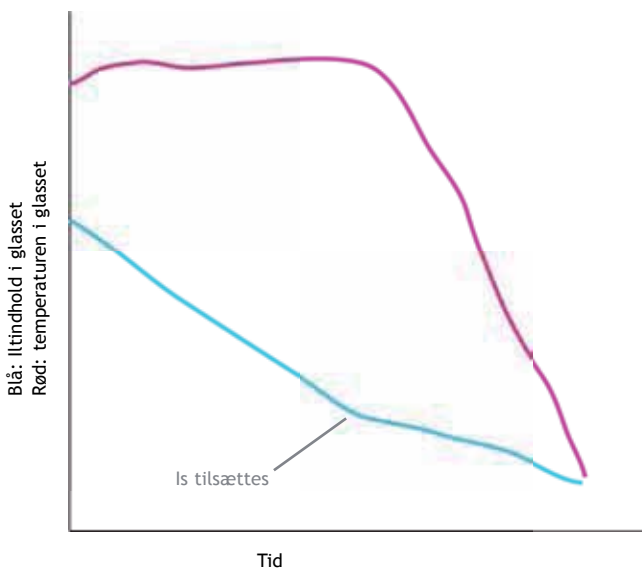
1. Computeren tændes. Datalogger-programmet åbnes og de to sensorer sættes i computerens USB-porte
2. Tag honningglasset med skruelåg (to huller i skruelåget) og anbring glasset i baljen. Hæld lidt friskt saltvand i bunden af glasset (ca. 5 mm) og anbring forsigtigt en strandkrabbe i bunden af glasset. Fugt et (eller flere stykker) filtrerpapir med saltvand og læg filtrerpapiret hen over krabben (Strandkrabben lever blandt andet i tidevandszonen – ved lavvande tørlægges området og krabben søger beskyttelse under sten eller tang). Skru skruelåget på syltetojsglasset
3. Når krabben er faldet til ro, skrues låget på glasset og sensorerne anbringes (således at de ikke berører krabben)
4. Start dataopsamlingen Få dataene vist som graf, så der kan følges med i udviklingen af ilt-indholdet og temperaturen.
5. Efter en tid anbringes knuste isterninger i baljen, så glasset med strandkrabben afkøles.
6. Efter at opstillingen har kørt i endnu en periode stoppes dataopsamlingen. Forsøget stoppes under alle omstændigheder senest, når iltindholdet når under 17 %.
7. Herefter bringes krabben forsigtigt tilbage til akvariet.
8. Drøft med eleverne, hvad der sker med graferne og hvilken sammenhæng, der er mellem temperatur og iltforbrug.

FOTO: BENNY LINDBLAD JOHANSEN

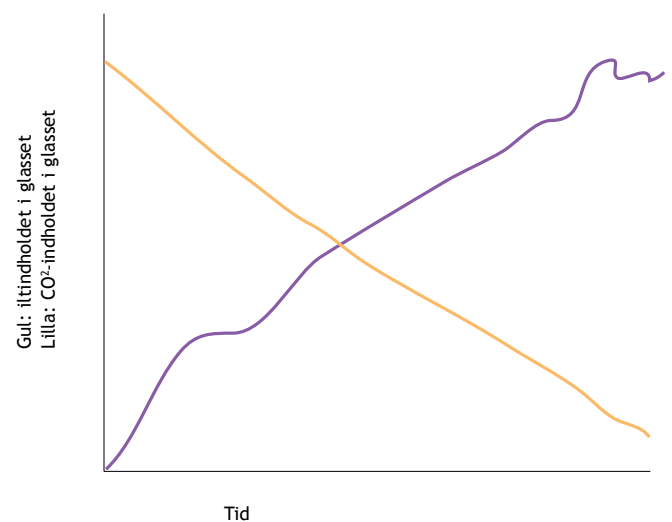


Forsøget kan varieres, så der i stedet måles på ilt og kuldioxid. Forsøget lægger i dette tilfælde op til en diskussion af sammenhængen mellem optag af ilt og afgivelse af kuldioxid. ■

*Benny Lindblad Johansen er bestyrelsesmedlem i Biologforbundet og underviser i biologi på læreruddannelsen i Århus.*



Måling af ilt og temperatur i beholder med strandkrabbe. Når isen tilsættes baljen, falder temperaturen brat og iltkurven slår et knæk. Krabbens iltforbrug falder.



Måling af ilt og kuldioxid i beholder med strandkrabbe. Krabben forbruger ilt og udskiller samtidig kuldioxid.

# Inquiry Based Science Teaching and Data Logging

By Dr.Geraldine Mooney Simmie, Faculty of Education and Health Science, University of Limerick.<sup>1</sup>

## Abstract

Current policies on science curriculum and pedagogy across the western world recommend a constructivist and inquiry based focus to teaching and learning science. This calls for a transformative culture inside the classroom and mandates that teachers use pedagogical approaches far different from the ones they themselves learned in their teacher education and earlier inservice training courses. In addition there is an emphasis on integrating technology into the teaching and learning of science, and the use of data logging sensors and computer software to speed up the routine nature of collecting and tabulating data, and to shift the focus toward higher order thinking and scientific reasoning. This paper explores some of the theory, policy and practice behind learning and inquiry based learning, the research findings to date on the use of ICT and particularly data logging to promote learning. It concludes that, while many issues remain outstanding, the role of the teacher as mediator in the integration of technology into science teaching appears to be the key to deriving the full potential of technology-integrated inquiry based science teaching for learning.

## Background and Context

Approaches to science teaching and learning have grown apace with changes in learning and knowledge theories, the declining number of pupils in developed countries choosing the physical sciences, largely disappointing results for the western world, with the exception of Finland, from international comparative league tables, such as PISA, an ageing teaching force and the increasing diversity of the learner in public compulsory education. Within this complex web of factors there is also the growing recognition of the need for a pool of future scientists in countries seeking to retain a leading competitive and innovative edge. All these factors have led governments to move from pedagogical silence to promoting more constructivist and eclectic approaches to the teaching and learning of science subjects and to make considerable investment in the promotion of ICT as a pedagogical tool. This review papers considers some key findings from science teaching and learning research, the patterns of change in theories of learning, knowledge and ICT as a pedagogical tool, including the use of data logging to promote an inquiry and innovative approach to teaching and learning. The review concludes with discussion of some of the many remaining obstacles and issues to this approach to the teaching of science for the promotion of learning.

## Learning and Knowledge Theories

Theories of knowledge and learning are inextricable bound. If one believes that knowledge is somewhere “out there” and objective then one is more likely to favour transmission models of learning. If however one believes that knowledge has some subjectivity and is constructed by the learner from information given, then one is more likely to favour constructivist, and social constructivist models of learning. The theory of knowledge is called epistemology. Moving from an essentialist epistemology of science teaching, where facts, definitions and bodies of objective knowledge are highly prized to more learner-centred and constructivist epistemologies has proved difficult for many countries in the developed world. Governmental mandates, legislation and national reforms are all calling for the replacement of the teacher-centred classroom to models of more interactive and co-operative learning where pupils are shown how to learn and make decisions about their own learning goals as well as learning what to learn. Theories of learning and theories of knowledge are in a dynamic state of flux and these changes are having a profound influence on curricular and pedagogical reform efforts.

Inquiry based science teaching is based on teaching science using an inquiry stance. This is the diametrical opposite to the stance of former more traditional approaches to science teaching. The traditional conception of school science clashed with the everyday reality of science discovery and neglected the role of the scientific community. Using more constructivist and more eclectic approaches the science teacher explores concepts and issues and leads the learner through a guided discovery approach. In this way the learner gets inducted into the world of theoretical science

---

<sup>1</sup> Email Contact: [Geraldine.Mooney.Simmie@ul.ie](mailto:Geraldine.Mooney.Simmie@ul.ie)

through a variety of different pathways. This section considers the changing pattern of theories of learning and knowledge. These form the necessary backdrop for the changing shape of teaching and learning science, both pedagogy and praxis.

Traditional models of teaching and learning involved a teacher-centred and authoritarian approach to teaching where transmission models of learning were espoused. This involved active teachers and mostly passive pupils. The teacher was perceived as a subject expert with little requirement for pedagogical knowledge. This model of learning, often cited as a deficit model of learning, established a teacher-pupil dependency, esteemed the teacher as expert knower and retained a novice-expert relationship of learning. The wisdom and knowledge of the teacher had high currency and there was little effort required in generating critical dialogue or debate. Within older and more established academic subjects, such as the sciences, this essentialist epistemology of learning has until the 1990s been highly valued. The essentialist knowledge conception of an ageing teaching force is by the first decade of this century one of the greatest challenges in introducing new approaches to science teaching and learning. There is plenty of research evidence to back-up this claim. For example, Monsen (2003) found that changing the epistemologies of science teachers, from his study of the upper secondary school curriculum in Norway, to be the greatest challenge for policymakers and school leaders alike into the future.

Besides transmission models of learning there are many alternative models of learning. Learning from experience and reflection was mooted by Dewey (1938) using his pragmatic philosophy of schooling and education. The pedagogy of the oppressed, as argued by Freire (1970), suggested that learners did not in fact learn through transmission models, the *banking concept* as he termed it, but through more active construction of knowledge. This model suggests that the teacher can but give information to the learner and to it is up to each learner in turn to construct that information and turn it into knowledge. Kolb (1983) set up a model of learning that considers four major dispositions of the learner including that of activist, pragmatist, reflector and thinker.

By the 1990s the stage was set for newer conceptions of learning and knowledge. Learning theories had moved from transmission to more transformative models and knowledge theories had moved from essentialist, to constructivist to more social realist and eclectic models of knowledge. Young (2008) argued against the unquestioning acceptance of the social constructivist model of learning and suggested a more eclectic approach, which he termed social realism, for this century. He shared a new and challenging perspective on the difference between knowledge for life and the knowledge required from schooling and further education. He decried the *dumbing down* of curricula which was retaining young people in school but not challenging them to reach higher levels of understanding or analytical thinking.

In conclusion the inextricable link between theories of knowledge and theories of learning has now been well established in the literature. In this century it is recognized that people learn in a variety of different ways, requiring active and critical engagement by the learner. The teacher needs to be able to set the stage for learning, to create the learning environment, at an individual and group level. This combination of *hands-on* and *minds-on* approaches to the generation of new knowledge and learning has profound consequences for teaching and learning science. It is to this topic that we now turn.

### Science Education and Inquiry Based Approaches

By the end of the 1980s and early years of the 1990s there was a new field of science educational research opening that suggested that teachers needed to teach topics and concepts in science through engagement with the learners' own lay theories and thinking patterns. It is by challenging existing thinking that much of the counter-intuitive findings of science may, in fact, be constructed. Driver and Bell (1986) started to lead the field with constructivist approaches to science teaching while Millar and Osborne (1998) continued to challenge existing practices in the UK. Atkin and Black (2003) recognized the importance of the mind-set and approach of the teacher and regarded this as the single most important factor in the teaching and learning of science. Mooney Simmie's (2007) findings indicated that newer models of inservice training and support were needed to scaffold teachers through the transition process required of more transformative models of teaching and learning science. Lang et al (2007) argued for the need for improved teacher voice and dialogue with policymakers in the newer conception of teaching and learning science.

Science teaching and learning entered new directions, some focusing on literacy, others on using ICT, practical work, environmental issues, argumentation and different approaches to teaching science in context. All shared the common

thread that science was more than simply a body of facts, that there were concepts and principles that required understanding and deeper levels of appreciation. Science needed to engage with higher order thinking capacities of the learner for greater depths of understanding and meaning-making. Science also reached into the real world concerns of global warming, pollution, world hunger and science for literacy and citizenship requiring ethical and socio-cultural context, debate and discussion. It was no longer perceived as a narrow field and involved more than the fundamentals of the scientific method, measurement and observation. The rapidly changing fields of the physical sciences, physics and chemistry, and especially the inventions and discoveries associated with the biological sciences, meant that teaching and learning science meant being able to understand concepts, to grapple with environmental issues as well as knowing formulae and a range of generalisable laws that explained the workings of the physical world.

The teacher was not only expected to know their subject knowledge and impart this information to their pupils but they were also expected to elicit pupils' own lay theories and create the dissonance required to lead their pupils to deeper depths of understanding and the theories of science. Science teaching appeared to require an inquiry stance and a rich imagination to understand the physical world and imagine future possibilities. By the late twentieth century and the early years of this century ICT began to be perceived as a way to bring teachers and pupils into newer approaches of teaching and learning science that could lead to higher order creative and critical thinking and generate pedagogical innovation. It is to this use of ICT as a pedagogical tool that we now turn.

### ICT as a Pedagogical Tool

ICT in science teaching and learning was promoted through the 1990s and 2000s. The digital competence of the science teaching force was perceived as an urgent national priority and governments made considerable investment to improve this competence among their teaching force. Teachers were introduced to a range of modern teaching aids using technology, for example, using white boards and powerpoint slide presentations. In the science laboratory teachers were introduced to a speedy technological approach to the collection of data from a range of classic experiments. This approach involved the use of a range of sensors called data loggers. These were thought to take the drudgery from manual methods of gathering data and manipulating it in graphical forms. It was considered that data logging could inspire and motivate young people to enjoy practical work while leaving space for greater understanding, exploration and prediction with regard to the phenomenon under study.

### Data logging as an Inquiry Based Approach

Practical work in science had achieved an important status in school science teaching as far back as the late 1800s. By the 1990s manipulation of data by hand became regarded as outdated and data loggers, using a variety of sensors, were able to take the drudgery from this task and, interfaced with computer software, display results from experiments quickly, accurately and graphically. This gave the opportunity for pupils to move directly into data interpretation and analysis, an approach often rushed with older manual methods. Proponents of data logging in school science suggested that not only did data logging remove the burden from these lower order tasks while giving an increased opportunity for the development of higher order critical skills of analysis. A review of some international reports and peer-reviewed papers focuses on a range of research findings in this regard.

### National and International Reports

A range of national and international reports were produced in the late 1990s and early 2000s that indicated the levels of investment made in introducing ICT as a pedagogical tool and especially the use of data logging as an approach to data collection and analysis in school science experimental work. In Ireland the integration of ICT in teaching and learning became a government priority in 1997. The *Schools IT 2000* programme, costing £40 million, was rolled out nationally and overseen by a new agency, the *National Centre for Technology in Education (NCTE)*. The programme assisted schools with hardware, software, teacher training and connection to a national network, *scoilnet.ie*. It also financed a number of research and development projects, *school integration projects (SIP)* to shape models of best practice. Preference was given to schools with a history of project engagement and professionally active engagement and a written staff development policy. Kennedy and Finn (2000) reported on one SIP project, sponsored by the NCTE and the *Irish Science Teachers Association*, and involving data logging in physics and chemistry upper secondary education. They note some benefits of using data logging, as indicated from their literature review:

1. Improves the graphing skills of pupils.
2. Improves pupils interpretation of graphs.

3. Changes the focus from routine data manipulation to higher order skills of interpreting which enhance scientific thinking, creativity and problem solving (questioning, discussing, interpreting and analyzing).
4. Supports mixed ability teaching giving access to a visual medium to weaker pupils and challenging higher achieving students in their skills of prediction.

The finding from this research study, of twelve pilot schools, indicated agreement among the teachers of the value of using data loggers to enhance science teaching and to improve learning outcomes:

With the aid of computer-assisted data logging, the graph is a starting point for thinking and not the end product as often is the case in conventional practice. The real benefits of data logging come from immediate observations of the data, asking questions about them, looking for links with other information, making comparisons, making predictions, looking for trends and so on. Its use in both teacher demonstration and pupil activity has a very positive effect on learning outcomes. (Kennedy and Finn 2000 p. 38)

The Ofsted report on the importance of information and communication technology (ICT) in primary and secondary schools in England and Wales, between 2005 and 2008, showed that despite a high level of state investment there was poor evidence of systematic evaluation of ICT in schools, on using ICT to systematically improve teaching and learning and poor use of data collection using data loggers. Despite an investment of over £2 billion approximately in the previous decade improving teaching and learning using ICT appeared to present a great obstacle. While pupils in primary school were making progress with using text, images, slides and digital cameras they were far less confident in collecting data using sensors and interpreting the data using software. The report suggested that this may be due to the lack of confidence of the teachers:

Pupils reached lower standards in the use of data logging and spreadsheets than they did in using ICT to communicate ideas. This is because pupils have insufficient opportunities to develop their understanding of data collection and modeling and because some teachers are less confident with these aspects. Too much emphasis is sometimes placed on pupils using ICT to present their work well, at the expense of developing their skills in handling information, programming and modeling data. Where standards in handling data were higher, pupils were taught how to collect data using sensors and how to interpret the data using software. For instance, in a Year 6 science lesson, pupils used temperature probes to record a hot potato cooling down and used a spreadsheet to record the data. However, this kind of experience was the exception. (Ofsted The Importance of ICT March 2009 p. 8)

In another example mentioned in this report a small rural school used sensors within an eco-centre that they had purpose-built:

At the time it was built, a number of sensors were incorporated into the structure. These, in addition to controlling the environment automatically, were used by students for data-logging experiments. For example, as part of the science course, Year 9 students used data-logging software to compare thermal energy transfer (heat loss) within the Eco-centre with heat loss in other buildings in the school. (Ofsted The Importance of ICT March 2009 p. 23)

Murphy (2003) reports on primary science and ICT in the UK and identifies that, while research evidence gives weight to constructivist approaches to learning, there is little advice given to teachers on how this might be developed. Moves toward *hand-on science* have meant less time on planning and interpreting, both *minds-on* activities, and the cultural obstacles at the level of the school. While many primary teachers are not confident enough to use data loggers in their science lessons and many sensors are not robust enough for classroom use Murphy (2003) nonetheless argues for the many benefits that can accrue from this approach to the teaching and learning of science:

The potential value of using sensors in primary science is considerable in terms of the development of the skills of observation, measurement, experimenting, space-time relationships, interpreting data, inference, prediction and controlling and manipulating variables. The concepts of time and change can also be developed via the process of data logging, as can the attitude of curiosity and, if working in groups, children can learn to be co-operative in their approach. (Murphy 2003 p. 24)

Osborne and Hennessy (2003) in their report on science education, and the problems and future directions of ICT, identify the challenge involved in the transformation of the culture of science teaching and learning:

the pedagogy of school science has tended to be didactic, authoritarian and non-discursive with little room for autonomous learning or the development of critical reasoning. (Osborne and Hennessy 2003 p.3-4)

The increasing urgency of developed countries to increase the number of students taking science for the utilitarian and economic argument presents a view of school science as preparation for a scientific career and kept a narrow market driven focus:

the basis of their concerns lies in the threat posed by the poor recruitment to the supply line of scientific and technological personnel, rather than a concern that one of the greatest cultural achievements of Western society fails to engage the interest of young people. ((Osborne and Hennessy 2003 p.9)

The social dimension of science has been recognized and, while not claiming that science is a social construct, it is recognized that scientists work within scientific communities and have their work validated through peer review. There are four arguments made in the literature for the purpose of science education: arguments that stress the utilitarian, economic, democratic and cultural purposes. The utilitarian and economic argument focuses on the need for science so that society retains its competitive knowledge economy. The democratic argument stresses the need for a scientifically literate population that at least understands arguments that are made with regard to important environmental issues, such as global warming. The cultural argument calls for an appreciation of science and its great achievements:

understanding of the culture of science requires some science history, science ethics, science argument and scientific controversy – with more emphasis on the human dimension and less emphasis on science as a body of reified knowledge. (Osborne and Hennessy 2003 p.13)

Osborne and Hennessy (2003) identify the benefits of using data logging in science inquiry:

The versatility of the data logging system means that it can be used within a range of activities to support any of the substantive curriculum areas of study (life processes, materials, physical processes) as well as the processes of scientific inquiry. (Osborne and Hennessy 2003 p.20)

This report emphasizes the critical role of the teacher in supporting inquiry based learning and using ICT applications. A similar theme may be found running through a range of peer-reviewed papers in this topic. It is to these that we now turn.

### Peer-Reviewed Papers

Peer-reviewed research papers reported the international research field activity with regard to inquiry based science teaching and learning, the use of ICT as a pedagogical tool and the use of data logging in school science experimental work. Hennessy (2006) in her review of integrating technology into teaching and learning school science argued that much research focused more on technical issues rather than broader pedagogical issues such as how resources are mediated by the teacher:

It seems that a much broader view of pedagogy if research into technology use in science is to provide rich insights. This will need to move beyond the “competence” discourse about teaching which is currently prevalent among policy makers, towards a view of pedagogy as the discourse which informs and justifies the act of teaching and the target learning. (Hennessy 2006 p. 3)

New technologies rather than helping students grasp abstract phenomena appeared to be serving to reinforce transmission models of teaching. Since the 1990s school science had developed a more holistic picture with greater emphasis on scientific reasoning, critical appraisal of evidence, reflection and analytical skills within contexts. Science in society had come more to the fore including an emphasis on scientific literacy skills:

The work of Kuhn (1993) was highly instrumental in the paradigm shift in the 1990s from science as a disinterested study of the natural world towards science as a cultural activity embedded in a body of social networks. The democratic and cultural arguments which have since come to the fore argue for a much more

holistic picture of science, leading to less concentration on teaching discrete content and much more developing higher order cognitive skills of critical evaluation and interpretation of evidence. (Hennessy 2006 p. 10)

Hennessy (2006) identified the need for achieving better balance between self-regulated learning and proactive teacher guidance:

teachers espouse the need for careful structuring of tasks while simultaneously offering students a degree of responsibility, freedom of choice and opportunities for active participation. They are developing a number of strategies for achieving a strategic balance between authoritative and dialogic forms of communication and between self-regulated learning and proactive teacher guidance during focused inquiry. (Hennessy 2006 p. 18)

She continues by arguing that teachers own epistemological beliefs need to be challenged by dialogue and debate and policymakers need to reexamine their curriculum and assessment policies.

Scaife (1993) raises the issue of whether or not teachers see value in pupils practicing hand-drawn graphs from raw data generated. If they do he suspects that replacing this step with a machine will not be seen as attractive:

a counter view is that perseverance, calculating skills and the ability to organize data systematically are intrinsic aspects of science education which students should continue to practice. (Scaife 1993 p.84)

Baggott la Velle et al (2004) in case study research with five male teachers considered the introduction of technology into the subculture of science teaching. They explored the views of the teachers from science as paradigm and science as pedagogy. They noted the stifling role that assessment was taking in their teaching:

in many ways it was assessment rather than curriculum reform that was blamed for a deprofessionalising process and the squeezing of autonomy that was taking place in schools. In consequence, many believed that school science is caught in a “pedagogical trap” where the dominance of template-style assessments had limited their classroom independence. (Baggott La Velle et al 2004 p. 117)

While teachers in the study shared a variety of views with regard to science they were all concerned that ICT should enable pupils to engage in scientific reasoning rather than technical processes or mere entertainment:

For many teachers recent changes in technology had become less “educationally focused” and more slanted toward “edutainment” and as a result many felt that the “core of science” was being lost. (Baggott La Velle et al 2004 p. 124)

Despite the range of potential benefits of computer approaches to practical work Newton (2000) notes that data logging does not seem to have won the widespread professional support of teachers. Despite the time saving benefits and the potential access to higher order thinking skills data logging often presented technical difficulties for the teacher and added to the already complex burden of class management:

Classroom management involves a complex set of interactions which can be further complicated for the teacher by the addition of unfamiliar technology. The additional burden posed can make data logging lessons more risky for the teacher than conventional activities. (Newton 2000 p. 1253)

Tan et al (2006) argue that the benefits of data logging depend on pupils’ ability to think about the science behind the experiment, and teachers’ ability to elicit this thinking process:

the benefits of data logging depend on the quality of students’ thinking about the experiment and data, for example, asking questions about data, making links with other information, making comparisons and prediction and looking for trends. (Tan et al 2006 p. 112)

Inservice support often focused more on technical know-how rather than inquiry-based science learning approaches. There was poor follow-up resource material for teachers who were under pressure to complete a syllabus while



simultaneously trying to develop ICT-rich learning strategies. McGarr (2008) argues, in learning from policy failures in the past in Ireland, that future initiatives in ICT need a teaching and learning focus:

In recognizing the failures of past initiatives, future initiatives should not be presented as ICT initiatives, but instead as initiatives in teaching and learning with relevance for all teachers. (McGarr 2008 p. 13)

Dani and Koenig (2008) argue that technology is often used to support traditional teaching and the potential for reform-minded teaching is lost. Teachers need to move from a focus on subject content to explore the theories of science through a range of diverse pathways:

In facilitating deep conceptual understanding, teachers represent abstract knowledge with concrete experiences, scaffold learners' understanding through the use of questions and personalized instruction, and promote reflection. (Dani and Koenig 2008 p. 205)

In two technology-integrated science teaching projects in the UK Hennessy et al (2006) interview a total of fifteen teachers to elicit their pedagogical thinking. The research study shows how the teachers seek to bridge the gap between informal and scientific knowledge. In one project teachers designed three data logging experiments namely: interpreting distance-time graphs, the effect of cooling rate on crystal size and heat loss by radiation from different coloured substances. They used the time saved by using data logging to elicit higher order thinking and develop scientific reasoning with pupils:

Time gained...increased opportunities for strategic questioning and interpretation (e.g. analyzing "shapes and patterns" of cooling curve graphs whereas lower ability groups producing them manually could "lose the whole concept"). Opportunities to assess learning informally and to move students' thinking on were capitalized upon through discussion of results or "prompting them step by step...to tell me what was happening" especially whilst an application was running. Teachers were thus exploiting the direct manipulation of abstract representations of concrete objects in linking phenomena with theory. (Hennessy et al 2007 p. 146)

Data logging is the only specified use of ICT in science included in the curriculum and examination syllabus in England and Wales and according to McFarlane and Sakellariou (2002) it remains a minority activity:

data logging remains an occasional activity used largely to demonstrate rather than for any secondary enhancement to scientific learning. (McFarlane and Sakellariou 2002 p.223)

### Some Critical Issues Remaining

The fields of inquiry based learning and integrating data logging in the teaching of practical science have both entered uncharted waters in the last ten to fifteen years and there are many unresolved issues with regard their pedagogical and organizational reform. Some of these issues include:

- The ageing teaching force in most developed countries often means that teachers may be somewhat reluctant to engage with technology.
- Teachers generally appear to remain to be convinced of the pedagogical value of ICT and using data logging in the teaching of science despite the level of investment in the purchase of hardware and software and the extent of teacher training that has taken place. However the traditional models of inservice used generally do not follow action learning approaches and generally do not engage with teachers' epistemological beliefs about the teaching and learning of science or the use of technology, including dataloggers, in the teaching of science.
- Inquiry based approaches to the teaching of science make enormous demands on teacher's time, many of whom work without laboratory assistance, often with insufficient resources and large class sizes. Paying attention to each individual pupil lay theories may present enormous difficulty to a teacher of a class of thirty pupils that have, in turn, to attain a certain standard in their final examination. This often leads to a clash of cultures between the rhetoric of the policy and the cultural constraints teachers' work within their school organizations.

- It has been well documented in the literature that examinations and forms of summative assessment often have a strong bearing on teaching approaches. This is especially the case in countries with external state testing such as Ireland. Following a tightly prescribed curriculum and preparing pupils for state examinations often deflects teachers from teaching science using an inquiry stance and using technology, including data logging, as a pedagogical tool to elicit learning and deeper levels of critical reflection.

## Conclusion

Newer approaches to the teaching and learning of science in this century espouse inquiry based approaches. They also espouse the use of ICT as a pedagogical tool, including the use of data logging in the teaching of practical science to primary and elementary school pupils. These approaches, according to research findings, assist with teacher and pupil motivation and lead to higher and deeper levels of thinking and scientific reasoning. The need to improve the scientific literacy of populations is deemed an imperative in a western world challenged with economic recession, where knowledge economies fear losing their competitive edge if they do not attract sufficient numbers of high achieving pupils toward science. The key to progress appears to be working with teachers, to explore their epistemologies of science and the pedagogical value of a technology-integrated inquiry based stance to their teaching of science.

## Acknowledgement

The author wishes to acknowledge the support of the Leonardo da Vinci LifeLong Learning project, entitled Datalogging as an Innovative Learning Tool, for assistance with time to write this review paper.

## References

- Atkin, J. M. and Black, P. (2003) *Inside Science Education Reform, A History of Curricular and Policy Change*, New York: Teachers College Press, 55.
- La Velle, L.B., McFarlane, A., John, P.D., and Brawn, R. (2004) 'According to the promises: the subculture of school science, teachers' pedagogic identity and the challenge of ICT', *Education, Communication and Information*, 4, (1), 109-129.
- Bennett, J. (2003) *Teaching and Learning Science A Guide to Recent Research and its Applications*, Continuum, London and New York.
- Dani, D.E. and Koenig, K.M. (2008) 'Technology and reform-based science education', *Theory into Practice*, 47 (3), 204-211.
- Dewey, J. (1938) *Education and Experience*, Kappa, Delta, Pi Lecture Series, A TouchStone Book, Published by Simon and Schuster.
- Driver, R. and Bell B. (1986) Students' thinking and the learning of science: a constructivist view, *School Science Review*, 67 (240), 443-56.
- Freire, P. (1970) *Pedagogy of the Oppressed*, Penguin Books.
- Hennessy, S. (2006) Integrating Technology into Teaching and Learning of School Science: a Situated Perspective on Pedagogical Issues in Research, *Studies in Science Education*, 42, 1-48.
- Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., La Velle, L., McFarlane, A., Ruthven, K. and Winterbottom, M. (2007) 'Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching', *Computers & Education*, 48, 137-152.
- Kennedy, D. and Finn, S. (August 2000) *The Use of Datalogging in Teaching Physics and Chemistry in Second-Level Schools in Ireland*, Dublin: Report submitted to the National Centre for Technology in Education and the Department of Education and Science.

- Kolb, David. (1983) *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*, USA: Prentice Hall International.
- Lang, M., D. Couso, D. Elster, G. Mooney Simmie, U. Klinger, and P. Szybek, (Eds.), (2007) *Professional Development and School Improvement Science teachers' voices in school-based reform*, Austria: Studien Verlag.
- McFarlane, A. and Sakellariou, S. (2002) 'The role of ICT in science education', *Cambridge Journal of Education*, 32 (2), 219-232.
- McGarr, O. (2008) 'The development of ICT across the curriculum in Irish schools: a historical perspective', *British Journal of Educational Technology*, published on-line in advance of print Nov, 25, 2008, 1-15.
- Millar, R. and Osborne, J. (editors). (1998) *Beyond 2000: Science Education for the Future*, London: King's College, London.
- Monsen, L. (2003) "Curriculum Reforms in Norway: "To Change in order to Preserve?"; in the *Internationalization of Curriculum Studies Selected Proceedings from the LSU Conference 2000* Edited by Donna Trueit, William E. Doll, Jr., Hongyu Wang & William F. Pinar, 199-200, New York: Peter Lang Publishing, 186.
- Mooney Simmie, G. (2007) Teacher Design Teams (TDTs) – building capacity for innovation, learning and curriculum implementation in the continuing professional development of in-career teachers, *Irish Educational Studies*, 26 (2), June, 163-176.
- Murphy, C. (2003) Report 5: *Literature Review in Primary Science and ICT*, A Report for NESTA FutureLab, Bristol, NESTA FutureLab.
- Newton, L.R. (2000) 'Data-logging in practical science: research and reality', *International Journal of Science Education*, 22 (12), 1247-1259.
- Osborne, J. and Hennessy, S. (2003) Report 6: *Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions*, A Report for NESTA FutureLab, Bristol, NESTA FutureLab.
- Ofsted (March 2009) *The Importance of ICT Information and communication technology in primary and secondary schools, 2005-2008*, London: Office for Standards in Education Publication
- Scaife, J. (1993) *Physics Education*, 28, 83-86, Printed in the UK.
- Songer, N.B. (2007) Chapter 17 Digital Resources Versus Cognitive Tools: A Discussion of Learning Science with Technology in the *Handbook of Research on Science Education*, Edited by Sandra K. Abell and Norman G. Lederman, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers London and New Jersey.
- Tan, K.C.D., Hedberg, J.G., Koh, T.S. and Seah, W.C. (2006) 'Datalogging in Singapore schools: supporting effective implementations', *Research in Science and Technological Education*, 24 (1), 111-127.
- Young, M. F. D. (2008) *Bringing Knowledge Back In From social constructivism to social realism in the sociology of education*, Routledge, London and New York.

## Energy

Energy is one of the most fundamental concepts in science and has great explanatory power when it comes to understanding nature and everyday life. However it's not easy to measure energy directly (we don't have an "energy sensor"), but we can measure energy as it transferred as work or heat or in an electrical circuit with the help of a data logger and a few appropriate sensors.

It is easy to measure the heat received or given off in a system (especially if there is no phase transition: no melting/solidifying or evaporation/condensation). It is only necessary to measure the change in temperature,  $\Delta t$ , with a temperature sensor. If the system is made up of one, pure chemical substance, the heat is calculated thus:  $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$ , in which  $c$  is the specific heat capacity of the substance (which is found in a table of physical properties), and  $m$  is the mass of the substance (measured in kg).

It is also easy to measure the work produced by the energy. The work ( $W$ ) done when a constant force ( $F$ ) pulls an object some distance ( $s$ ). When the force acts in the same direction as the movement, we can calculate the work performed by the force as:  $W = F \cdot s$ .

The energy in an electrical circuit may be calculated by measuring the voltage ( $U$ ) across a component or a source of electricity using a voltmeter; the current ( $I$ ) in the circuit is measured with an ammeter, and the time with a watch. The energy given out through the component or by the source equals  $E = U \cdot I \cdot t$ .

Below is a list of proposed experiments making use of a data logger and various sensors to measure work and energy. You will find four of them here, the rest you can download at the project website:

- **Friction** (measuring friction force when an object slides on a surface)
- **Work against friction 1** (measuring the work of pulling an object across a surface)
- **Work against friction 2** (as above, but the pulling force is no longer parallel to the surface)
- **Work against gravity – mechanical energy** (work and energy for a cart on an incline)
- **Conservation of mechanical energy** (mechanical energy of a large ball in free fall)
- **Heat – Newton's law of cooling** (cooling hot water, speed of heat loss)
- **Heat – freezing of water** (Is this statement true? *Hot, boiled water freezes faster than cold water.*)
- **Electrical energy, heat and work** (electric heating of water – running an electric motor)
- **Radiation energy – solar energy** (using a parabolic mirror to heat water by solar radiation)

The guides for teachers presuppose that the readers would be teachers who know how to use the data logger and who know some physics (at the project website, you will find an introduction to the concept of energy). It is up to the teacher to further adapt or develop the experiments to suit local circumstances and the level of understanding of the students in the class.

## Friksjonskraft - hvilefriksjon og glidefriksjon

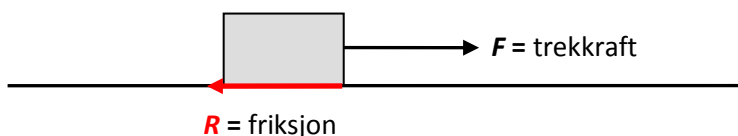
### Short English summary: Friction forces – static friction and sliding friction

This experiment demonstrates the friction between a small wooden block and a horizontal surface – both static and kinetic friction. With use of a force sensor and a data logger it shows the frictional force as a function of time. It is also possible to add a position sensor for a closer view of the transition between static and kinetic friction.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dljs.eu](http://www.dljs.eu).

### Faglig bakgrunn

Vi skal trekke en kloss på et horisontalt underlag ved hjelp av en horisontal kraft. Kontaktkrefter mellom klossen og underlaget vil motvirke bevegelsen. Slike krefter kalles friksjonskrefter eller bare friksjon. Så lenge klossen ligger i ro (ingen fart), kaller vi friksjonen for hvilefriksjon eller statisk friksjon. Når klossen er i bevegelse, kaller vi friksjonen glidefriksjon eller dynamisk friksjon. Størrelsen på friksjonen er svært avhengig av hvilke materialer som glir mot hverandre.



Når klossen har konstant fart, vet vi at summen av kreftene som virker på klossen er lik null, altså  $\Sigma F = 0$ . Dette er Newtons 1. lov. Det virker bare to horisontale krefter på klossen, den kraften vi trekker med ( $F$ ) og friksjonskraften ( $R$ ). Dersom vi trekker med en jevn kraft ( $F$ ) og holder langsom, jevn fart, vil trekraften etter Newtons 1. lov være like stor som friksjonen ( $R$ ), både når klossen ligger i ro og når den er i bevegelse. Newtons 1. lov:  $\Sigma F = F + R = 0 \Rightarrow R = -F$ .  $R$  og  $F$  er altså like store, men de virker hver sin vei.

Akkurat i det klossen kommer i bevegelse, endrer farten seg, og det blir en liten akselerasjon ( $a$ ). I dette lille øyeblikket vil det ifølge Newtons 2. lov være en liten overskuddskraft i den samme retningen som akselerasjonen fordi  $\Sigma F = ma$ . ( $\Sigma F = F + R = ma > 0 \Rightarrow F > -R$ ). Med liten fart blir akselerasjonen likevel så liten at vi kan betrakte  $F = -R$  hele tiden.

I dette forsøket skal vi måle kraften  $F$  og se hvordan friksjonen forandrer seg som funksjon av tiden og klossens bevegelse.

### Teknisk bakgrunn

Til forsøket skal vi i utgangspunkt bare bruke en kraftsensor, men vi kan også bruke en posisjonssensor. Siden trekraft (og posisjon) endrer seg raskt med tiden, bør loggeren stilles til å måle 25 – 50 ganger per sekund. Loggeren bør også stilles slik at kraftsensoren registrerer trekraft som positiv (ikke skyvkraft).

### Utstyr

- Trekloss med liten øyeskrue. NB! Klossen kan være laget av annet materiale enn tre.
- Sytråd og saks
- Et horisontalt underlag (kan være en bordplate)
- Datalogger med kraftsensor, eventuelt også posisjonssensor.
- Eventuelt datamaskin med programvare tilpasset dataloggeren.

## Oppstilling av utstyret

Utstyret stilles opp på en måte som på bildet:



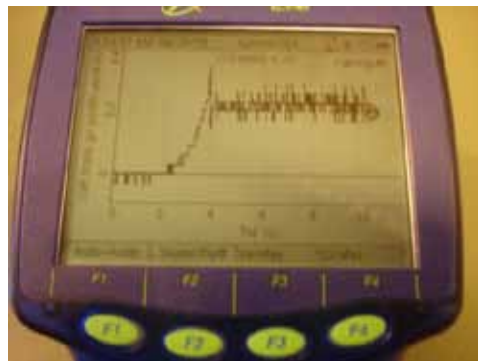
Sytråden forbinder kraftsensoren med øyeskruen i klossen.

**Viktig:** Kraftsensoren måler riktig bare dersom den får virke på linje med sytråden.

Kraftsensoren bør nullstilles før hver enkelt måleserie. Nullstillingsknapp er på sensoren.

## Framgangsmåte

Start målingene mens sytråden er slakk. Beveg hånden langsomt og med konstant fart (1 – 3 cm/s) til sytråden har strammet seg og deretter 10 – 20 cm videre med samme fart. Stopp målingene. Studér nøye grafen i dataloggeren med friksjonen (= trekraften) som funksjon av tiden.



## Oppstilling og fremgangsmåte dersom vi også bruker posisjonssensoren

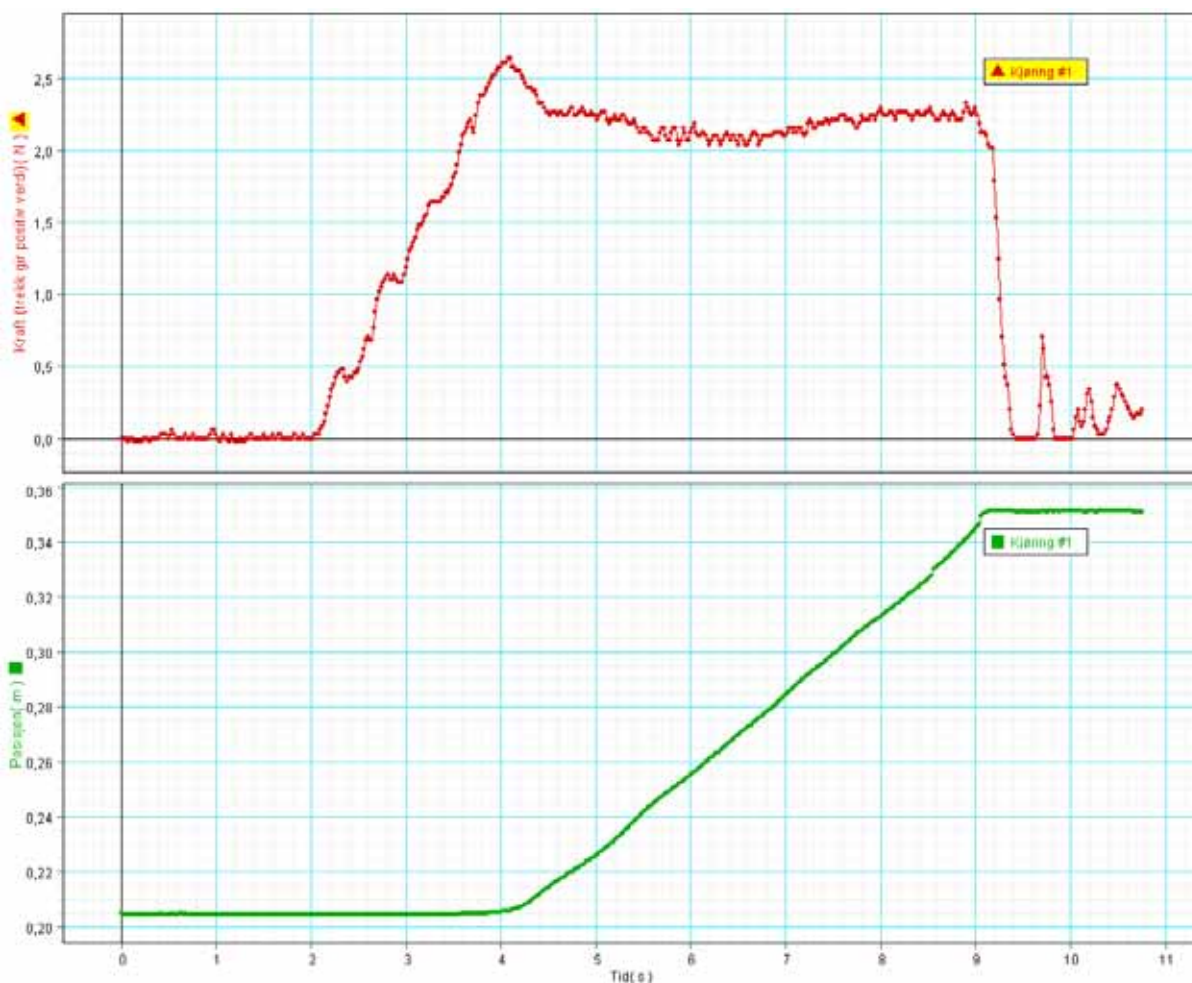
Utstyret stilles nå opp på som bildet:

Posisjonssensoren måler nå avstanden til bakre flate av klossen.

**Viktig:** Loggeren må være innstilt slik at både kraftsensoren og posisjonssensoren måler like mange ganger per sekund!

På datamaskinen kan de to grafene se slik ut:





### Spørsmål til drøfting

- Del inn prosessen i fire deler (i grafene over, del 1: ca. 0-2 s, del 2: ca. 2-4 s, del 3: 4-9 s og del 4: etter 9 s). Diskuter hva som hender i hver av disse periodene.
- Grafen i området 4,5 - 9 s er ikke helt flat. Diskuter årsakene til dette.
- Finn gjennomsnittlig glidefriksjon. Dette kan dataloggeren gjøre på en enkel måte, husk bare først å markere det området på grafen der gjennomsnittet skal beregnes (på grafen over frå 4,5 til 9,0 s).  
Vink: Bruk *Verktøy* → *Statistikk*.
- Diskuter hvorfor grafen har et tydelig maksimum akkurat før klossen begynner å bevege seg. Finn maksimal hvilefriksjon og sammenlign denne med gjennomsnittlig glidefriksjon.
- Hvis forsøket er utført med en posisjonssensor: Kan man av grafen se om farten til klossen er konstant? Hvordan er det med akselerasjonen til klossen?

### Variasjoner av forsøket

- Gjenta forsøket flere ganger på helt samme måte. Sammenlign resultatet av maksimal hvilefriksjon og gjennomsnittlig glidefriksjon mellom måleseriene.

- Gjenta forsøket, men bruk ulik fart når vi trekker klossen. Farten skal fortsatt være konstant. Sammenlign gjennomsnittlig glidefriksjon ved ulik fart på klossen.
- Gjenta forsøket for å finne gjennomsnittlig glidefriksjon, men nå med ulik last på klossen. Finn massen til klossen ( $m$ ) med last ved hjelp av ei elektronisk vekt, og regn deretter ut tyngden ( $G$ ) ved hjelp av formelen  $G = mg$ , der  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ . Bruk minst 3 ulike tyngder. Prøv å sette opp en hypotese for resultatet før målingene. Tegn graf som viser sammenhengen mellom tyngden ( $G$ ) og glidefriksjonen ( $R$ ).
- Les i en fysikkbok eller et leksikon om friksjonstall ( $\mu$ ) også kalt friksjonskoeffisient. Stemmer sammenhengen  $R = \mu \cdot N$  med egne målinger?  
Hva er  $N$ ? Ved friksjonsmålinger bør vi bruke kraften mellom klossen og underlaget, den såkalte normalkraften ( $N$ ). Denne kraften virker vinkelrett (normalt) opp fra underlaget. På horisontalt underlag vil  $N$  være like stor som tyngden  $G$  (dette følger av Newtons 1. lov når bare de to kreftene  $G$  og  $N$  virker).
- Prøv å finne friksjonen ( $R$ ) og friksjonstallet ( $\mu$ ) ved bruk av ulike materialer i glideflaten.
- Hvis forsøket er utført med en posisjonssensor:  
I forsøket bruker vi posisjonssensoren bare til å bestemme avstanden til klossen som funksjon av tiden. Dataloggeren kan selvfølgelig også regne ut gjennomsnittsfarten ( $v$ ) mellom hver måling. Du kan enkelt be dataloggeren vise en  $v$ - $t$ -graf for de måleseriene du allerede har lagret i dataloggeren.



## Arbeid mot friksjon

### Short English summary: Work against Friction

This experiment demonstrates how to measure the work ( $W$ ) done when a constant force ( $F$ ) pulls a block some distance ( $s$ ) across a surface. When the force acts in the same direction as the movement, we can calculate the work performed by the force as:  $W = F \cdot s$  (force x distance). In this experiment we shall use the data logger with a force sensor to find the average pulling force ( $F$ ). The distance ( $s$ ) can easily be measured by using a meter stick, and then the work can be calculated by using a calculator.

With slightly more advanced use of the data logger we may use a position sensor to read the distance ( $s$ ). We may then transfer the two graphs,  $F$  versus  $t$ , and  $s$  versus  $t$ , into one graph,  $F$  versus  $s$ . From this graph it is easy to determine the work performed ( $W$ ) as the area between the graph and the  $s$ -axis (integral calculus).

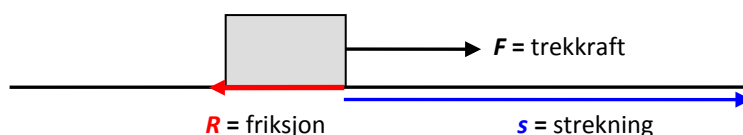
If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Faglig bakgrunn

I denne øvelsen skal vi måle arbeidet som blir utført når en kraft virker mot friksjon. Vi skal trekke en kloss med konstant fart på et horisontalt underlag, og kraften ( $F$ ) vi bruker skal akkurat overvinne friksjonskraften ( $R$ ) som prøver å motvirke bevegelsen. Trekkraften er da tilnærmet konstant, og ut fra Newtons 1. lov kan vi se at  $F = -R$  ( $\Sigma F = F + R = 0$ ).

Når det gjelder måling av krefter, viser vi til øvelsen **Friksjonskraft – hvile og glidefriksjon**. Det er best å gjøre, eller i det minste lese gjennom, den øvelsen før vi går videre med denne.

Når den konstante kraften ( $F$ ) virker på et legeme (for eksempel en kloss) over en liten distanse eller strekning ( $s$ ), er arbeidet ( $W$ ) definert som:  $W = F \cdot s$  (kraft x vei). Det er da en viktig forutsetning at kraften virker i samme retning som forflytningen.



Med newton (**N**) som enhet for kraft og meter (**m**) for distanse, blir enheten for arbeid lik newtonmeter (**Nm**) eller helst joule (**J**), der  $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$ .

Øvelsen kan nå utføres på to måter:

1. Den enkle måten er at vi finner gjennomsnittlig trekkraft ( $F$ ) ved hjelp av dataloggeren og en kraftsensor, mens vi måler strekningen ( $s$ ) ved hjelp av en målestav (linjal). Arbeidet  $W = F \cdot s$  kan vi deretter regne ut for hånd eller ved hjelp av en kalkulator (lommeregner).  
Merk: Mange dataloggere har en innebygd kalkulator på samme måte som de fleste mobiltelefoner.
2. Den mer avanserte måten er at vi finner både trekkraften ( $F$ ) og strekningen ( $s$ ) ved hjelp av dataloggeren, men nå tilknyttet både en kraft- og en posisjonssensor. Om vi ønsker kan vi også få dataloggeren til å konvertere de to grafene,  $F$ - $t$ - og  $s$ - $t$ -grafene, til en  $F$ - $s$ -graf. Av denne kan vi direkte få ut arbeidet ( $W$ ) fra dataloggeren som arealet mellom grafen og  $s$ -aksen (integral).

### Teknisk bakgrunn

Til forsøket skal vi i utgangspunkt bare bruke en kraftsensor (variant 1, se *ovenfor!*), men vi kan også bruke en posisjonssensor (variant 2). Siden trekkraft (og posisjon) endrer seg raskt med tiden, bør loggeren stilles til å måle 25 – 50 ganger per sekund. Loggeren bør også stilles slik at kraftsensoren registrerer trekkraft som positiv (ikke skyvkraft).

### Utstyr

- Trekloss med liten og glatt øyeskrue. NB! Klossen kan være laget av annet materiale enn tre.
- Sytråd og saks
- Et horisontalt underlag (kan være en bordplate)
- Datalogger med kraftsensor, eventuelt også posisjonssensor.
- Eventuelt datamaskin med programvare tilpasset dataloggeren.

### Oppstilling av utstyret

Utstyret stilles opp som på bildet:

Sytråden forbinder kraftsensoren med øyeskruen i klossen.

Viktig: Kraftsensoren måler riktig bare dersom den får virke på linje med sytråden.

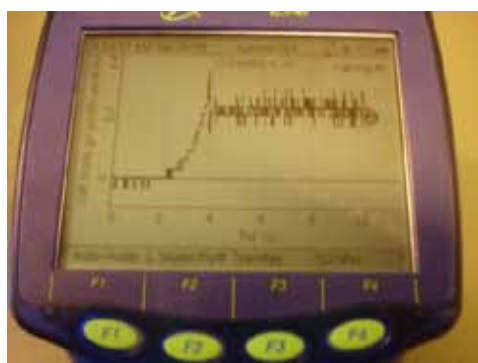
Kraftsensoren bør nullstilles før hver enkelt måleserie.

Nullstillingsknapp er på sensoren.



### Framgangsmåte (enkel måte)

Start målingene mens sytråden er slakk. Beveg hånden med konstant fart til sytråden har strammet seg og deretter 10 – 20 cm videre med samme fart. Stopp målingene. Studer nøye grafen i dataloggeren med trekkraften som funksjon av tiden.



Merk av i dataloggeren det området på grafen der den viser glidefriksjon. Få dataloggeren til å beregne gjennomsnittlig trekkraft ( $F$ ). Ved hjelp av en målestav (linjal) finner vi hvor langt klossen beveget seg ( $s$ ), og til slutt regner vi ut det arbeidet ( $W$ ) kraften ( $F$ ) har utført som  $W = F \cdot s$ .

## Oppstilling og fremgangsmåte dersom vi også bruker posisjonssensoren (mer avansert måte)

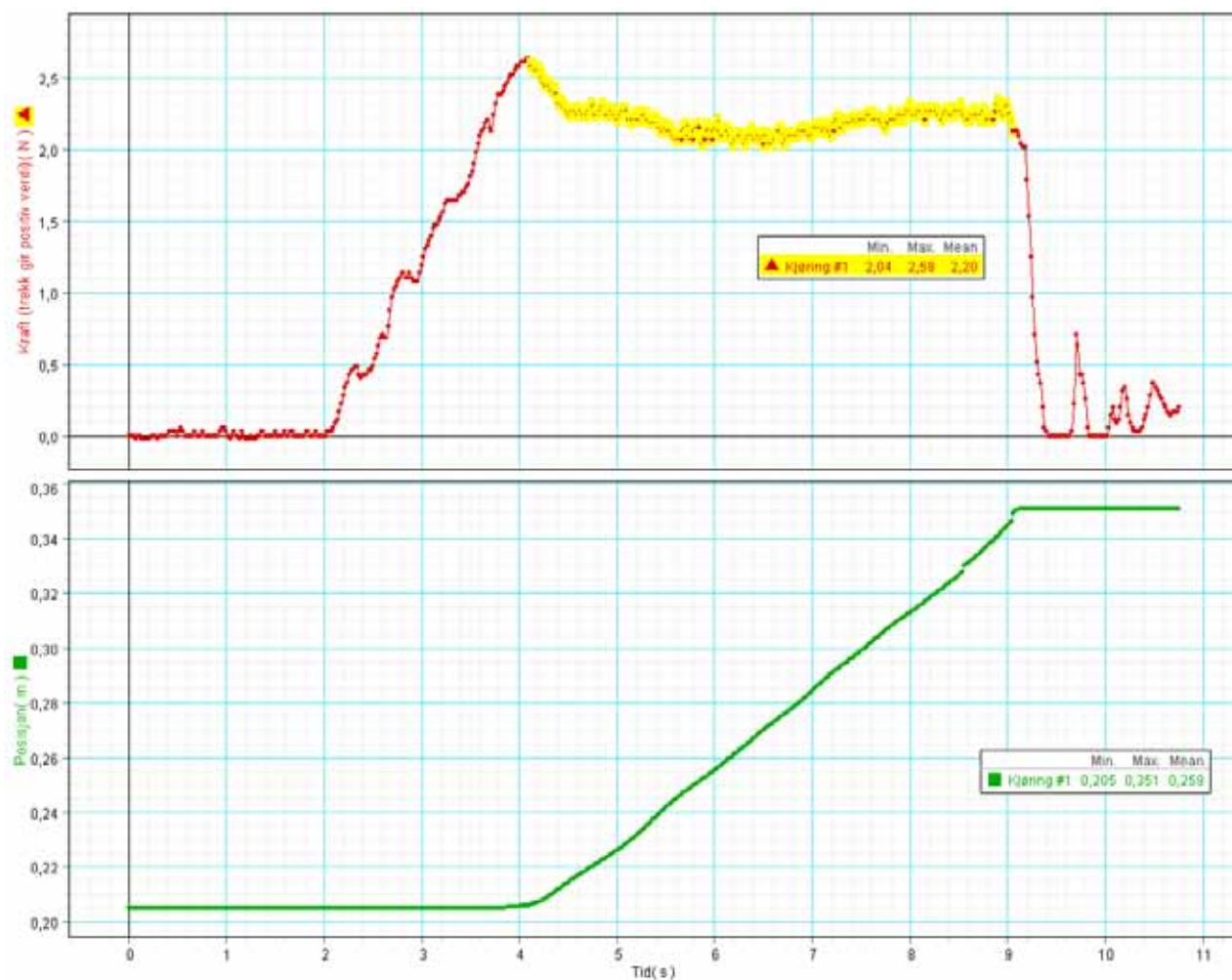
Utstyret stilles opp på som bildet:

Posisjonssensoren måler nå avstanden til bakre flate av klossen.

Viktig: Loggeren må være innstilt slik at både kraftsensoren og posisjonssensoren måler like mange ganger per sekund!



På datamaskinen kan de to tidsgrafene se slik ut, når vi har merket det aktuelle området på F-t-grafen og lagt ut enkel statistikk:



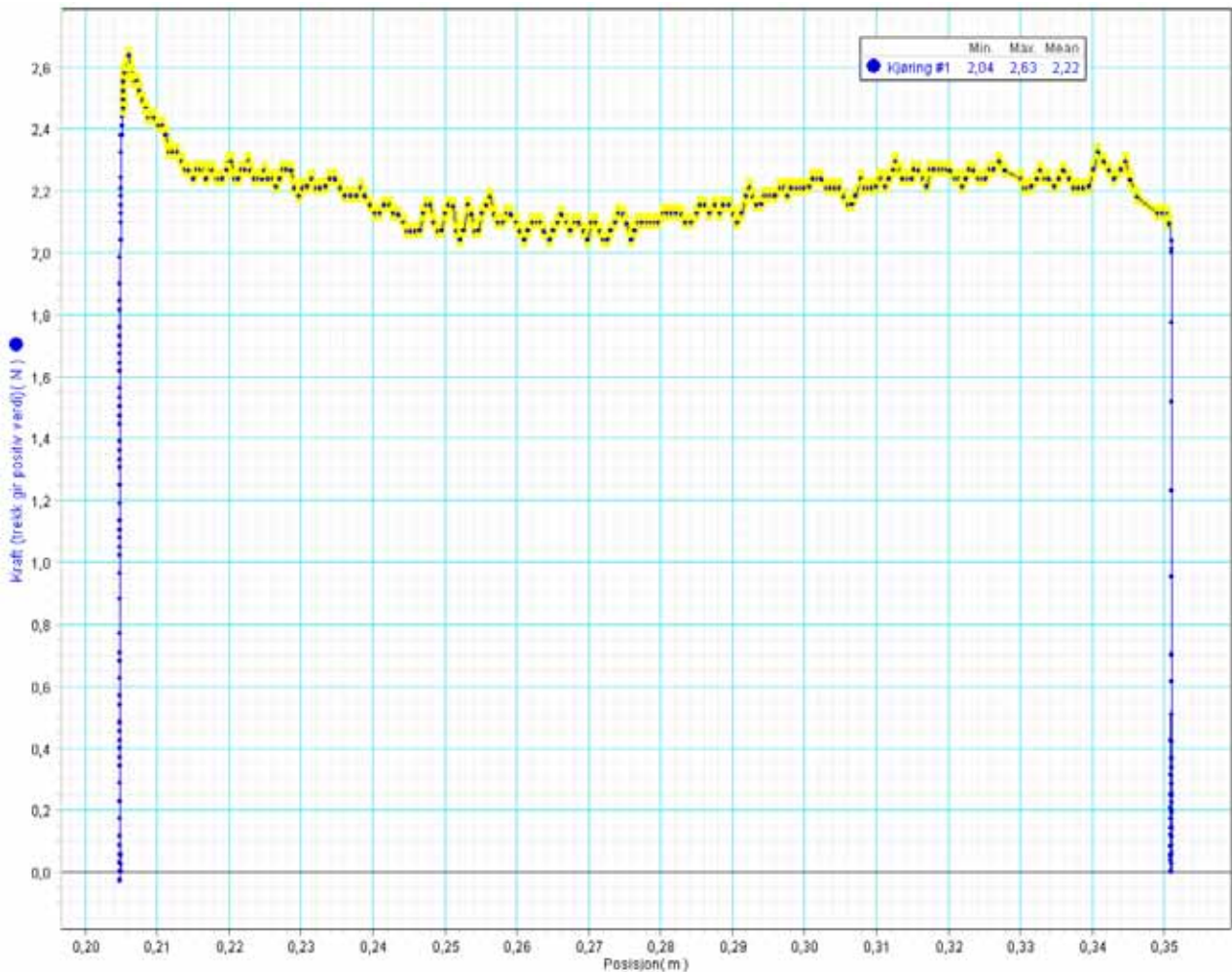
Av **F-t**-grafene (øverst) ser vi at i området der klossen glir, er gjennomsnittlig trekraft  $F = 2,20 \text{ N}$ .

Av **s-t**-grafene (nederst) ser vi at distansen  $s = s_{\text{slutt}} - s_{\text{start}} = 0,351 \text{ m} - 0,205 \text{ m} = 0,146 \text{ m}$ .

Arbeidet blir da  $W = F \cdot s = 2,20 \text{ N} \cdot 0,146 \text{ m} = 0,3212 \text{ Nm} \approx \underline{0,32 \text{ J}}$  (joule)

## Ny graf

Enten vi bruker dataloggeren direkte eller vi bruker medfølgende program på datamaskin, så er det enkelt å lage en ny graf av de to tidsgrafene over. I denne grafen skal vi fremstille trekkraften ( $F$ ) som funksjon av strekningen ( $s$ ), altså en  $F$ - $s$ -graf. På neste side er en slik graf på grunnlag grafene ovenfor:

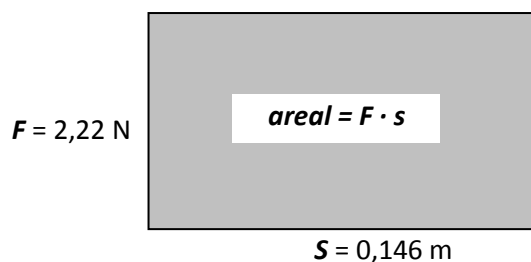


På grafen over er området der det er bevegelse markert. Vi ser tydelig at gjennomsnittsverdien av trekkraften ( $F$ ) er 2,22 N.

De to loddrette delene av grafen markerer tydelig start og stopp for bevegelsen, og distansen ( $s$ ) er lik avstanden mellom disse loddrette linjene. Altså  $s = 0,351 \text{ m} - 0,205 \text{ m} = 0,146 \text{ m}$ .

Arbeidet blir som før lik  $W = F \cdot s = 2,22 \text{ N} \cdot 0,146 \text{ m} = 0,3241 \text{ Nm} \approx 0,32 \text{ J}$ .

Produktet  $F \cdot s$ , altså arbeidet ( $W$ ), blir lik arealet av et rektangel med lengde  $s$  og høyde  $F$ , se figur under:



I stedet for å regne ut arealet, kan vi få dataloggeren eller den medfølgende programvaren til datamaskinen til å beregne arealet. Under er vist hvordan dette programmet da viser grafen:



Ikke uventet ser vi at arealet under grafen er lik 0,32 Nm, altså det samme som vi tidligere har regnet ut. Det er vanlig i fysikk å beregne arbeid ( $W$ ) direkte av en  $F$ - $s$ -graf som arealet mellom  $F$ -graf og  $s$ -aksen uten å regne ut gjennomsnittskraften. Dataloggeren gir oss denne muligheten ved å legge sammen arealet av mange svært smale rektangler under grafen. Dette blir kalt å utføre et numerisk integral, og dataloggeren eller medfølgende dataprogram gjør det for oss ved hjelp av et enkelt tastetrykk.

**For oss er det bare et spørsmål om smak om vi vil gjøre på den ene eller andre måten. Det kan bevises matematisk at svarene blir like.**

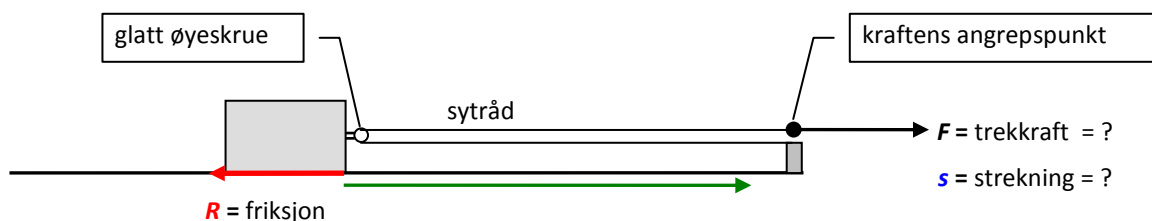
### Spørsmål til drøfting

- For å gjøre dette arbeidet på klossen bruker hånden (som trekker i kraftsensoren) energi. Hvor kommer denne energien fra?

- Vi har lært at energi ikke kan bli borte, bare endre form. Når arbeidet med å trekke klossen er gjort, har hånden brukt energi. Hvor er denne energien blitt av? Er det mulig å bruke denne energien til å gjøre arbeid?
- Vi regnet ut arbeidet trekraften ( $F$ ) gjorde som  $W = F \cdot s$ . Egentlig skulle vi regne ut arbeidet med fortegn slik at det kan bli enten positivt (+) eller negativt (-). Lar vi retningen som både  $F$  og  $s$  virker være positiv (her kan vi velge fritt), blir også arbeidet ( $W$ ) positivt. Lar vi retningen som  $F$  og  $s$  virker, være negativ, blir også arbeidet positivt fordi minus ganger minus gir pluss. Av dette kan vi slutte at arbeidet alltid blir positivt dersom kraft og forflytning er samme vei.  
Se nå på figuren på side 1 og regn ut hvor stort arbeid friksjonskraften ( $R$ ) har gjort.
- Egentlig er det ikke forflytningen ( $s$ ) av klossen vi skal måle når vi skal finne arbeidet, men forflytningen av kraftens angrepspunkt. Angrepspunktet til  $F$  er i vårt forsøk den enden av sytråden der kraftsensoren er festet. Angrepspunktet til friksjonen ( $R$ ) er et fritt valgt punkt på undersiden av klossen.

### Variasjoner av forsøket

Forsøket kan varieres ved å bruke en lengre sytråd. Den ene enden av tråden fester vi til underlaget et stykke bort fra klossen. Vi lar tråden gå gjennom øyeskruen og tilbake til kraftsensoren. Se figuren under:



Vi skal trekke klossen like langt som før (grønn pil).

Lag hypotese: Hvor stor blir trekraften ( $F$ ) nå? Hvor lang blir distansen ( $s$ ) nå?  
Hvor stort arbeid ( $W$ ) gjør kraften ( $F$ ) nå?

Hvordan stemmer resultatet av målingene med hypotesen over?

Prøv ut fra dette lage en ny hypotese og forslag til flere testmålinger?

## Arbeid mot gravitasjon – mekanisk energi

### Short English summary: Work against gravity – mechanical energy

In this experiment we shall measure the work ( $W$ ) done when a small cart is lifted vertically to a height ( $h$ ) from the ground. We shall compare this work with the work done when we pull the same cart along an inclined plane to the same height ( $h$ ). When the force acts in the same direction as the displacement, we can find the work done by the force as  $W = F \cdot s$  (force x distance). In this experiment the work is performed against the force of gravity and we assume that the friction is small enough to be neglected.

The experiment makes use of the data logger with a force sensor to find the average force ( $F$ ). The distance ( $s$ ) on the inclined plane and the height ( $h$ ) can easily be measured with a meter stick or ruler, and then the work can be calculated with a calculator

We shall look at the concepts mechanical energy potential energy, kinetic energy and conservation of mechanical energy. Finally we shall study how much work the cart can perform when it is released down the inclined plane.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Faglig bakgrunn

I denne øvelsen skal vi måle arbeidet som blir utført når en kraft virker mot gravitasjon. Vi skal først løfte en liten vogn opp en høyde ( $h$ ) fra underlaget. Deretter skal vi trekke vognen den samme høyden ( $h$ ) opp langs et skråplan. Vi skal se vekk fra friksjon.

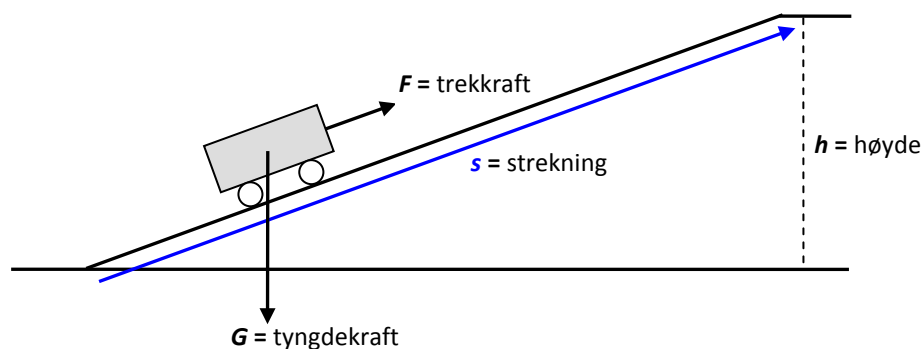
Når vi løfter vognen med konstant fart rett opp, bruker vi en kraft som er like stor som tyngdekraften ( $G$ ). Det følger av Newtons 1. lov. Arbeidet blir da  $W = F \cdot s = G \cdot h = m \cdot g \cdot h$ , siden  $G = m \cdot g$ , og  $g = 9,81$  N/kg. Når vi trekker vognen oppover skråplanet med en kraft parallell med planet, får vi at arbeidet ( $W$ ) er lik

$W = F \cdot s$ . Jo lengre skråplanet er ( $s$ ), jo slakere er det, og jo mindre kraft ( $F$ ) skal til for å trekke vognen. Vi kan sammenligne disse arbeidene ved bruk av skråplan med ulik lengde ( $s$ ).

Fra pensum og lærebøkene har vi lært at kinetisk energi ( $E_k$ ) er lik  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , at potensiell energi i tyngdefeltet ( $E_p$ ) er lik  $E_p = mgh$ . Vi skal slippe vognen utfor skråplanet og måle farten ( $v$ ) ved bunnen ved hjelp av en posisjonssensor, for deretter regne ut verdien av  $\frac{1}{2}mv^2$ . På denne måten skal vi se at mesteparten av den mekaniske energien er bevart når den blir overført fra potensiell til kinetisk energi. Til slutt skal vi se hvor stort arbeid denne kinetiske energien er i stand til å gjøre ved å dytte på en kloss.

Vi trenger ikke å gjøre hele denne øvelsen. Den er delt i flere deler som kan gjøres hver for seg.

En skisse av andre del av forsøksoppstillingen blir slik:



## De fem ulike praktiske delene av øvelsen

1. Å finne arbeidet når vognen blir løftet opp til høyden  $h$  over underlaget
2. Å finne arbeidet når vognen blir trukket opp til høyden  $h$  langs skråplanet
3. Å sammenligne resultatene fra punkt 1 og 2, og å bestemme potensiell energi ( $E_p$ ) til vognen ved høyden  $h$
4. Å finne farten ( $v$ ) nederst når vognen blir sluppet fra høyden  $h$  langs skråplanet, og å finne verdien av den kinetiske energien ( $E_k$ )
5. Å finne ut hvor mye arbeid ( $W$ ) mot friksjon vognen er i stand til å gjøre nede ved foten av skråplanet

## Teknisk bakgrunn

Til første delen av forsøket skal vi i bare bruke en kraftsensor til dataloggeren. Når vi senere skal måle farten for å finne den kinetiske energien, trengs også en posisjonssensor. Vognen som skal brukes må ha svært lite friksjon i hjulene slik at den ruller lett. Til siste del av øvelsen skal vi bruke en kloss som på samme måte som i **Arbeid mot friksjon 1**. Det er viktig å finne en kloss med passende friksjon og som holder seg pent foran vognen til denne stopper på underlaget etter en passende distanse ( $s$ ).

Vi bør stille dataloggeren slik at den måler ofte, for eksempel 50 ganger per sekund.

## Utstyr

- Vogn med lite friksjon i hjulene.
- Sytråd og saks
- Et horisontalt underlag som kan brukes som skråplan (kan være en liten bordplate)
- Datalogger med kraftsensor, eventuelt også posisjonssensor.
- Eventuelt datamaskin med programvare tilpasset dataloggeren.

## Oppstilling av utstyret

Under er bilder som viser hvordan de fem oppstillingene kan se ut:

### Oppstilling 1:

Vognen er hengt opp i kroken på kraftsensoren med en tynn sytråd. Kraftsensoren var nullstilt i denne stillingen før måling. Alternativt – eller som et supplement – kan vi måle massen ( $m$ ) til vognen ved hjelp av en elektronisk vekt. Da er  $G = mg$ .

Høyden ( $h$ ) vi løfter vognen måler vi lett med en målestav eller en linjal.

1. Bildet viser eksempel på oppstilling når vi skal finne arbeidet når vognen blir løftet loddrett opp til høyden  $h$  over underlaget.



### Oppstilling 2:





Her trekker vi vognen oppover skråplanet og finner gjennomsnittlig trekkraft ( $F$ ). Kraftsensoren var nullstilt i denne stillingen før måling.

Den totale distansen ( $s$ ) fra grunnplanet opp til platået måler vi med en målestav. **NB!** I oppstillingen på bildet er distansen lengre enn bare lengden av det grønne skråplanet på bildet.

2. Bildet viser oppstilling når vi skal finne arbeidet når vognen blir trukket opp til høyden  $h$  langs skråplanet.

### Oppstilling 3:

Denne oppstillingen gjelder punkt 4 i listen på side 2 foran. Legg merke til at det på bildet er lagt et plastunderlag over hele banen som vognen følger fra platået øverst og ned til grunnplanet! Det er gjort for å få et jevnt underlag for vognen i hele banen.

Posisjonssensoren (her brukt som fartssensor) er plassert i en høyde slik at den måler farten ( $v$ ) på den fremste, svarte enden av vognen.



3. Bildet viser oppstilling for å finne farten ( $v$ ) nederst når vognen blir sluppet fra høyden  $h$  langs skråplanet.

### Oppstilling 4:

Denne oppstillingen gjelder punkt 5 i listen på side 2 foran. Oppstillingen er delt i to deler, **a)** først finner vi friksjonen mellom klossen og underlaget, og **b)** så finner vi arbeidet vognen gjør når den dytter klossen. Klossen er her et brillehus, som viste seg å ha passende friksjon mot dette underlaget.

**a)** Her finner vi gjennomsnittlig trekkraft ( $F$ ) når vi trekker klossen på det horisontale underlaget. Denne kraften er like stor, men motsatt rettet av friksjonskraften ( $R$ ). Husk å nullstille kraftsensoren i denne stillingen før måling!

Vi kunne også ha funnet denne kraften ved å skyve klossen på underlaget ved hjelp av kraftsensoren.



**b)** Her triller vognen nedover skråplanet fra det øvre platået og ned til grunnplanet der det vil treffe klossen.

Vi måler hvor langt – distansen ( $s$ ) – vognen klarer å skyve klossen før den stanser og har gitt fra seg all mekanisk energi.



4. Bildene viser oppstillingen for å finne arbeidet ( $W$ ) vognen er i stand til å gjøre nede ved foten av skråplanet.

### Fremgangsmåte

De to første delene av forsøket, se side 2, går ut på å finne arbeidet ( $W$ ) vi gjør for å heve vognen en viss høyde ( $h$ ) mot gravitasjonskraften. Det kan være nyttig å gjenta hvert forsøk flere ganger for å se om det blir variasjon i resultat. Husk at det er svært viktig å holde kraftsensoren på linje med sytråden når vi måler, ellers blir resultatet dårlig. I denne delen er det nøyaktige kraftmålinger som avgjør om vi får et godt resultat.

Del tre, side 2, er bare å sammenligne resultatene fra målingene over. Ikke uventet blir de nok ganske like.

Potensiell energi ( $E_p$ ) er definert som det arbeidet ( $W$ ) vi gjør når vi hever en gjenstand opp en viss høyde ( $h$ ). Målingene våre bør samsvare bra med dette, og de viser at den potensielle energien blir den samme enten vi løfter vognen rett opp eller trekker den langs et skråplan. Ved hjelp av matematikk som går noe utover Læreplanen i naturfag på ungdomstrinnet kan det lett vises at  $E_p = W = Gh = mgh$  uavhengig av hvilken vei vi hever vognen (rett opp, langs et skråplan eller en annen vei). Det er bare tyngden av vognen ( $G$ ) og høyden ( $h$ ) som betyr noe her. Dette gjelder så lenge våre målinger er i et system med minimal friksjon.

Begrepet potensiell energi betyr at vognen bare i kraft av sin stilling – i høyden ( $h$ ) over grunnplanet – kan levere tilbake like mye arbeid som vi brukte for å løfte den dit. Potensiell energi heter derfor også på norsk stillingsenergi.

Del fire av forsøket, side 2, må utføres ved hjelp av en posisjonssensor. Vi kan lett stille inn loggeren slik at den regner ut gjennomsnittsfarten mellom hver måling (f. eks. mellom punktene 1 og 2:  $v = (s_2 - s_1)/t$ ). Dersom vi måler 50 ganger per sekund, er  $t = 1/50s = 0,020s$ . Loggeren tegner opp fartsgrafen, og her er det den største målte farten vi skal ha. Den er akkurat når vognen er kommet helt ned på underlaget. Gjør flere målinger av denne farten.

Den kinetiske energien er da enkel å regne ut som  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ . Når vi har regnet ut  $E_k$  nederst, kan vi sammenligne denne med  $E_p$  øverst. Er vi heldige, blir disse relativt like.

Del fem av forsøket, den siste på side 2, går ut på å se hvor mye arbeid mot friksjon som vognen kan gjøre nede på underlaget. Vi ser hvor langt den kan dytte en kloss før den stanser. Først må vi finne en kloss som glir passe langt på underlaget vårt og som hele tiden glir rett frem foran vognen inntil både vogn og kloss stanser. En kloss spretter av sted eller som kommer i rotasjon, passer ikke. Det neste er å finne ut friksjonen ( $R$ ) mellom klossen og underlaget. Vi trekker eller skyver klossen med jevn fart på underlaget og finner gjennomsnittlig trekraft ( $F$ ). Denne kraften er like stor som friksjonen.

Det neste er å måle hvor langt ( $s$ ) klossen glir før vogn og kloss stanser. Vi bør gjøre flere repetisjoner når vi måler både  $F$  og  $s$ . Deretter kan vi regne ut arbeidet ( $W = F \cdot s$ ) som vognen har gjort på klossen i kraft av først sin stilling (potensiell energi  $E_p$ ) og etterpå sin fart (kinetisk energi  $E_k$ ).

Det siste vi gjør er å diskutere resultatet.

### Eksempel på måleresultater

Forfatteren gjorde målinger i forbindelse med fotograferingen til side 3 og 4. Her er resultatene:

Del 1: Målt tyngde:  $G = 4,94 \text{ N}$ . Målt masse (med vekt):  $m = 0,500 \text{ kg}$ .

Det gir utregnet tyngde  $G = mg = 0,500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 4,905 \text{ N} \approx 4,91 \text{ N}$ .

Det er nesten likt. Vi skal ikke forvente mer.

Målt høyde:  $h = 7,2 \text{ cm} = 0,072 \text{ m}$ .

Utregnet arbeide:  $W = Gh = 4,94 \text{ N} \cdot 0,072 \text{ m} = 0,355 \text{ Nm} \approx 0,36 \text{ J}$ .

**Del 2:** Målt kraft oppover skråplanet:  $F = 0,58 \text{ N}$ . Målt distanse:  $s = 64,5 \text{ cm} \approx 0,645 \text{ m}$ .  
Utregnet arbeide:  $W = Fs = 0,58 \text{ N} \cdot 0,645 \text{ m} = 0,374 \text{ Nm} \approx 0,37 \text{ J}$ .

**Del 3:** De to arbeidene er tilnærmet like, men med arbeidet langs skråplanet litt større enn arbeidet ved rent loddrett løft.

Utregnet potensiell energi opp på plattformen:  $E_p = Gh = 0,36 \text{ J}$  (se del 1!).

**Del 4:** Målt fart til vognen ved foten av skråplanen (helt nede):  $v = 1,14 \text{ m/s}$ .

Utregnet kinetisk energi på grunnplanet:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0,5 \cdot 0,500 \text{ kg} \cdot (1,14 \text{ m/s})^2 = 0,324 \text{ J} \approx 0,32 \text{ J}$ .

**Del 5:** Målt friksjon til klossen:  $F = R = 0,57 \text{ N}$ . Målt distanse vognen skjøyv klossen:  $s = 28,5 \text{ cm} = 0,285 \text{ m}$ .

Utregnet friksjonsarbeid vognen har gjort på klossen:  $W = Fs = 0,57 \text{ N} \cdot 0,285 \text{ m} = 0,162 \text{ Nm} \approx 0,16 \text{ J}$ .

**Kommentar:** Her er trolig gjort en målefeil siden det siste svaret ble så lavt. Det er mulig at vognen presset klossen noe ned mot underlaget slik at friksjonen ble noe større enn den målte verdien.

Kanskje greier du å få et bedre resultat?

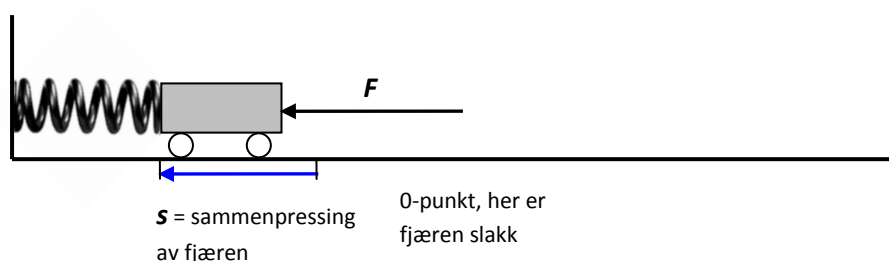
### Spørsmål til drøfting

1. Diskuter det faktum at når vi måler det samme på samme måte flere ganger, så blir ikke måleresultatene helt like. Hva kan dette skyldes? Er det noe som er galt her?
2. Hva kan grunnen være til at vi ut fra målinger får litt høyere verdi på arbeidet ved å trekke vognen opp langs skråplanet enn ved å løfte den rett opp?
3. Hva kan grunnen være til at vi ut fra målingene får litt lavere kinetisk energi ved foten av skråplanet enn den potensielle energien på toppen? Kan vi si at mekanisk energi er bevart i dette forsøket?
4. Hvor stort arbeid ville være rimelig å få når vognen kolliderer med klossen og skyver den bortover det horisontale grunnplanet?

### Variasjoner av forsøket

I stedet for arbeid mot gravitasjon kan vi undersøke arbeid mot en spiralfjær. Prøv å la vognen på et horisontalt underlag presse sammen en liten spiralfjær. Alt vi trenger ekstra er en liten spiralfjær.

Se figur under:



Gjør følgende:

1. Prøv å finne sammenhengen mellom kraften ( $F$ ) på fjæren og sammenpressingen ( $s$ ). Bruk dataloggeren og en kraftsensor. Prøv å lage en  $F$ - $s$ -graf på dataloggeren. Hvilken type graf får vi?  
Vink: Slå opp i en lærebok i fysikk, et leksikon, eller på nettet og se etter "Hooks lov".  
Regn ut fjærkonstanten ( $k$ ) ut fra egne målinger.

2. Finn arbeidet ( $W$ ) som kraften ( $F$ ) har gjort på fjæren når du har trykket den sammen et stykke ( $s$ ).  
Vink: Av punkt 1 over fant vi at kraften nå ikke er konstant. Den enkleste måten å finne arbeidet på er først å finne gjennomsnittskraften ( $F_{gj}$ ) vi har brukt. Arbeidet blir da:  $W = F_{gj} \cdot s$ .
3. Vi holder fjæren med vogn i ro og sammenpresset. Er det noe energi i dette systemet? Hvis ja, er det kinetisk eller potensiell energi? Er det vognen eller fjæren som har energi?
4. Plasser en posisjonssensor til høyre i figuren, vendt mot vognen. Press fjæren med vognen sammen og noter sammenpressingen ( $s$ ). Slipp vognen slik at fjæren får rette seg ut, og mål den maksimale farten til vognen. Regn ut den maksimale kinetiske energien til vognen ( $E_k$ ). Er mekanisk energi bevart i dette forsøket?
5. Gjenta forsøket i punkt 4, men uten å måle farten. La heller vognen få kolliderer med en kloss like etter at den har forlatt fjæren. Finn arbeidet ( $W$ ) som vognen utfører på klossen inntil denne stanser.

## Värma is - Hur ändrar sig temperaturen då man värmer is?

### Abstract: Warming ice - How do the temperature change when you warm ice?

In this experiment, we measure the temperature when we heat ice to boiling, and let it boil a few minutes and then let it cool. The aim is for the students' to get an understanding of water molecules' structure and why ice floats on water. They should understand why the temperature is constant at the phase transitions, but also that pure water never has a temperature higher than 100 °C. There is also an excellent opportunity to address the concepts of linear and exponential change, and the concept of positive/negative slope coefficient by using the data logger.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Sammanfattning

I detta försök mäter vi temperaturen då vi värmer is till kokpunkten, låter det koka några minuter samt låter det sedan svalna av.

### Mål

Att eleverna ska få en förståelse för vattenmolekylens uppbyggnad samt varför is flyter på vatten, att temperaturen är konstant vid en fasövergång, men även att rent vatten aldrig får högre temperatur än 100°C. Det är också ett ypperligt tillfälle att ta upp begreppen linjär och exponentiell förändring, samt begreppet positiv/negativ riktningskoefficient mha dataloggerens riktningsverktyg.

### Teoretisk bakgrund

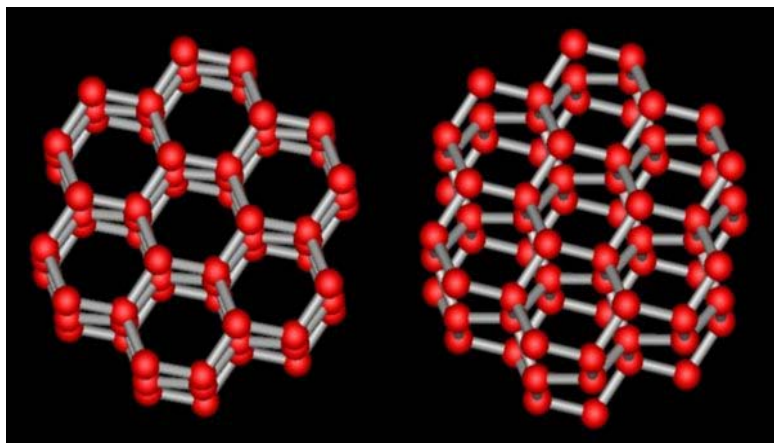
Vatten är en unik vätska eftersom den har en högre smältpunkt, kokpunkt och förångnings värme än de flesta andra vätskor. En vattenmolekyl består av två väteatomer som är bundna till en syreatom. Vinkeln som molekylen bildar uppgår till 104,5 ° och bestäms av syreatomens yttre atomorbitaler. Väte- och syreatomen hålls ihop av *kovalenta bindningar*.

### Krafter mellan vattenmolekyler

Det finns dessutom starka attraktionskrafter som håller samman molekylerna. Grunden till det är att syreatomens kärna är mer elektronegativ än väteatomens, därför attraherar den elektroner starkare. Det betyder att elektronerna oftare befinner sig i närheten av syreatomen och att det råder elektron brist vid väteatomerna. Elektronfördelningen gör att det uppkommer starka elektrostatiske krafter mellan syreatomerna i en vattenmolekyl och väteatomerna i en annan. Denna *elektrostatiske* bindning kallas *vätebindning* och är svagare än kovalenta bindningar. Om inte väte bindningen fanns skulle vatten inte frysa förrän vid minus 100°C.

I flytande vatten som håller rumstemperatur bildar varje vattenmolekyl i genomsnitt 3,4 vätebindningar till andra vattenmolekyler, livstiden för vätebindningarna är dock kort (mindre än 1 ns). När vatten fryser till is bildar varje vattenmolekyl 4 vätebindningar till andra molekyler, det bildas då ett regelbundet kristallmönster bestående av sexkantiga ringar. Det regelbundna kristallmönstret gör att is tar större plats än vatten; is är inte lika kompakt som vatten och därför flyter is. Se bild nedan.

**Tips för läraren!** När man ska illustrera vätebindningar och varför is tar större plats kan man utnyttja eleverna som illustrationsmaterial. Låt några eleverna sträcka ut armarna och knyta händerna, förklara att kroppen utom armarna är en syreatom och att armarna är de kovalenta bindningarna, de knutna händerna är väteatomer. Låt sedan eleverna gå samman så tätt som möjligt. Låt sedan eleverna gå samman i kristallstruktur. Dvs alla skall försöka lägga händerna på en annan elevs huvud, högst två händer per huvud. Vilken formation tog mest plats?



I vattenånga är inte längre vätebindningar mellan vattenmolekylerna. Vattenmolekylerna kommer fortsatt att samverka, men endast ved elastiska kollisioner och kommer att ha för mycket fart på till att bilda vätebindningar.

### Teknisk utrustning

Detta försök utnyttjar en rustfri temperatursensor. Temperatursensorn ska normalt inte kalibreras. Det kan være hensigtsmæssig at skalere y-aksen, så temperaturændringer gøres tydeligere. Dette kan f.eks. gøres ved at autoskalere (se manual).

### Urustning

- Datalogger med rustfri temperatursensor
- Bägare
- Is
- Brännare eller värmeplatta

### Uppställning

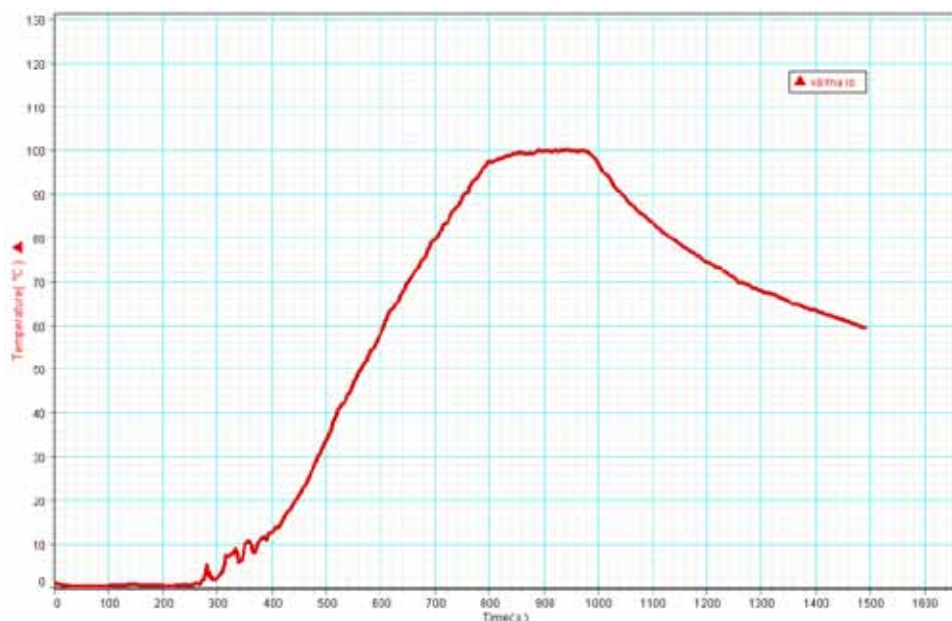


### Diskussionsfrågor

1. Vad fanns i bägaren då temperaturen var konstant i början? Vart tog all energi vägen?
2. Vad fanns i bägaren när temperaturen varierade?
3. Vad fanns i bägaren då temperaturen ökade konstant? Använd rikttningsverktyget och för att ta reda på hur snabbt temperaturen ökade.
4. Vad händer med tillförda energin då vattnet kokar?
5. Undersök mha rikttningsverktyget hur temperaturminskningen sker vid avsvälning.

### Exempel på resultat

En typisk temperatur-tid-graf för opvarming av vatten vil se slik ut:

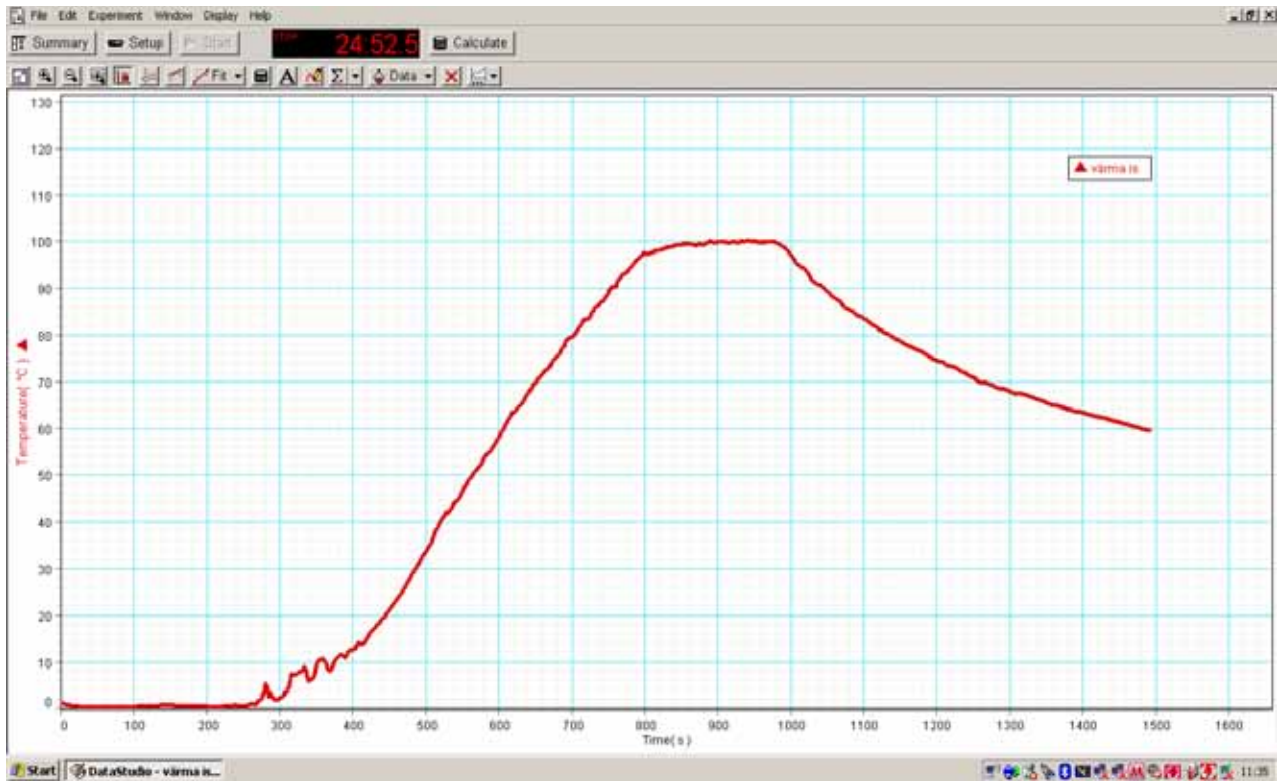


Då man värmer is är temperaturen till en början konstant, eftersom all tillförd energi går åt till att bryta vätebindningar så isen smälter. Då all is smält går tillförda energin åt till att öka hastigheten på vattenmolekylerna, vilket visar sig i en konstant temperaturökning dvs en linjär förändring. Då vattnet nått kokpunkten blir temperaturen åter konstant, eftersom all energi nu åtgår till att bryta de återstående vätebindningarna så att vattenmolekylerna kan lämna vätskefasen och bli "fria" i gasfasen. Så länge det finns vatten i bägaren är temperaturen konstant. Skulle allt vatten koka bort åtgår energin till att värma kastrull respektive bägare, vilka kan nå mycket höga temperaturer och förstöras/spricka av den höga temperaturen.

Då man slutar tillföra energi börjar temperaturen falla. Alla avsvältningsprocesser är exponentiellt avtagande till sin karaktär eftersom i ett varmt ämne finns många molekyler med hög energi vilka kan lämna ämnet genom avdunstning när ämnet är varmt. Kvar blir de mindre energirika molekylerna och temperaturen minskar snabbt till en början. Efter en stund har vi bara de energifattiga molekylerna kvar och antalet energirika molekyler som kan lämna ämnet minskar snabbt.

## Variationer

Undersök andra ämnen som etanol och saltvatten



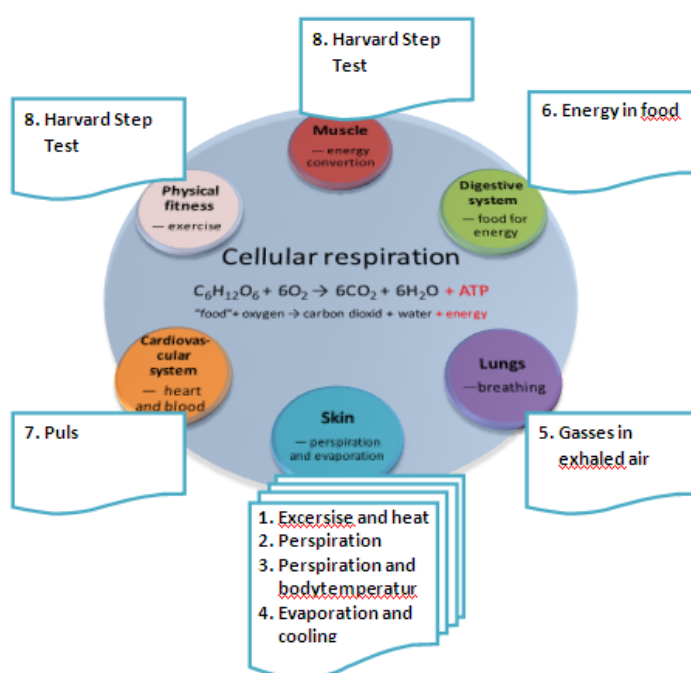


## Human Physiology

The subject Human Physiology focuses on what happens to our body when we indulge in physical work such as walking, running or cycling. In order for our muscles to do physical work they require energy. This energy comes from energy in the food we eat and the oxygen taken up by our lungs. The chemical energy from nutrients is converted into ATP (adenosine tri phosphate) in a process called cellular respiration. The energy stored in ATP can then be used to drive processes in our body which requires energy. ATP is often called the "molecular unit of currency" of intracellular energy transfer. Cellular respiration also releases carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and water (H<sub>2</sub>O) as "waste products". One might therefore consider cellular respiration as the key processes to understand how the body works, as well as how cellular respiration interacts with other systems in our body like heart and cardiovascular system, lungs, digestive system, perspiration an evaporation from our skin, muscle activity and physical fitness.

There are numerous activities that are relevant in human physiology. You will find eight relatively simple experiments focusing on data logging and human physiology at the project website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu). Four of them are brought here in this book

- Excercise and heat
- Perspiration
- Perspiration (sweat) and bodytemperature
- Evaporation and cooling
- Gasses in exhaled air
- Pulse
- Harvard Step Test
- Energy in food



## Kroppens arbejde og varmeafgivelse

### Short English summary: Exercise and heat

Only a minor part of the energy released in the respiration process is used to do actual exercise. A lot of the released energy is actually converted into heat. To avoid the body from overheating, the blood circulation to the skin is increased. In this way the heated blood will dissipate heat to the cooler surroundings, eg. the cool air around the skin. It is possible to measure changes in skin temperature in a closed and insulated environment (a mitten) where a hand is placed.

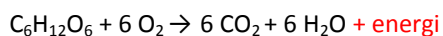
If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Kort introduktion

Jo mere, musklerne skal arbejde, jo mere energi bliver der frigjort i forbindelse med muskelcellernes respiration - og jo mere kuldioxid og vand produceres der. En del af energien bruges i forbindelse med musklernes arbejde, men i sidste ende omdannes en stor del af energien til varme. For at undgå, at kroppens temperatur stiger for meget, øges blodgennemstrømningen til huden. Blodkarrene tæt ved huden sørger for, at varmen afgives til omgivelserne. Det er muligt at måle ændringer i overfladetemperatur når vores krop befinder sig i forskellige situationer.

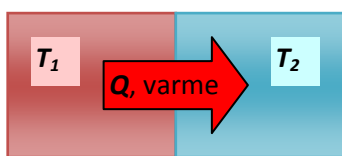
### Faglig baggrund

Til musklerne sendes glukose og ilt med blodet. Her anvendes ilt og glukose til cellernes respiration:



Energien benyttes bl.a. til musklernes arbejde. Jo mere, musklerne skal arbejde, jo mere energi bliver der frigjort i forbindelse med muskelcellernes respiration - og jo mere kuldioxid og vand produceres der. En del af energien bruges i forbindelse med musklernes arbejde, men i sidste ende omdannes en stor del af energien til varme. For at undgå, at kroppens temperatur stiger for meget, øges blodgennemstrømningen til huden. Blodkarrene tæt ved huden sørger for, at varmen afgives til omgivelserne.

Kroppen kan komme af med varmeenergi på fire måder: fordampning af sved, strålingsvarme, konvektion (opvarmning af forbigående luft) og varmeledning (ved direkte kontakt med omgivelserne). I fysik vil man være påpasselig med at pointere at varme er energi som går mellem steder med forskellig temperatur. Varme går altid fra det sted med højest temperatur (personen) til et sted med lavere temperatur (omgivelserne). I omgivelser med høj temperatur, fx i en sauna, går varmen selvfølgelig modsat vej (fra omgivelserne til personen)



Temperatur  $T_1 > T_2$

For over 200 år siden formulerede Isaac Newton en lov vi nu kender som *Newtons afkølingslov*: "Ændringen i et legemes temperatur er proportional med temperaturforskellen mellem legemet og omgivelserne". (Kroppens

varmeeffekt øger altså med øget kropstemperatur.) Når temperaturforskellen er udjævnet, og  $T_1$  og  $T_2$  er blevet ens, stopper energioverførsel ved varme.

### Teknisk baggrund

Til forsøget skal blot anvendes en hud-temperatur-sensor eller anden lille temperatursensor, der – ved hjælp af et par stykker plaster – kan fastgøres i håndfladen.

Temperatursensorerne skal normalt ikke kalibreres, og det er heller ikke væsentligt i forsøget, om de er kalibrerede, da det er temperaturændringerne, der er interessante. Dog vil temperaturændringerne typisk være forholdsvis små, og de kan derfor umiddelbart være vanskeligt at observere på temperaturgrafene. Derfor kan det være hensigtsmæssig at skalere y-aksen, så de små temperaturændringer gøres tydeligere. Dette kan f.eks. gøres ved at autoskalere (se manual).

### Udstyr

Vante

Plaster

hudtemperatur-sensorer

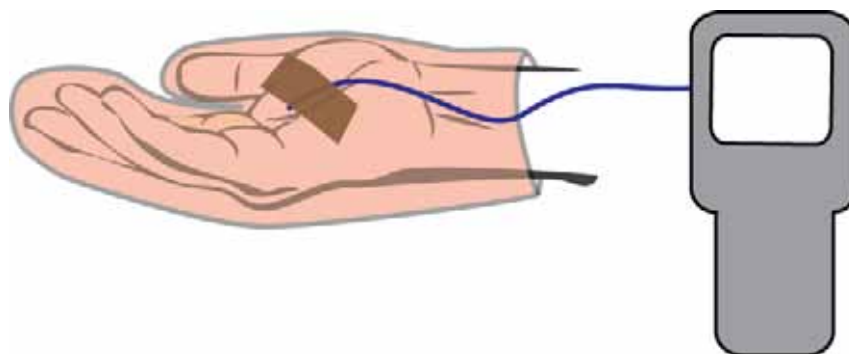
Datalogger eller computer

### Opstilling af udstyret

Hudtemperatur-sensoren tilsluttes datalogger eller computer. Vante og plaster gøres klar til brug.

### Fremgangsmåde

Temperatursensoren til måling af forsøgspersonens hudtemperatur, fastgøres i håndfladen med et plaster. Hvis der er plads i vanten, kan personen blot holde temperaturføleren mellem tommel- og pegefinger.



Når temperaturen har stabiliseret sig (efter ca. 20 – 30 sek.) sættes dataopsamlingen i gang.

Efter 20 sekunder stikkes hånden (med temperatur-sensoren påhæftet) ind i vanten.

Efter yderligere 360 sekunder har temperaturen stabiliseret sig på et nyt niveau og dataopsamlingen afsluttes. Vanten tages af og temperatur-sensoren fjernes fra håndfladen.

Forsøgspersonen sættes i gang med at udføre et arbejde, fx løbe op og ned af trapper i 4 – 5 minutter.

Når forsøgspersonen har fået arbejdet pulsen op og "fået varmen" gentages ovenstående dataopsamling.

### Spørgsmål der kan drøftes

Hvad sker der med temperaturen efter at hånden er stukket ind i vanten?

Hvad er forklaringen på temperaturstigningen?

Sammenlign temperaturforløbet i de to dataopsamlinger

Hvor meget stiger temperaturen i de to dataopsamlinger?

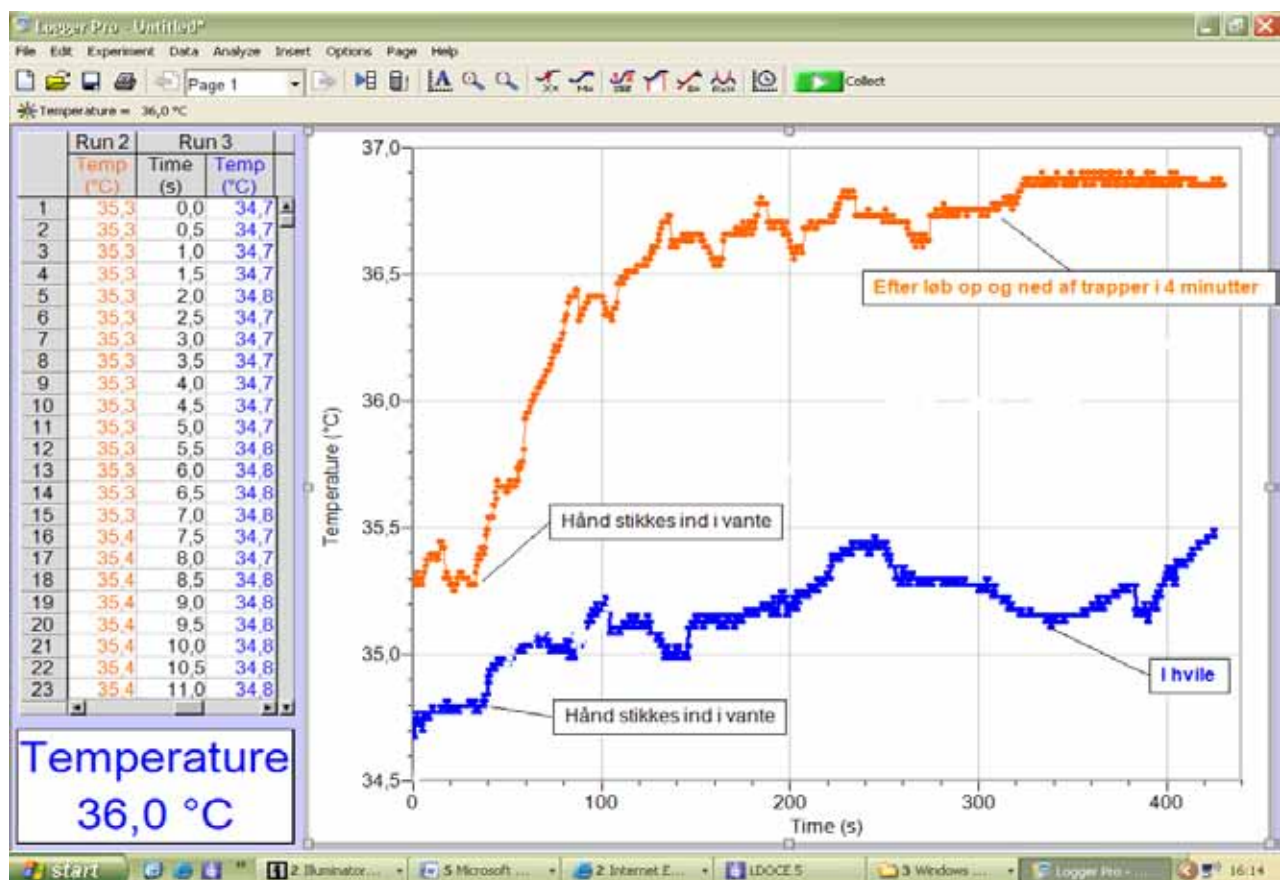
Hvor stiger temperaturen mest?

Hvor er temperaturstigningen hurtigst?

Hvad kan forklaringen være på de forskelle i temperaturudviklingen vi observerer i de to dataopsamlinger?

### Eksempler på resultater

Formålet med øvelsen er at blive opmærksomme på, at kroppen afgiver varme til omgivelserne, og at når muskelarbejdet øges, så stiger varmeproduktionen i kroppen. Det kan vi observere ved, at hudens overfladetemperatur stiger. Figuren herunder viser, at temperaturen bliver højere, når "forsøgspersonen" har været fysisk aktiv. Lad eleverne komme med faglige bud på, hvorfor man observerer denne forskel.



## Fitness test – The Harvard Step Test

### Sammendrag (dansk): Konditest – The Harvard Step Test

En god kondition er karakteriseret ved en god ilttransport fra lungerne til de arbejdende muskler. En persons kondition kan beskrives som den maksimale iltoptagelse pr. minut og pr. kg legemsvægt. Denne størrelse er afhængig af alder, køn og træningstilstand. Den maksimale iltoptagelse opnås, når man yder det største muskelarbejde man er i stand til. Hvis man måler den maksimale iltoptagelse pr. minut og forsøgspersonens vægt, kan man beregne personens kondital, som kan variere fra 20 mg O<sub>2</sub>/kg/min for den utrænede op til over 90 mg O<sub>2</sub>/kg/min for den toptrænede topatlet. Da disse målinger er noget indviklede, har Harvard Fatigue Laboratories udviklet en anden konditest, der kan udføres, blot man har en 50 cm høj skammel, et ur og en pulsmåler. Testen kaldes "Harvard Step Test" og bygger på ren erfarings grundlag.

Her får du en engelsk udgave af øvelsen. Du kan downloade øvelsen på dansk fra projekthjemmesiden, [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

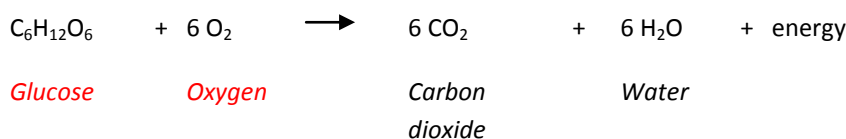
### Short English summary

The human body needs energy for **exercise** and the more the muscles have to work the more energy **is** released in the muscles during cell respiration. In this process oxygen is consumed and carbon dioxide and water are produced. Oxygen and carbon dioxide are transported to and from the muscles by the blood system.

A person's aerobic fitness level is dependent upon the amount of oxygen which can be transported by the body to the working muscles, and efficiency of the muscles **in using** that oxygen. The Harvard Step test is a test of aerobic fitness **it is simple to conduct and requires minimal equipment**. It is easy to measure the pulse rate and calculate a person's fitness index.

### Theoretical basis

**Gaseus exchange takes place in the lungs.** From inhaled air in the lungs oxygen (O<sub>2</sub>) will start to diffuse into the blood while carbon dioxide will diffuse from the blood and into the lungs. The blood will then transport the oxygen to all the cells in our body including our muscle cells. In our cells the oxygen is used for **cellular** respiration to produce energy:



If the transport of oxygen to the muscles is increased, more energy **is** released for **exercise**. The fitness of a person can be described as the maximum absorption of oxygen per minute per kilo of bodymass. This calculation is dependent **on** age, sex and physical state of fitness. Being physical fit is characterized by good transportation of oxygen from the lungs to the working muscles.

The maximum absorption of oxygen is achieved by performing the hardest possible work your body will allow. If the maximum absorption of oxygen per minute is measured along with the test subject's body mass, it **is** possible to calculate the **fitness of the person**. This is called the fitness index. This index may vary from 20 mg O<sub>2</sub>/kg/min to above 90 mg O<sub>2</sub>/kg/min, thus representing either the untrained person or the physically very fit athlete.

Because these measurements are rather complicated, the Harvard Laboratories have developed another simpler test. All that is needed is an aerobic step of 50cm, a watch and a pulse rate measuring device. The test is called “The Harvard Step Test”.

### Technical basis

For measuring the pulse rate, a measuring device which is normally attached to either the earlobe or the loose skin between the thumb and indexfinger could be used. However, according to experience the “earclip” is not very accurate and may not provide accurate readings. Instead a pulse measuring device which is strapped on right under the chest of the test subject is recommended or the Pasco hand held pulse rate monitor may be used.

A typical chestworn measuring device usually contains a wireless transmitter with a transmitting range of approximately one meter. Considering the transmitting range of the device it would be wise to apply a datalogging device combined with a sensor (receiver) instead of a PC. This way it is easier to place the sensor close to the transmitter, even if the testsubject is moving around.

Before strapping on the pulse measuring device, the electrodes of the device (or the skin beneath) should be humidified with water (or even a weak solution of saltwater). Place the device right under the chest. The best results will be achieved if the electrodes are in direct contact with the skin. If a t-shirt is worn underneath the device, the best result will be achieved by wetting the the cloth under the electrodes. Make sure the datalogging device and the applied sensor are within a suitable range to maintain a decent signal from the transmitter.

### Equipment

Aerobic Step (50cm. high).

Pulse rate measuring device (breast sensor) or a hand held pulse rate monitor

Datalogging device (or a PC if the physical activity can be executed in close proximity to the computer – E.g on an exercise bike).

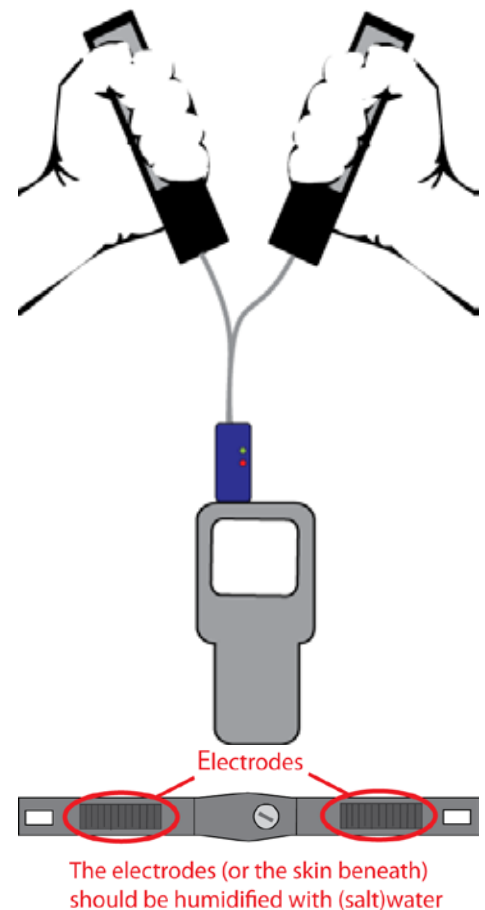
### Set-up

Turn on the datalogging device and connect the receiver for the pulse sensor. The datalogging device will usually register the type of instrument connected to it.

### Procedure

Test whether the breast sensor fits by wearing it on top of the t-shirt just below the chest. Adjust the sensor to make it fit tightly.

To make the chest sensor work it must maintain good contact with the skin. In order to achieve this, take of the sensor, humidify the electrodes and strap the device back on, under the t-shirt where it has direct contact to the skin.



The datalogging device may be carried on a string around the neck.

Check the connection between the transmitter (strapped to the chest of the test subject) and the receiver connected to the datalogging device.

To achieve optimum results do the following:

- Place the receiver 30 – 60cm away from the transmitter (the transmitter is placed on the center of the chest device) – the closer the better.
- Keep the receiver in a vertical position close to the chest transmitter.
- Do not place the devices too close to other pulse measuring devices or computer screens, it may cause interference with the signal resulting in incorrect data.

The test subject must work together with a partner. The partner will be keeping track of time and the exercise according to the following table:

Exercise	Total working time	Total time (minutes)
The test subject steps up onto the 50cm high stool with a frequency of 30 times per minute.  If the test subject is not able to finish the full exercise, the amount of time used for the step exercise is noted instead.	300 seconds  (5 minutes)	5
The test subject is relaxed while sitting down.	300 seconds  (5 minutes)	10

When the partner starts the exercise, the datalogging is started as well by pushing the "start" button on the datalogging device.

After five minutes of stepping up and down, the test subject must sit down and relax for at least five minutes. If the pulse rate does not reach the initial point, one may choose to continue the datalogging until the pulse rate is back to its initial position (this will produce a graph which shows the required time for the pulse to return to its normal state after doing hard labour). To stop the datalogging simply press the start button again.

Now remove the chest sensor and clean the electrodes and the inside of the belt with ethanol, so that it may be ready for another test subject.

You may now read the graph directly on the datalogging device or connect the device to a PC where the supplied computer software will make the data available for viewing.

Find the equivalent data on the graph corresponding to the pulse rate at specific points in time. Find the pulse rate after 375 seconds of measuring (which is 75 seconds after the period of relaxation began). Again find the pulse rate after 435 seconds (which resembles 135 seconds after the period of relaxation began). Lastly find the pulse rate after 555 seconds.

An average for each of the three points can be calculated by noting the pulse 15 seconds before the measuring point and 15 seconds after the measuring point; add those two numbers to the pulse rate measured at the point in the middle and do an average. Most software will contain tools for doing such calculations.

The three values obtained after 375 seconds, 435 seconds and 555 seconds are added together and used in the following formula to calculate the score:

$$\text{Score} = \frac{\text{Total working time in seconds}}{\text{puls rate}_1 + \text{puls rate}_2 + \text{puls rate}_3} \cdot 100$$

Score	KONDI
Under 50	Bad
50-64	Low average
65-79	High average
80-89	Good
Over 90	Excellent

The test is based on the experience of The Harvard Fatigue Laboratories. Experience shows how a person who obtains e.g. a score of 70 points and the grade “High average” would receive approximately the same score if the actual absorption of oxygen was measured during optimum work.

### Questions

- What does the pulse rate express? What does it show?
- What happens to the pulse rate when hard work exercise is being undertaken?
- What happens to the pulse rate when the test subject is relaxing?
- Would you be able to explain these changes in the pulse rate?
- How much time passes before the pulse rate reaches its initial position after exercise ends? (If you cannot read directly from the graph try to do an estimate based on the shape of the graph).
- What connection is there between the change in pulse rate after finishing the exercise, and the fitness score of the test subject?



## Vad händer med koldioxid och temperatur om du sitter i en låda?

### English summary: What happens to carbon dioxide and temperature if you are sitting in a box?

The human body needs energy for **exercise** and the more the muscles have to work the more energy has to be released in the **muscles for cellular** respiration. In this process oxygen is consumed and carbon dioxide and water are produced. In this experiment you will explore what happens to carbon dioxide and temperature if you are sitting in a box.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Sammanfattning

En elev sitter i en isolerad låda. Med hjälp av en Pasco-logger mäts förändringen av koldioxid och temperaturen i lådan.

### Faktabakgrund (ämnesinnehåll)

I början mäter Pasco-logg halten koldioxid i luften. När en elev blir instäng i en låda kommer koldioxidhalten att öka pga att koldioxiden stannar i den isolerande lådan. Eleverna kan dra slutsats att vi andas ut koldioxid hela tiden genom att titta på grafen. Samtidigt mäts temperaturen och även här kan eleverna följa grafen och se att vi tillför värme till omgivningen. Det går även att känna av att det bildas vatten genom att det blir fuktigt i lådan.

Cellandningen sker vid förbränning av druvsockret. Det bildas energi som vi använder till olika processer i kroppen och värme. En del av värmen avger vår kropp till omgivningen. Vilket vi kan mäta. Det bildas även koldioxid som vi andas ut.








### Materiel

Pasco-logg med koldioxid och temperatur sensorer, stor välisolerande låda och en elev

OBS! Det kan vara problem med att isolera låda. Tips ta bubbelplast (plast som finns som skydd runt ömtåliga varor). Det går även bra att lägga plasten över som lock. Då kan eleven se ut genom plasten.

### Utförande

1. Skriv hypotes
2. Starta Pasco 
3. Sätt på koldioxid och temperatur mätaren
4. Ställ in Pascon på graf genom att trycka på  s du kommer till graf. Tryck sen 
5. Eleven kryper in i lådan tillsammans med Pascon som mäter koldioxiden
6. Elever utanför lådan följer vad som händer på grafen med temperaturen.
7. Starta Pasco genom att trycka  och stäng med samma knapp
8. Mät under 15 minuter
9. Ändra Pascon till tabell genom att trycka på  n på  till tabell
10. Läs av min och maxvärdena och skriv in värdena på resultat.



11. Skriv en slutsats genom att jämföra resultatet med hypotesen. Vad händer med koldioxiden och temperaturen, förklara. Använd rätt begrepp och teorier.

12. Utvärdera försöket: fungerade försöket? Förslag på förbättringar.

## Resultat



Koldioxid uppmätt i en låda med en elev



## Diskussioner av försöket

Eleverna börjar med att fundera över vilken gas som vi andas in och ut. Vad kommer att hända med den gasen som vi andas ut? Kommer gasen att öka, minska eller vara oförändrad i lådan? Ökar koldioxiden i luften? Varför inte? Vem tar upp koldioxiden? Varför bildas koldioxid i vår kropp? Hur fungerar kolets kretslopp?

Eleverna funderar över vad som kommer att hända med temperaturen. Varför fryser vi inte när vi går ut? Har vi något element som värmer oss? Hur fungerar vår värmekälla i kroppen? Varför har vi kläder på kroppen när det är kallt? Hur är det när vi är många personer i ett litet rum?

## Variationer

Vad händer med koldioxid halten och temperaturen om vi är stilla, rör på oss lite eller mycket. Mät temperaturen med en sensor som är klistrad i handen vi stillastående, liten och hög aktivitet. Mät koldioxiden genom att blåsa utandningsluften i en plastpåse efter stillasittande, stilla gång och en snabb joggingtur.

## Weather and Climate

Weather refers, generally, to day-to-day temperature, air pressure, wind (both strength and direction), humidity, cloud cover and precipitation (e.g. rain, snow and hail). Climate is defined as the average weather pattern over periods of time – often calculated over 10 or 30 year periods. In addition there are considerable seasonal variations.

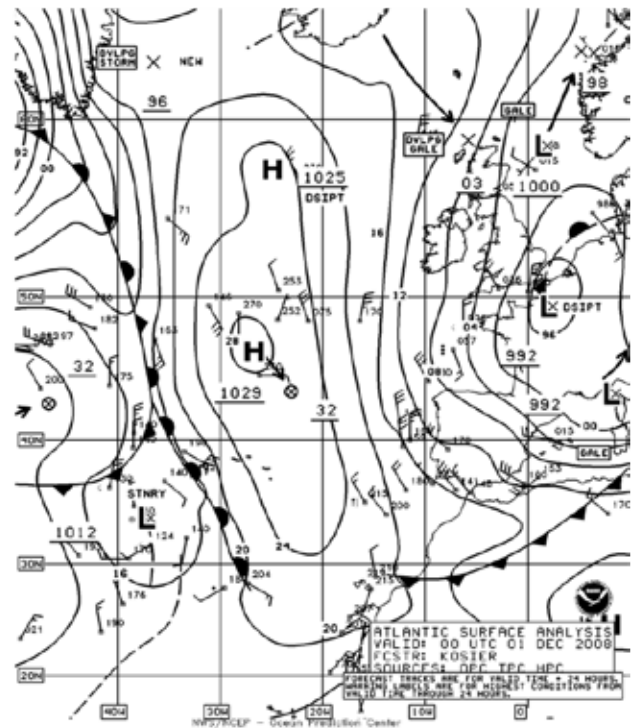
There are several reasons why different parts of the Earth have different weather and climate. Some of these may be: Latitude (how far from the Equator is it located), altitude above sea level, proximity to the sea or to a large body of water. In places located close to the sea, strong ocean currents will be important, e.g. the Gulf stream is of great importance to the climate in Scandinavia and Ireland. In addition to influencing local conditions, certain factors may greatly influence the global climate, such as large volcanic eruptions, variations in ocean currents (e.g. El Niño in the Pacific Ocean) and release of greenhouse gases into the atmosphere. Wind is caused by differences in air pressure.

Weather and climate plays an important part in our daily life, in public debate and in almost all national curricula's. There are numerous opportunities to collect data with data loggers that will support students learning about weather and climate. At the project website you will find relatively simple lab activities focusing on data logging and different weather phenomenon.

In this book you will find a simple exercise that simulates cloud formation. Clouds exist in a variety of types. Each type of cloud forms under certain circumstances of temperature, pressure, and humidity. A cloud forms when warm, humid air that contains water vapour is cooled. At low temperature, air is unable to hold as much water as at high temperatures, so some of the water vapour condense and forms a droplet around a particle of dust in the atmosphere. Or, if cold enough, turns into ice crystals.

You will also find an experiment that demonstrates why the climate on the northern and southern hemispheres on Earth is colder than around the Equator. This is due to differences in the mean solar angle – the angle between the horizontal plane in the location where we measure, and the incoming rays of the sun. With the help of a data logger, we can measure the amount of power obtained from the sun at different solar angles.

The last experiment focuses on how to deal with local weather like ice on the road.



A weather map displays various meteorological features. This north Atlantic surface map plots isobars to depict areas of high pressure and low pressure. Air under high pressure moves toward areas of low pressure. The greater the difference in pressure, the faster the air flows. Cloud patterns help determine the frontal systems.

## Skydannelse i flaske

### Short English summary: Cloud formation in a bottle

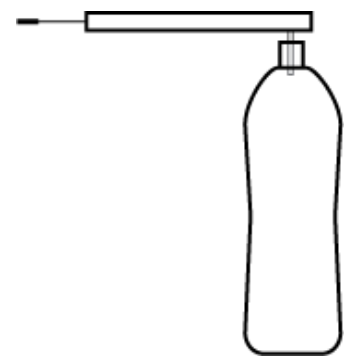
It quite easy to simulate cloud formation by pumping air into a bottle and release the compressed air quickly. With a fast response temperature sensor it's possible to see how the work you do on the pump, increase the temperature inside the bottle. Releasing the compressed air makes the temperature fall inside the bottle, because the compressed air does work on the surroundings. The fall in temperature will produce tiny water droplets that show up as a cloud.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Faglig baggrund

Har du hørt om ånden i flasken? Vel, det er nok en god røverhistorie. Men, du kan måske genskabe et naturfænomen i en flaske. Ikke ved hjælp af besværgelser, med med en ganske kedelig sykkelpumpe.

Når du pumper luft ind i flasken, udfører du et arbejde. Arbejdet øger luftens termiske energi, og det kan vi observere som en temperaturstigning. Når luften fyger ud af flasken, er det den som udfører et arbejde på omgivelserne. Den termiske energi, og dermed temperaturen falder. Damptrykket er afhængigt af temperaturen. Når temperaturen stiger vil mere vand kunde fordampe. Når temperaturen falder igen, vil vanddamp fortætte til små vanddråber. Og det er disse vanddråberne vi ser som en hvid sky.



### Teknisk baggrund

Til forsøget skal anvendes en hurtigrespons temperatur-sensor og en datalogger. Hurtigrespons temperatursensoren er en temperatursensor som har lille varmekapacitet og som derfor hurtigt indstiller sig i ligevægt med den omgivende lufttemperatur.

### Udstyr

Datalogger eller computer

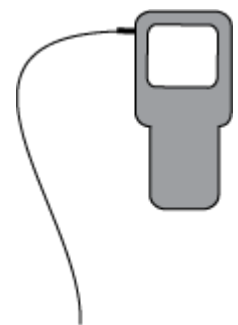
1 hurtigrespons temperatursensorer

(Eventuelt tryksensor)

Halvlitersflaske

Prop m/hul

Sykkelpumpe med ventil



### Opstilling af udstyret

Hæld en smule vand i flasken. Træd proppen på ventilen til cykelpumpen og pladser proppen i flasken.

Træd temperatursensoren ned gennem hullet i proppen sammen med ventilen til pumpen.

Præs pumpe og prop fast mod flasken mens du pumper luft ind i flasken. Hold godt fast og bliv ved



med at pumpe til det bliver tungt at pumpe. Rist flasken.

Løsn proppen hurtig fra flasken.

### Spørgsmål der kan drøftes

Hvad sker inde i flasken? Hvad sker der med temperaturen? Hvad sker der med trykket?

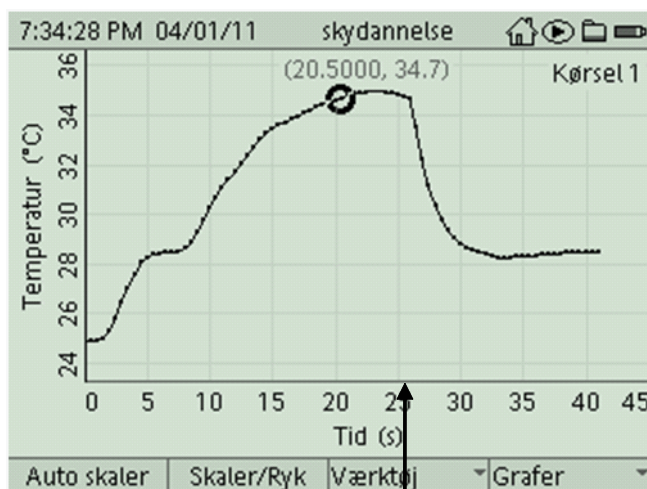
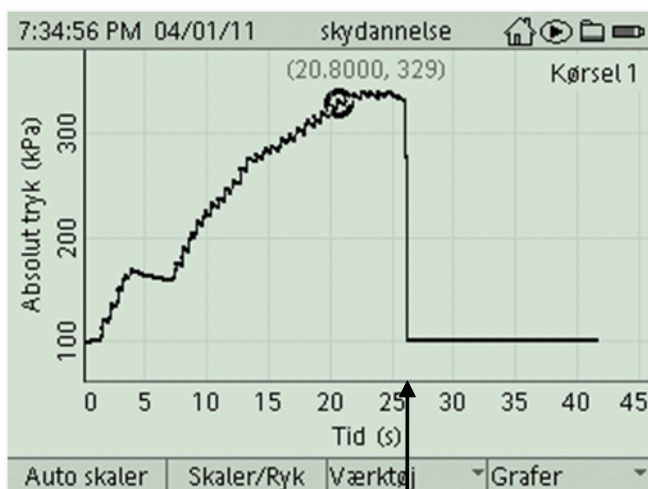
Hvordan kan observationerne forklares?

Hvordan sker skydannelse i atmosfæren?

### Variationer af forsøget

Hvis du disponerer over en trykmåler, kan forsøget udvides ved også at måle trykket inde i flasken.

To skærmbilder som viser tryk (venstre) og temperatur (højre) som funktion af tiden. Det pumpes luft i flasken fra 0-26 s hvorefter proppen løsnes hurtigt ved  $t = 26$  s.



Trykket øger efterhånden som luften pumpes ind i flasken.

Proppen løsnes ved  $t=26$  s. Trykket falder umiddelbart.

Temperaturen stiger efterhånden som trykket øger.

Temperaturen falder hurtigt når trykket aftager.

## Climate – solar angle

Level of difficulty: **average**

### Sammendrag på Norsk: Klima - solvinkel

Den energien vi mottatt fra sola per kvadratmeter midt på dagen er bare halvparten så stor i Skandinavia (gjennomsnittlig bredde ca. 60°) som ved ekvator. Denne forskjellen er opphavet til de store temperaturforskjellene på jorda, og temperatur er en viktig klimaparameter.

I denne øvelsen skal vi måle mottatt effekt (energi per sekund, målt i watt) på en flate som står i sollys, enten med en solcelle eller en solfanger (flat vannbeholder). Målet er å erfare forskjellen mellom mottatt effekt når sola skinner loddrett på en flate (senit) og når den skinner på skrå.

Her får du en engelsk utgave av øvelsen. Den norske utgaven kan du hente på prosjekthjemmesiden, [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Summary

This exercise demonstrates why the climate on the northern and southern hemispheres on Earth is colder than around the Equator. This is due to differences in the mean solar angle – the angle between the horizontal plane in the location where we measure, and the incoming rays of the sun. The further we move away from the equator, north or south, the lower the solar angle will be.

The part of a sun beam which is absorbed in a body will transfer its energy to the body in the form of heat - we can measure a temperature increase in the body. If we let the sun shine perpendicularly onto a plain black surface of a flat body – which is similar to a solar angle of 90° – we can use the datalogger and a temperature sensor to monitor the temperature changes in the body. By twisting the body we can easily vary the solar angles on the surface of the body, and we can compare the speed of the temperature increase of the black body in the various positions. As expected, the exercise demonstrates that the temperature will rise faster as the angle approaches 90°. The speed of this temperature rise is proportional to the solar power  $P$  (measured in joules per second or watt) which is absorbed on the surface of the body.

A much easier and faster way to measure solar energy absorbed by the surface of a plane is to use a solar panel (photovoltaic effect). We can easily measure how much electric power  $P$  (watt) the solar panel can give when we let the sun shine on it at different angles. First we make a small electric circuit and put a resistor in series with the solar panel. We then use a voltage/current sensor to measure the voltage ( $U$ ) across and the current ( $I$ ) through the resistor. The power  $P$  is then given by  $P = U \cdot I$ . If we have only a voltage sensor, but know the resistance of the resistor ( $R$ ), we can use the formula  $P = U^2/R$ .

This exercise demonstrates both ways of measuring the amount of power obtained from the sun at different solar angles.

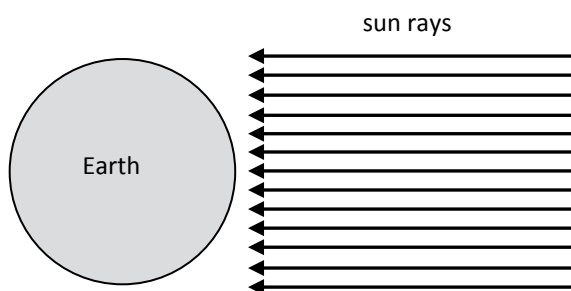
### Theoretical background

Climate is defined as the average weather pattern over periods of time – often calculated over 10 or 30 year periods. Climate is measured using several parameters, e.g. temperature, humidity and wind (both strength and direction). In addition there are considerable seasonal variations. There are several reasons why different parts of the Earth have different climates. Some of these may be: Latitude (how far from the Equator is it located), altitude above sea level, proximity to the sea or to a large body of water. In places located close to the sea, strong ocean currents will be important, e.g. the Gulf stream is of great importance to the climate in Scandinavia and Ireland. In addition to influencing local conditions, certain factors may greatly influence the global climate, such as large volcanic eruptions, variations in ocean currents (e.g. El Niño in the Pacific Ocean) and release of greenhouse gases into the atmosphere.

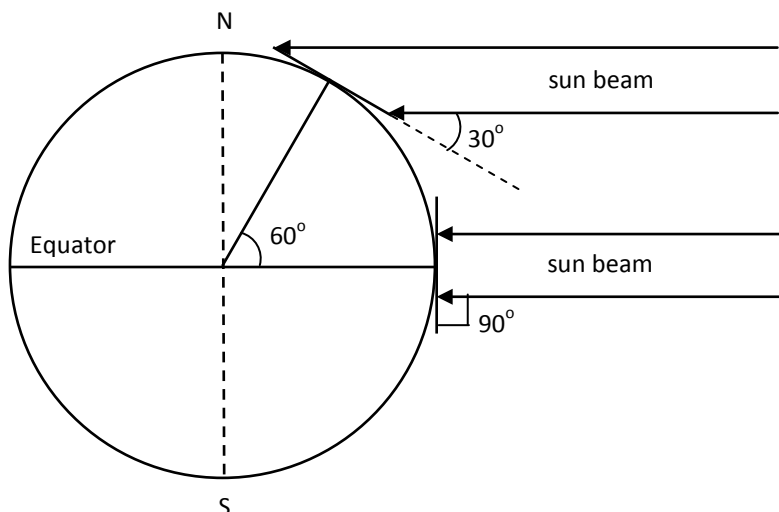
In this demonstration we shall look at only one of the climate parameters, i.e. temperature. Among the many reasons for variations in temperature in one given location, we shall examine the consequences of latitude. The latitude (the distance to the Equator) determines how far the sun rises above the horizon in the day. The angle between the line of sight towards the sun and a horizontal line just below the sun is measured and expressed as an angle between 0 and 90°. This is known as the solar angle of the location on the date and at the time when it was measured.

At 12 noon on equinox<sup>2</sup> the sun is in the zenith at the Equator, i.e. it is straight overhead and the solar angle equals 90°. At that time the solar angle in Oslo is about 30°. The climate in Oslo is much cooler than at the Equator (at sea level). At equinox the solar angle ( $\nu$ ) of a location at 12 noon (sun time) is equal to  $\nu = 90^\circ - \text{its latitude}$ . In addition there is the seasonal variation. In the northern hemisphere in summer the solar angle may be up to 23° higher and in winter down to 23° lower than at equinox. The reason is that the axis of the earth is tilted 23° in relation to its orbital plane as it orbits the sun.

Sunlight has energy which is transferred to the Earth at the speed of light. In perfectly clear weather conditions a plane at right angles to the sun at sea level receives about 1400 W/m<sup>2</sup> (source: <http://no.wikipedia.org/wiki/Solenergi>). The vast distance between the sun and the Earth means that the rays of the sun are parallel when they hit the Earth. See the figure below:



Let us compare two places located at very different latitudes:



<sup>2</sup> Equinox occurs each year as spring equinox on 20th or 21st March and autumn equinox on 22<sup>nd</sup> or 23<sup>rd</sup> September.

The illustration above shows two bundles of sunrays of equal diameter which hit the earth at the same time, one at the Equator with the sun in zenith (solar angle  $90^\circ$ ), and the other at  $60^\circ$  north. The total amount of energy in the two bundles is the same, but we see that the solar energy at  $60^\circ$  north is distributed over an area twice as large as the one at the Equator. In the figure we may measure and compare the distances between the arrows which meet the two tangents to the earth's surface. This implies that the energy received per square meter at  $60^\circ$  north is only half of what it would be at the Equator on a similar day. Or put slightly differently, we see that the solar energy received per square meter at the Equator at mid day is twice the amount received in Scandinavia (average latitude about  $60^\circ$ ).

This demonstration will measure received power (energy per second, measured as watt) on a plane exposed to sunlight. We are not attempting great accuracy, as that would be too complicated and too much work. The main point is that the measurements should enable the students to experience clearly the difference between the power received when the sun shines perpendicularly on a surface or plane (from zenith) and when it shines at an angle. We may use either of two different principles or methods of measurement:

#### Method 1: Using a small solar panel

In method 1, the plane exposed to the sun is a small solar panel. A solar panel is a set of interconnected photovoltaic cells which are able to produce electric power directly from sunlight. We can move and twist the solar panel in such a way that the sun hits it at different angles. By connecting the panel to a resistor, we create a very simple electric circuit. Then we measure the power ( $P$ ) by measuring the voltage ( $U$ ) across the resistor and the current ( $I$ ) through it. The power is then calculated as the product of voltage and current,  $P = U \cdot I$ . This method takes very little time, as we can read the electric power as soon as sunlight hits the panel. We can turn the panel and read the variations in power obtained at different solar angles. This is probably the easiest method for getting results within one short lesson. NOTE! If we only have a sensor for measuring voltage, and not current, we can still calculate the power if we know the resistance ( $R$ ) of the resistor as follows:  $P = U^2/R$ . (This formula is derived from the formula for power  $P = U \cdot I$  and Ohms law,  $U = R \cdot I$ .)

Note also that what we measure is the power that the solar panel is able to take from the sunlight, not the real amount of power in the sunlight. The effectiveness of a solar panel is only about 4 - 20 %, i.e. less than one fifth of the energy in the sunlight is converted to electricity.

#### Method 2: Using a flat water container

In method 2 we let the sun shine on a reasonably flat container filled with water. We cover the surface which is going to face the sun with black tape in order that it may absorb as much of the solar power as possible into the container. Using a small temperature sensor we measure the increased temperature in the water over time. The faster the temperature increases, the more energy is received from the sun. If we twist or turn the container, we can measure the effect at different solar angles. Method 2 takes more time and requires stable sunlight over time, e.g. through a whole lesson. It may be difficult to get everything right in this experiment. The container must be completely waterproof and absolutely full. Method 2 is best done as a science project over several lessons.,

Formulas for calculation of power received if you want it (but this is not required):

The energy received into the water is:  $E = c \cdot m \cdot \Delta T$ , where  $c = 4180 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  (the specific heat capacity of water),  $m$  is the mass (in kg) of the water in the dish, and  $\Delta T = T_{end} - T_{start}$ , i.e. the increase in temperature (in  $^\circ\text{C}$ ). Then you calculate the power  $P = E/t$ , where  $t$  is the time (in seconds) during the period when you measure the rise in temperature.



### Technical background

For the experiment in method 1 you only need the datalogger and a current/voltage sensor (or at least a voltage sensor). For method 2 you need the datalogger and a simple temperature sensor.

By method 1 you measure the power  $P$  directly as the product of the two values you have measured for  $U$  and  $I$ . The datalogger will do this for you. This way you get the graph of the power directly on the screen.

If you only have a voltage sensor, you may use the calculator in the data logger to calculate the power as  $P = U^2/R$ . It is not difficult, but in this case you need to know the resistance ( $R$ ) of the resistor.

By method 2 you may use the calculator to work out the energy  $E = c \cdot m \cdot \Delta T$ , and show the energy graph directly on the screen. The power  $P$  equals the difference quotient of the graph:  $P = E/t$ . You can easily compare the power received at varying solar angles by comparing the steepness of the energy graphs. The data logger provides a very simple means of comparing the various difference quotients. For Pasco Xplorer GLX: In the graph menu select "Tools and Linear adaptation". Then you can read the "Growth speed" directly.

In the following text for method 2 you will find a simpler example in that you are only advised to record the rise in temperature at varying solar angles.

### Equipment

#### For method 1:

- A small solar panel (the photos show a panel from Lego, approx. area 7 x 10 cm).
- A small power resistor, e.g. approx. 5 - 10  $\Omega$ . **NB!** The resistor must be adjusted to the solar panel in order to avoid sending too much current through the sensor. As a rule of thumb you look up how many watt (W) the solar panel may be able to deliver (should be declared by the supplier) and then use a resistor with at least the same number of ohm ( $\Omega$ ).
- A stand which can hold the solar panel in place while you measure.
- Some wires with banana plugs and alligator clips if you have them.

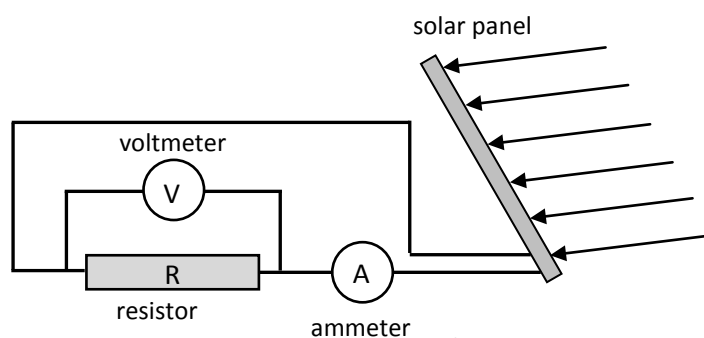
#### For method 2:

- Plastic Petri dish
- Glue, grout or other sealant to ensure that the top and bottom of the Petri dish will stay tightly sealed.
- Black tape.
- An electric drill, bit size about 2.5 mm, to drill a hole at the edge of the Petri dish to allow you to fill it with water and insert the sensor.
- A syringe with a coarse needle for filling the water.
- A stand to hold the Petri dish during the experiment

### Procedures and arrangement of the equipment

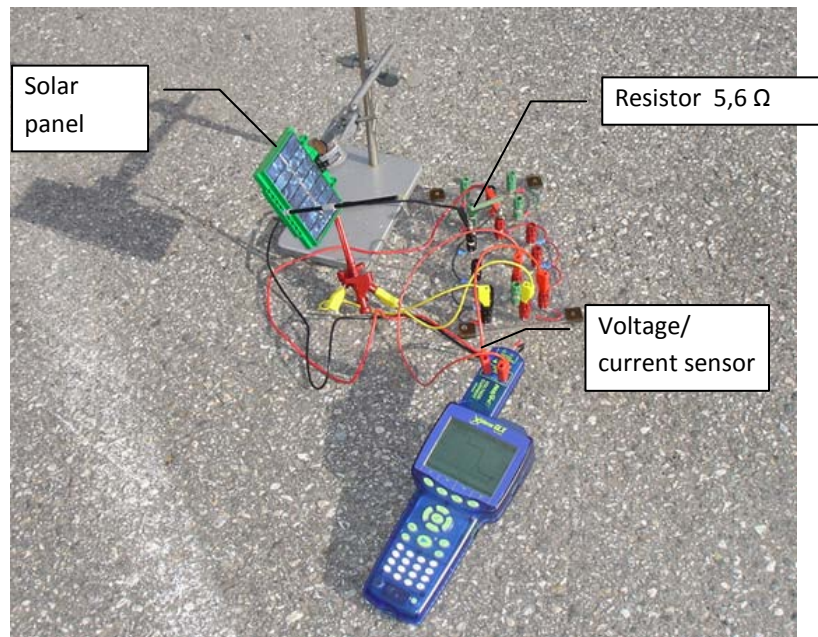
#### Method 1: Using the solar panel

Wiring diagram for the method:



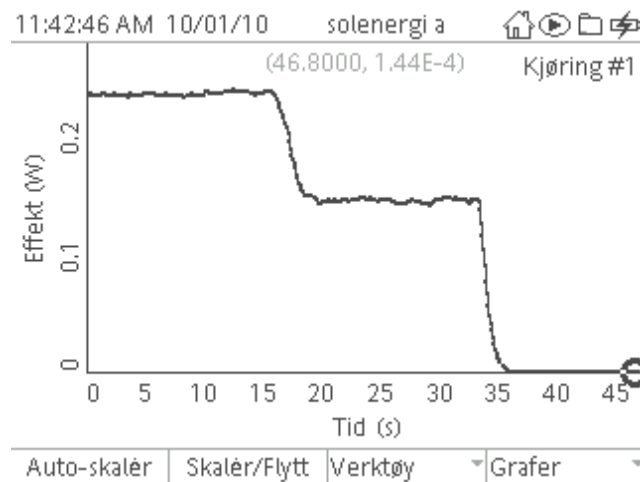
As mentioned above, you can drop the ammeter if you have information about the resistance  $R$  of the resistor. This will be useful if your data logger does not have a sensor for current.

Illustration to show the setup outside on a sunny day:



Comment: The black Lego pin sticking out by the side of the solar panel is used to adjust the panel in relation to the sun. When the pin casts no shadow the panel is optimally placed in relation to the sun. The photo makes everything look a bit overwhelming with the large link board and lots of wires, but only a small portion of the link board was in use.<sup>3</sup>

During the experiment the solar panel was placed in three arbitrary positions and left for about 15 seconds in each position. This is reflected quite accurately in the diagram below:



<sup>3</sup> You do not really need a link board. The main point is to link the items as shown in the wiring diagram.

Comment on the graph: The solar angle to the panel was first  $90^\circ$ , then about  $45^\circ$  and finally about  $0^\circ$ .  
The power measured was: 0.24 W at  $90^\circ$ , 0.15 W at about  $45^\circ$ , and 0.00 W at  $0^\circ$ .

The area of the solar panel was  $A = 62.0 \text{ cm}^2 = 0.0062 \text{ m}^2$  (length = 10.0 cm and width = 6.2 cm).

When the solar angle was  $90^\circ$ , the panel gave the following power per square m:  $P/A = 0.24 \text{ W} / 0.0062 \text{ m}^2 = \underline{38.7 \text{ W/m}^2}$ .

### How to measure the power (P) directly using the current sensor only:

In order to produce a simple power graph, we first have to define a new variable in the data logger, called power. See page 3 for the explanation of  $P = U^2/R$  (power = voltage<sup>2</sup> / resistance).

Procedure in the Pasco Xplorer GLX data logger:

1. Select the main menu (press house), then choose "Calculator".
2. In the calculator window, check that numlock is off.  
Select "Edit" and then "Numerical". This should make the  $\sqrt{\quad}$  by Numerical disappear.
3. Type the following text on the screen: *power =*
4. Press F2 ([Data]) and select "Voltage"
5. Press 'X' (sign for multiplication)
6. Press F2 and select "Voltage" again
7. Press '/' (sign for division)
8. Write 'r' (for resistance)
9. Press "Down arrow", and write the value of the resistance in the resistor used in the experiment. (You will find this value printed somewhere on the resistor, but it might be in code.)
10. Go back to Main menu (House) and proceed to Graph
11. Press F4 (Graphs) and select New graph page. This will bring the power graph into view.
12. Press  $\sqrt{\quad}$  twice and select Data properties
13. Press  $\sqrt{\quad}$  once more and select Unit of measure (with  $\sqrt{\quad}$ )
14. Now press 'w' for watt and finally 'OK'

You will now be able to read a power graph.

### Method 2: Using a flat water container to catch solar energy

How to make the water container:

In the illustration you see a plastic petri dish which is a small petri dish with a lid, normally used for growing bacteria (microbiology).

An empty Petri dish looks like this. The petri dish in the photo measures 9.1 cm (outer diameter) by 1.5 cm (height):

If the lid is much too large, you can apply some thick tape to increase the outer diameter of the inner dish. See the photo:



Then you "glue" the lid in place using some clear silicone sealant:



Comment:  
To save time it is possible to use a glue gun. This glue dries instantly.

If you use silicone sealant you need to wait about 24 hours for the silicone to be fully cured.

Using an electric drill and a thin bit, you make a small hole at the edge of the container, just big enough to introduce the temperature sensor – as shown in the next photo:



The surface which you plan to expose to the sun must be covered with black tape. If you have some metallic, shiny, tape as well, you can cover the sides with this. This will eliminate absorption of sunlight through the sides as metallic tape will reflect the sun.

Finally you mount the petri dish on a stand and fill it up with water, using a syringe with a coarse needle.



The petri dish is now ready for use.

### Examples of recordings made

The measurements recorded below are from experiments performed on a sunny day early in October in Fjørde, Norway, the outdoor temperature in the shade was about 14 °C. The experiments were performed around 3 pm and the “geographical” solar angle was only about 16°. The experiments consisted of two series of measurements in the course of 510 seconds (8.5 minutes). The starting temperature of the water was adjusted to about 14 °C (close to the ambient temperature) – in part by refrigeration and in part by placing the petri dish in the shade for a while before the experiment started.

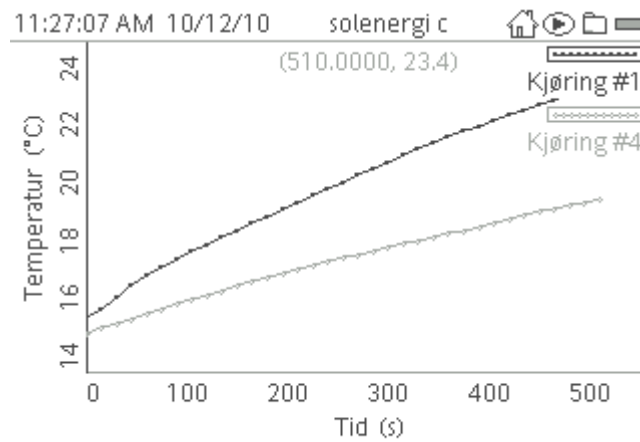
The first run (#1) with the surface of the petri dish perpendicular to the sun (solar angle 90°):



Second (successful) run (#4) with the surface of the petri dish at well under 45° to the sun:



Graphs from both the runs in the same plot:



The graphs demonstrate how the temperature in the dish increased more rapidly when the sun was perpendicular to the plane (solar angle  $90^\circ$ ) than when the sun hit the plane at an angle (solar angle below  $45^\circ$ ). With help from the tool “Linear adjustment” we learned that the temperature rose by  $0.0156 \text{ }^\circ\text{C/s}$  in the first run and only by  $0.00902 \text{ }^\circ\text{C/s}$  in the second – a very clear difference.

If you want to calculate the power ( $P$ ) absorbed in watt (W) from this experiment, you may use the formula  $P = E/t$ , in which the energy  $E$  is calculated by  $E = c \cdot m \cdot \Delta T$  (cf. more text on top of page 4!).

The mass of water which was heated can be calculated from the known measurements of the inside of the Petri dish. The diameter was  $d = 8.60 \text{ cm}$ , the height  $h = 1.15 \text{ cm}$ . Thus the volume is  $V = \Pi (d/2)^2 h = 3.14 \cdot (4.30 \text{ cm})^2 \cdot 1.15 \text{ cm} \approx 66.8 \text{ cm}^3$ . The density of water is  $1.00 \text{ g/cm}^3$ . The mass  $m = 66.8 \text{ g} = 0.0668 \text{ kg}$ .

Introducing this into the formula for calculating power (in watt):

$$P = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t} = c \cdot m \cdot \frac{\Delta T}{t} = 4.18 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) \cdot 0.0668 \text{ kg} \cdot 0.0156 \text{ }^\circ\text{C/s} = 4.355 \text{ J/s} \approx \underline{4.36 \text{ W}}$$

If you want to calculate the power per square meter, you need to know the diameter of the outer Petri dish, the one that was taped. Its diameter was  $d = 9.2 \text{ cm}$ .

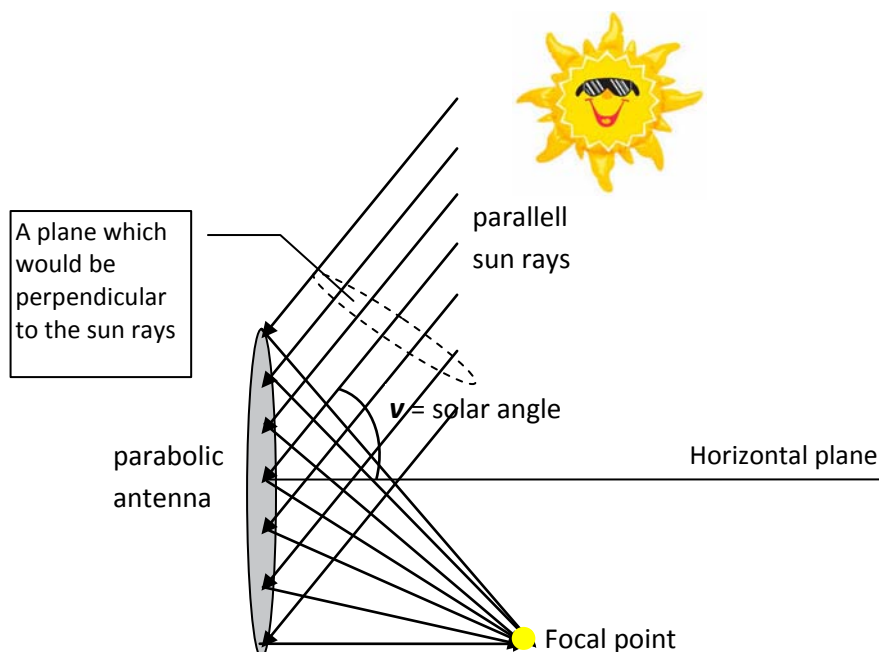
The area that absorbed the solar energy is  $A = \Pi (d/2)^2 = 3.14 \cdot (4.60 \text{ cm})^2 = 66.44 \text{ cm}^2 = 0.006644 \text{ m}^2$ .

The amount of solar power received per  $\text{m}^2$  is calculated as follows:  $P/A = 4.36 \text{ W} / 0.006644 \text{ m}^2 = 656.2 \text{ W/m}^2 \approx \underline{650 \text{ W/m}^2}$ . This is considerably more than the solar panel managed to transform into electric power, but the difference may also have other explanations. Possibly there was more haze on one day than on the other.

### Questions for discussion

#### Variations in the experiments

1. Maybe the class would like to do a bigger project and build a variety of devices to catch solar power and check out the amount of power they are able to catch. There are lots of different ideas, with and without mirrors, on the Internet.
2. Below is a photo of a girl who has covered a parabolic antenna with metallic (shiny) tape. Now she is using solar energy to “grill” sausages. Would that be an idea for your students?



## Varför saltar man på hala vägar?

### Summary in English: Melting of ice with road salt

When salt is spread on the ice on the roads, the ice melts relatively easy. This method of thawing is based on a well-known phenomenon in thermodynamics. This experiment uses two or more temperature sensors to investigate melting of ice, how to manipulate the freezing point of water and different cold mixtures.

If you prefer the experiment in English, please download the English version at our website: [www.dlis.eu](http://www.dlis.eu).

### Teori

Is (snö) smälter när den blir 0 °C. Vid smältpunkten råder jämvikten

$\text{H}_2\text{O (s)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O (l)}$ . Detta beror på att det finns vätebindningar mellan vattenmolekylerna och dessa är starka.

Då ett fast ämne tillsätts till vatten åtgår energi för att bryta de befintliga bindningarna i det fasta ämnet och bilda nya bindningar mellan vattenmolekyler och joner/molekyler. Denna energi tas från materialet (isen) och därför sänks temperaturen. Den lösning som bildas har lägre smältpunkt än rent vatten, pga att de nya bindningarna är svagare. Problemet med is på vägen har försvunnit eftersom isen smält.

Vid smältpunkten råder jämvikten

$\text{H}_2\text{O (s)} + \text{NaCl (s)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O (l)} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Fryspunkten är ett exempel på en kolligativ egenskap. Det betyder att det inte har betydelse vilken kemikalie det är frågan om, utan den avgörande faktorn i detta fall är koncentrationen av det lösta ämnet.

### Issmältning med vägsalt

Om salt sprids på is som täcker gator och trottoarer så smälter denna relativt lätt. Det sker under förutsättning att temperaturen utomhus inte är allt för låg. Denna metod att tina is grundar sig på ett välkänt fenomen inom termodynamiken nämligen fryspunktsnedsättning. Det som händer när man saltar vägarna är att saltet får isen som ligger på vägarna att smälta genom att saltet sänker isens smältpunkt.

Normalt smälter snö och is vid 0°C. Med hjälp av lite salt så går det att smälta snö på vägbanan när det är ända ned till minus 12°C beroende på hur intensiv trafiken är. Saltet "lurar" vintern och vi kan åstadkomma en snö- och isfri väg även vid minusgrader. Vägsalt som används vintertid innehåller minst 97 %

ren natriumklorid (NaCl). De resterande tre procenten är till största delen fukt och gips, (kalciumsulfat, CaSO<sub>4</sub>).

I saltet finns också mindre än en hundradels procent av natriumferrocyanid (Na<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> x 3H<sub>2</sub>O). Det finns även i vanligt bordssalt (E535) och är tillsatt för att saltet inte ska klumpa ihop. I ämnet är den annars giftiga cyanidjonen mycket stabilt bunden till järnet. Därför är ämnet ofarligt. Andra salter kan också användas för issmältning tex CaCl<sub>2</sub>.

### Korrosion

Ett problem som kan uppstå när man saltar vägarna är att bilarna rostar lättare. För att metallen på bilen ska rosta måste en *oxidation* och en *reduktion* ske. Vid reduktionen reagerar syrgas och vatten till hydroxidjoner under upptagande av elektroner. Vid oxidationen löses metallen samtidigt som det frigörs elektroner. Saltet förbättrar *ledningsförmågan* och bidrar till att hålla kvar fukt på metallen vilket gör att korrosionen underlättas. Metallen rostar också snabbare om det är varmt, så man kan därför säga att reaktionen är *temperaturberoende*.

Koksaltet som finns på vägarna består av kloridjoner, som bildar *komplex* med utlösta metaller, vilket gör att rostbildning sker snabbare. För att förhindra att bilen rostar kan man lacka metallen eller måla den med tät färg och för att skydda underredet så kan man lägga på en tät och seg massa. Man gör även försök med att sockra på vägarna. Socker består inte av joner och bidrar därför inte till korrosion.



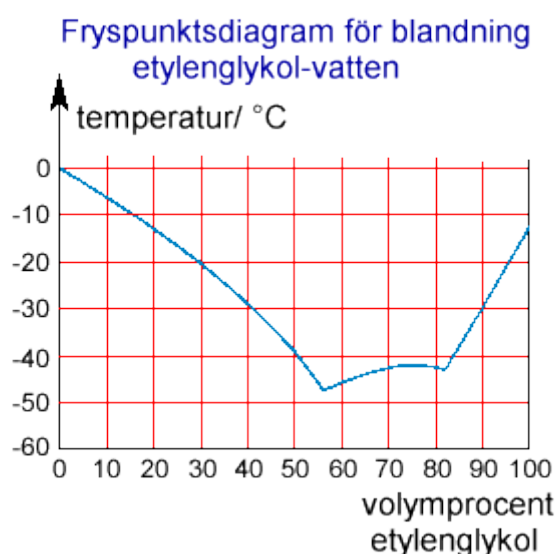
## Andra köldblandningar

### Etylenglykol Glykol

På vintern då det är kallt kan kylarvattnet *frysa* i bilen. Det som händer är att kylarvattnet *expanderar* då det blir is och ledningar fryser sönder. För att minska risken att kylarvattnet i bilmotorn fryser på vintern tillsätter man etylenglykol (vardagsbenämning "glykol", formel  $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ ). Ämnet *löser* sig lätt i vatten eftersom det kan *bilda vätebindningar med vattenmolekylerna*. Tillsatsen av etylenglykol innebär att *frysunkten* för kylarvattnet sjunker. Ju mer etylenglykol man blandar i vattnet desto mer sänker man kylarvattnets frysunkt. Om det ändå blir så kallt att det fryser bildas i stället för is en trögflytande sörja av iskristaller i glykol-vattenlösning (ett *tvåfasssystem*). Sörjan bildar inga proppar i ledningen och ger därför ingen sprängkraft.

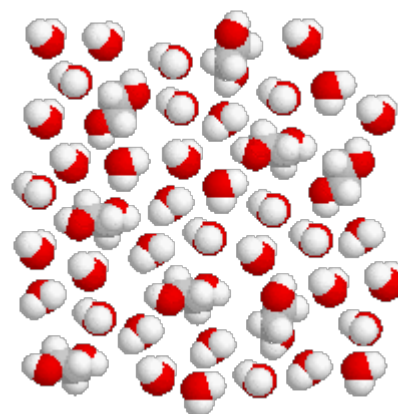
### Glykol och vatten i blandning

Ren glykol har lägre frysunkt än vatten trots att det är vätebindningar mellan glykolmolekylerna. Det beror på att molekylerna packas sämre runt varandra jämfört med rent vatten. Därför är vätebindningarna ej är lika starka som när rent vatten fryser till is och molekylerna ordnas i ett regelbundet mönster.



Vatten och glykol har hög löslighet i varandra p g a att de har vätebindningar mellan sig, men frysunkten sänks eftersom de packas så dåligt runt varandra. Vattenmolekylerna hindras att arrangera sig i sitt regelbundna, utspridda mönster. Med andra ord agerar hydroxylgruppen i glykol som smörjmedel för vattenmolekylen i blandningen. Ju mer glykol desto sämre packas molekylerna runt varandra och desto lägre blir frysunkten.

Vatten fryser vid  $0,0\text{ }^\circ\text{C}$  och ren glykol vid  $-13\text{ }^\circ\text{C}$ . Blandningen dem emellan medför frysunktssänkning enligt Raoult's lag. Denna lag säger att en lösnings frysunkt blir lägre än lösningsmedlets. Det omvända gäller för kokpunktshöjning.



### Glycerol

Insekter som lever i de arktiska zonerna producerar stora mängder glycerol ( $\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_2\text{OH}$ ), som är ett ämne som liknar etylenglykol. Detta gäller bland annat vår vanliga husfluga. Effekten är att frysunkten för blodet sjunker och insekten kan överleva vid mycket låga temperaturer

### Teknisk information

Detta försök utnyttjar två temperatursensorer, och eftersom det inte finns fler ingångar än så kan man låta olika grupper testa med olika tillsatser, alternativt olika mängder tillsatser.

## Utrustning

- Datalogger med 2 temperatursensorer
- Bägare
- Olika salter, tex NaCl, CaCl<sub>2</sub>, socker, etanol, glykol, glycerol
- Is och gärna en Ice-slusher, för att finfördela isen.

## Uppställning och utförande

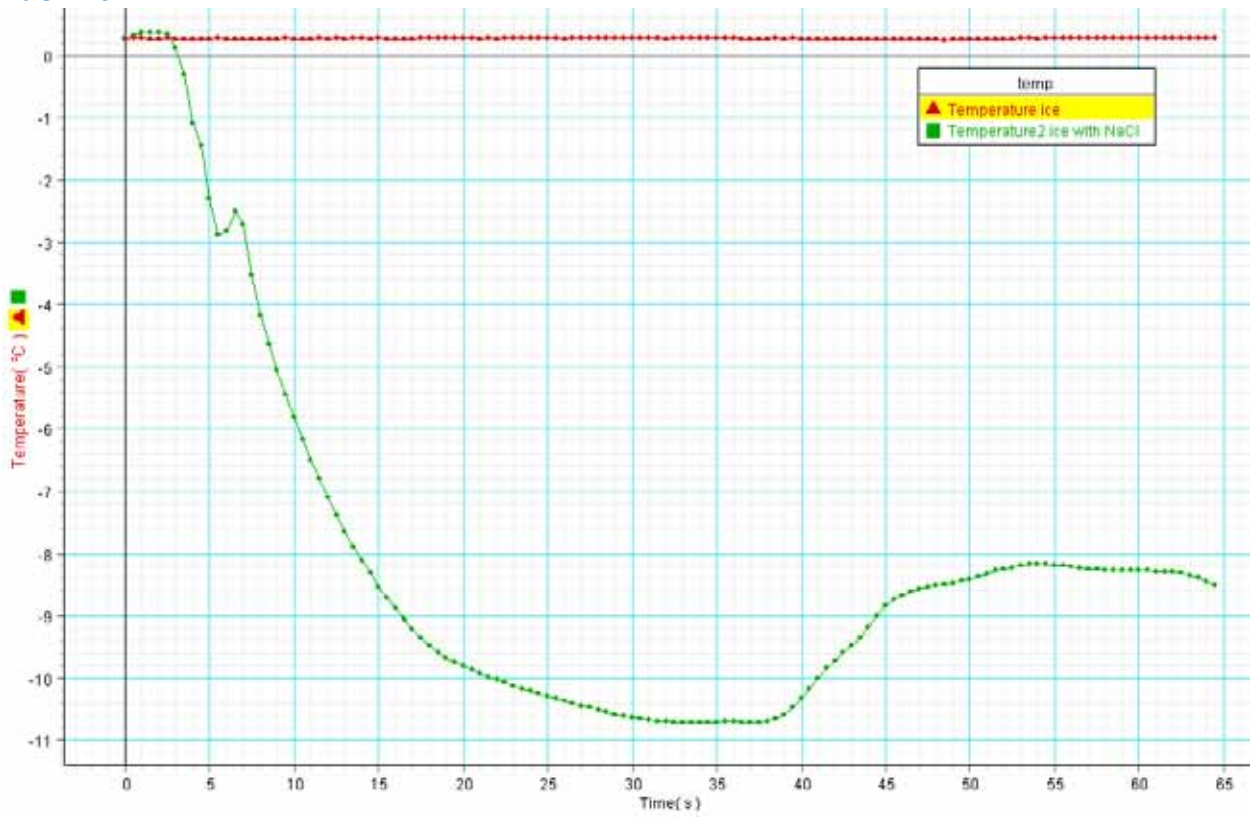
Försöket är lämpligt att genomföra som elevorienterat försök med två frihetsgrader, dvs eleverna få själv komma på vilka ämnen som ska undersökas samt hur undersökningen ska utföras. (med ett referensförsök). Uppställningen kräver bara två bägare med is och temperatursensor samt datalogger.



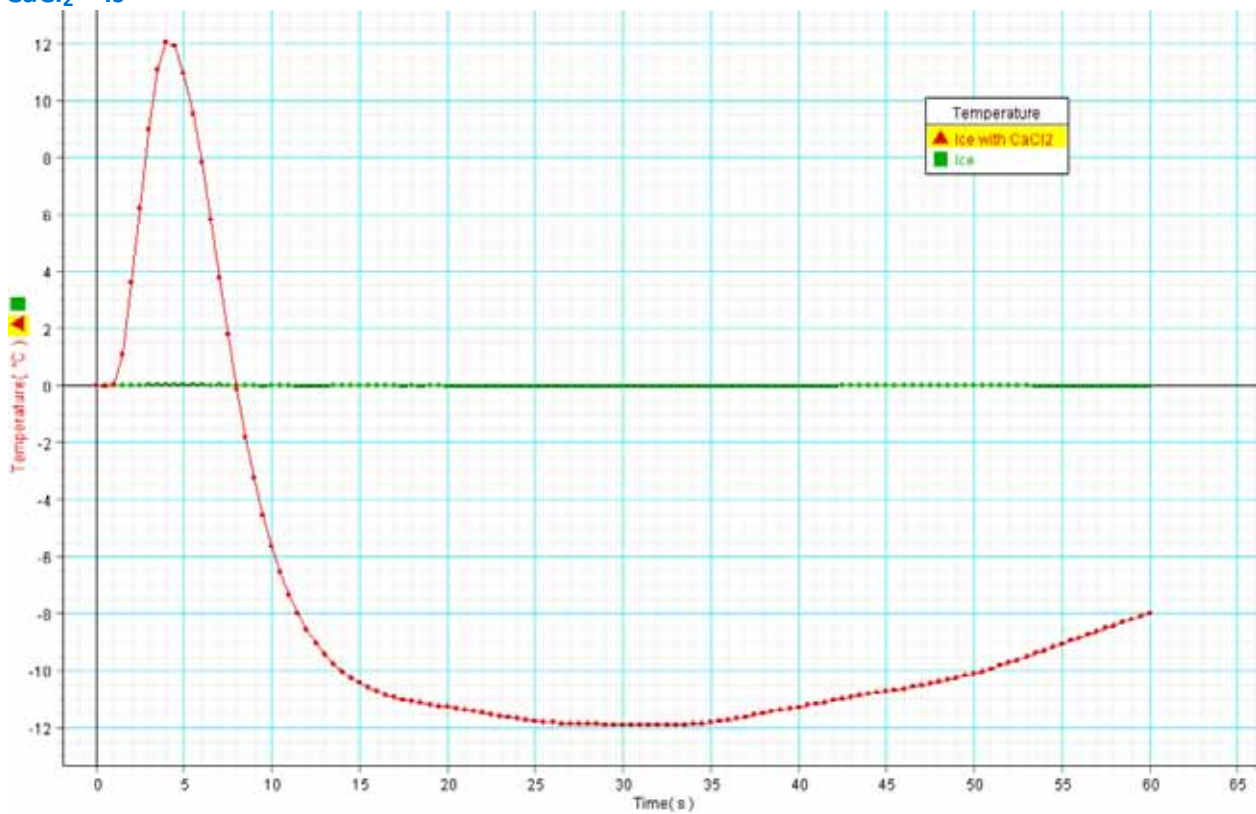
## Diskussionsfrågor

- Vilket ämne sänker temperaturen långsammast?
- Vilket ämne ger minst temperatursänkning?
- Varför ökar temperaturen på den rena isen under försökets gång?
- Varför ökar temperaturen efter ett tag, tex efter 40s med NaCl?
- Ge argument för och emot för att socker respektive salt ska användas vid halkbekämpning.
- Hur tror du att djur kan överleva i arktiska förhållanden, blodet är ju en vattenlösning?
- Hur tar man bort is från flygplansvingar? För/nackdelar.

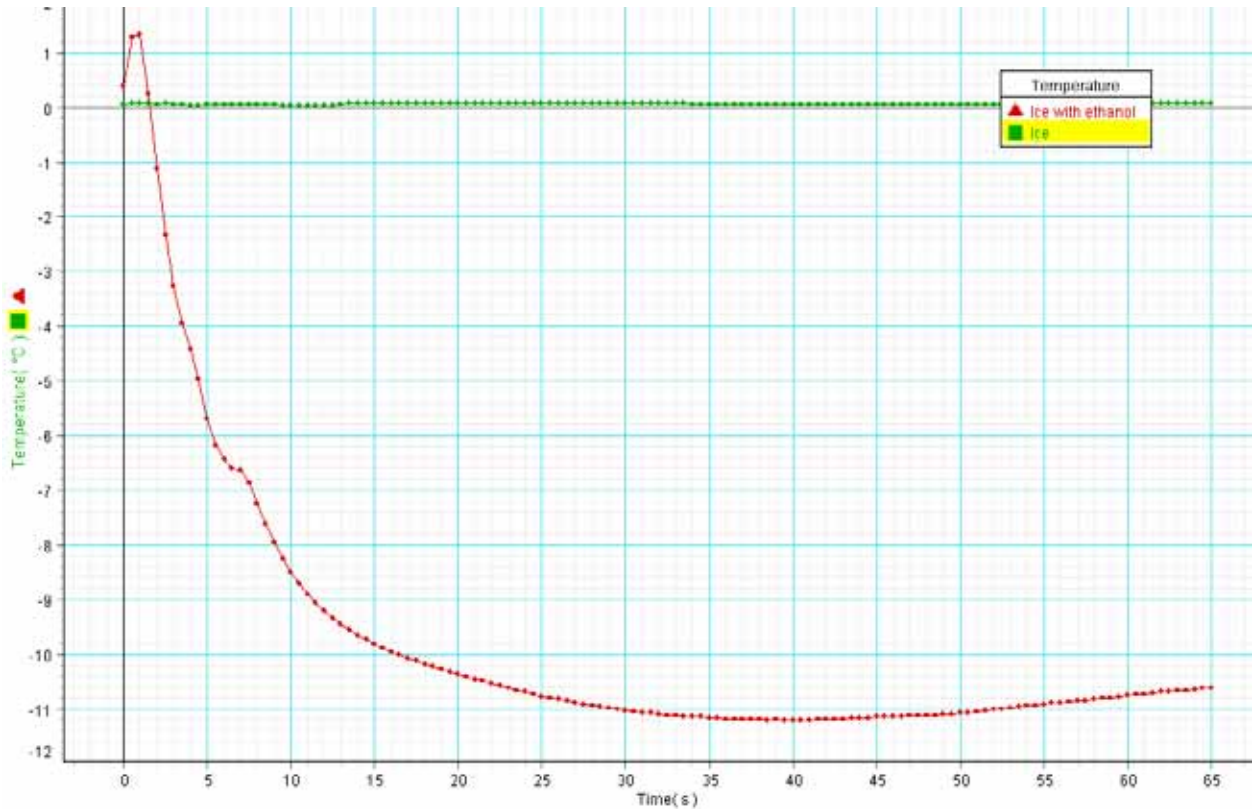
Eksempler på resultater  
NaCl – is



CaCl<sub>2</sub> – is



Etanol – is



Socker – is



4.

### Variationer

Förutom ovanstående försök, kan eleverna själv föreslå ämnen, men även glykol och glycerol kan undersökas.

- Man kan undersöka vad som händer då olika stora mängder tillsätts av ett och samma ämne tex glykol av olika koncentration: rent vatten, ren glykol, 50% av vardera, 30%glykol-70%vatten, samt 10% glykol-90% vatten. Då behövs en frysa som är minst -25 °C.
- Islyftstävling -Lägg en bomullstråd på en isbit, och försök lyfta isbiten med tråden.(Tips: Häll salt på tråden) Förklaring: När salt strös på isbiten löser sig en del salt i det vattenskikt som finns ovanpå. Denna lösningsprocess, en *spontan endoterm process*, stjälar värme från omgivningen, dvs det går åt värme för att lösa upp saltet i vattnet. Värmen tas bl a från vattenskiktet ovanpå isbiten som då fryser till is. På detta sätt fryser tråden fast och man kan lyfta upp isbiten med tråden.
- Hur gjorde man glass före frysens tid? (Is fanns att tillgå) Häll lite juice i en istärningspåse och lägg ner den i en köldblandning.

### Risakanalys

Glykol (etylenglykol) är giftigt! Glykolen får absolut ej förtäras eftersom den är mycket giftig! Livshotande förgiftning kan uppstå. Den är mycket skadlig för nervsystemet och njurarna. Undvik även inandning av glykolångor i stängda utrymmen.

Överbliven glykol samlas upp i plastflaskor eller dunk och lämnas in på miljöstationer, t ex OK-bensinstationer.



### Miljö

Propylenglykol är ett miljövänligt alternativ till etylenglykol med minst lika goda anti-frysegenskaper. Det får ingå i lösningsmedel som märks med *Bra miljöval*. Propylenglykol används till och med som sötningsmedel i livsmedel. Ren propylenglykol har låg giftighet, men den propylenglykol man köper på bensinmacken innehåller korrosionshämmande medel som är giftiga.

I början av 80-talet användes 1000 ton glykol per år för avisning av flygplan. Genom återvinning av spillet har man nu kommit ner till drygt 90 ton per år. Inverkan på mark och vatten är därför inte längre ett stort miljöproblem. Man har dessutom övergått till den miljövänliga propylenglykolen.

# Xplorer GLX Manual

Side 1: GLX'ens opbygning

Side 4: Filer

Side 7: Opkobling til pc'er

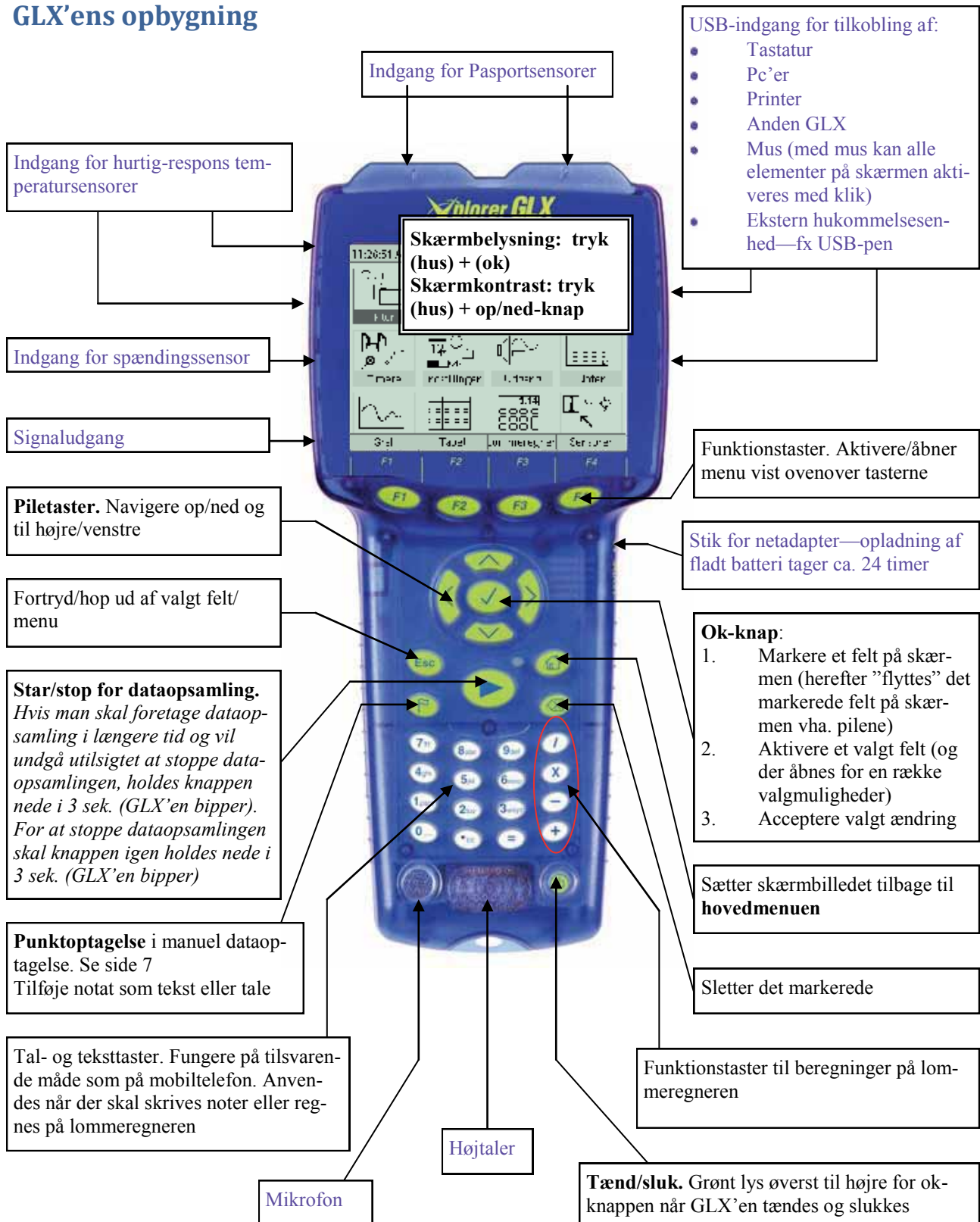
Side 2: Opsamling af data

Side 5: Graf

Side 3: Hovedmenu

Side 6: Indstillinger &amp; Sensorer


## GLX'ens opbygning




## Opsamling af data



Inden du går i gang med dataopsamlingen, skal du sørge for at GLX'en er fuldt opladet. Batteriet løber desværre hurtigt tom for strøm. Hvis du har mulighed for det, bør du tilslutte GLX'en netadapteren under dataopsamlingen.


1. **Tænd for GLX'en :** Tryk på 
2. **Forbind sensorer til GLX'en:** Temperatur-sensorer og spændings-sensorer sættes til indgange på siden af GLX'en og PASPORT-sensorer til indgange i toppen af GLX'en (*GLX'en registrerer automatisk, hvilke sensorer der er tilsluttet*).


Skærmen viser automatisk "Graf". Hvis du trykker på  går du til "Hovedmenuen" (se side 3). Hvis du vælger "cifre" kan du se hvad de tilsluttede sensorer måler - også før du sætter GLX'en til at opsamle data (se side 6).

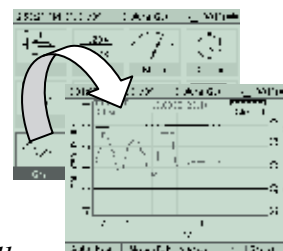


3. **Start dataopsamling:** Tryk på  Læg mærke til at ikonet øverst til højre ændres når dataopsamlingen er i gang (se side 3).


NB: Hvis du vil undgå uforvarende at komme til at afbryde dataopsamlingen holdes  nede i 3 sekunder indtil GLX'en bipper. Dette betyder, at du også skal holde  nede i 3 sek. når dataopsamlingen skal afbrydes - GLX'en bipper når afbrydelsen har fundet sted.

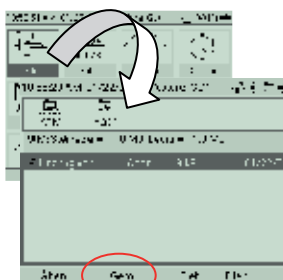
Hvis du i stedet vil foretage punktoptagelser, benyttes  - efter at GLX'en er blevet indstillet til dette. Se side 7.

Under dataopsamlingen vil man ofte vælge at se målingerne i en grafisk fremstilling. Hvis du ikke allerede er i "Graf", så tryk på  og vælg "Graf" (se side 3). Selvom man kun kan følge max 2 grafer ad gangen, vil GLX'en opsamle data fra alle tilkoblede sensorer. Du kan vælge, mellem hvilke dataopsamlinger grafen skal vise (se side 5)



4. **Stop dataopsamling:** Tryk på 

5. **Gem dataopsamlingen:** Gå tilbage til hovedmenuen og vælg "Filer" (se side 3). Dataopsamlingen står angivet som "Unavngiven". Det er en god idé at ændre filnavnet til et navn, der senere kan genkendes (se side 4). Filen gemmes herefter ved at trykke på 






Oftentimes vil man starte og afslutte dataopsamlingen flere gange, før man vælger at gemme. Disse dataopsamlinger vil blive betegnet som "kørsel 1", "kørsel 2", "kørsel 3" osv. Når du efterfølgende gemmer, vil alle disse kørsler blive gemt i samme fil. Det vil derfor være en god idé, at 1) slette de kørsler, man ikke senere har brug for og 2) ændre navnene på de resterende kørsler, til noget man senere kan genkende, inden man gemmer sin fil (se side 5)

6. **Flyt data over til computer:**

- Du kan flytte data vha. en USB-pen (se side 4).
- Du kan flytte data ved at koble GLX'en direkte til computeren vha.USB-computerkablet (se side 7).

På computeren kan du arbejde videre med de opsamlede data i programmet *Datastudio*.

## Hovedmenu

Du åbner hovedmenuen ved at trykke på . Fra hovedmenuen kan du nå frem til GLXens 12 undermenuer. Aktivér undermenuerne ved hjælp af piletasterne og tryk  for at vælge den aktiverede undermenu. Hvis man tilkobler mus til GLX'en kan man klikke direkte på skærmen. 

**Navn på GLX**  
Navnet kan ændres i "Indstillinger" - se side 8. God idé hvis man har flere GLX'er på skolen

**Ikoner**  
(hus): Hvis du har sat en mus til GLX'en, kan du ved museklik hoppe frem til hovedmenuen (pil): Hvis du har sat en mus til GLX'en kan du ved museklik sætte datafangst i gang. Er dataopsamling sat i gang, vil ikonet ændres til et ur, hvor viseren drejer rundt. (mappe): Indikerer, hvor meget plads der i hukommelsen. (batteri): Indikerer, hvor meget strøm der er på batteriet. Hvis der er et lyn hen over batteriet er opladningen i gang.

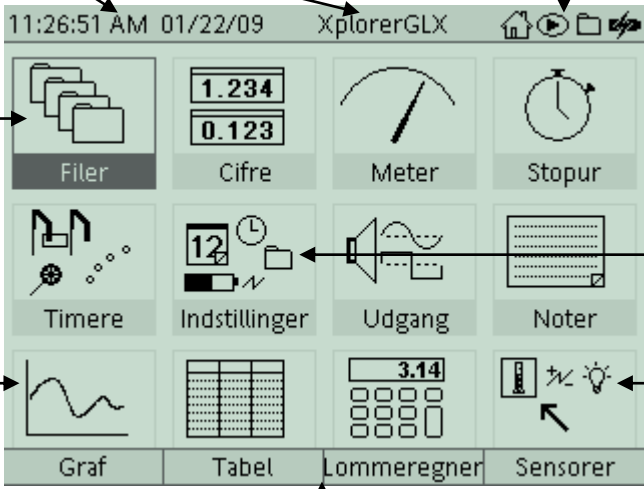
**Angivelse af tid og dato.**  
Kan indstilles i "Indstillinger". Når GLX'en kobles til pc'er indstilles tid og dato automatisk


**Indstillinger**  
Se mere på side 6

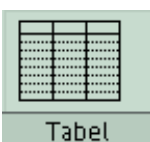
**Filer**  
Se mere på side 4

**Sensorer**  
Se mere på side 6

**Graf**  
Se mere på side 5



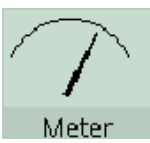
**Nederste bjælke:** beskriver de undermenuer, som kan aktiveres af funktionstasterne 



**Tabel:** Lige som opsamlede data kan vises som graf, kan de også vises i en tabel. Der er mulighed for at vise tabel med op til 4 kolonner, dvs. at der kan vises data fra 4 sensorer på én gang (obs: det kan være svært at overskue de mange tal, der optræder i en tabel)



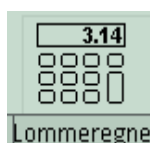
**Cifre:** Her vises kun den øjeblikkelige måling, som angives med cifre. Der er mulighed for at vise op til 6 datafelter, dvs. at der kan vises data fra 6 sensorer på én gang. Her vil målingerne fra de tilkoblede sensorer vises, uafhængig af om der er sat en dataopsamling i gang.








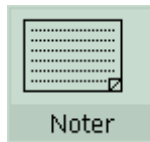
**Meter:** Her vises kun den øjeblikkelige måling, som angives med viser. Kan kun vise målinger fra én sensor ad gangen. Vil typisk anvendes hvis GLX'en udelukkende anvendes som måleinstrument og ikke opsamler data. Fx hvis GLX'en - med tilkoblet spændingssensor - anvendes som et voltmeter.



**Stopur:** Med start, stop og nulstilling af tiden.



**Lommeregner:** Brug nummertaster, funktionstaster  tryk på  og resultatet vil fremkomme. Fx 8  2  5  20



**Noter:** Til at skrive notater. Notaterne gemmes i den fil som er åbnet. Notatet kan også skrives ud, hvis der er koblet en printer til GLX'en



**Udgang:** Her kan der foretages indstillinger af højttaler og funktionsgenerator



**Timere:** Her kan forskellige former for timer-funktioner indstilles





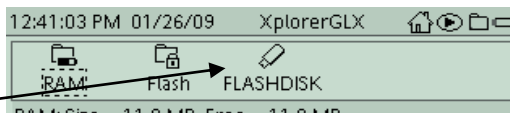
## Filer

Herfra kan du

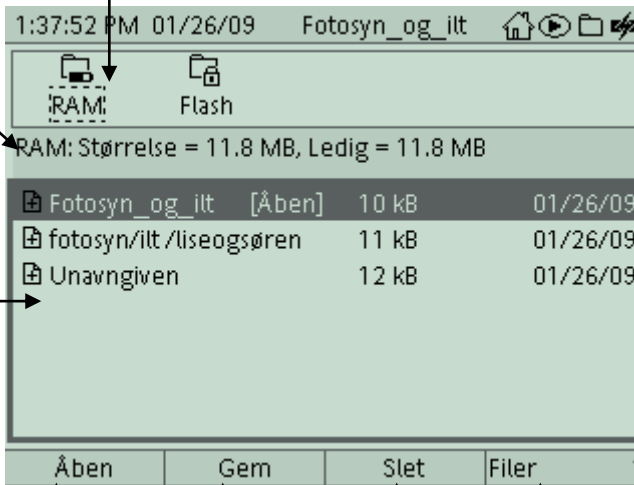
- Gemme opsamlet data som en fil.
- Åbne en fil med tidligere opsamlet datasæt
- Flytte filer til anden GLX eller hukommelsesenhed, som er koblet til USB-porten
- Slette filer, du ikke længere har brug for, på GLX'en




Skal der flyttes filer til computeren, styres dette fra computeren. Se side 7

Det øverste felt viser mappestrukturen. GLX'en er "født" med 2 mapper: RAM og Flash. Filer vil automatisk blive gemt i RAM. Hvis du har filer, du vil gemme i lang tid, bør du flytte disse til Flash. Du bevæger dig mellem de to mapper vha. (højre pil ) og (venstre pil ). Hvis du har tilkoblet en ekstern hukommelsesenhed (fx en USB-pen), vil denne også vises som en mappe i dette felt.



Angiver, hvor meget plads der er tilbage i RAM (max 12 MB). Hvis du markerer mappen Flash, angives hvor meget plads der er tilbage i denne (max 3 MB)



Det nederste felt viser de filer (dataopsamlinger), der er i den markerede mappe (i dette tilfælde RAM) Du bevæger dig mellem filerne vha. (pil op ) og (pil ned )  
En ny fil angives automatisk som "Unavngiven". Hvis du trykker på højre pil (), vil du få flere informationer om den markerede fil, fx:

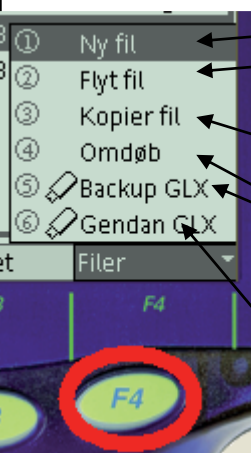


**F1** : Åbner den markerede fil

**F2** : Gemmer nyindsamlet data. Gå ind i Filer **F4** hvis du vil ændre filnavnet

**F3** : Sletter den markerede fil (eller kørsel vis du har markeret en kørsel)

**F4** : Fil-menuen vil variere en smule, afhængig af hvad der er markeret (mappe, fil eller kørsel). Her er fil-menuen vist, hvor en fil (en dataopsamling) er markeret:



1. Opret en ny fil, så nye dataopsamlinger gemmes her.
2. Flyt filen til anden mappe (fx Flash eller USB-pen) Marker i mappefeltet hvor filen skal flyttes hen *I dette tilfælde flyttes den til USB-pen*
3. Tag en kopi af filen. Også her skal angives i hvilken mappe, den kopierede fil skal placeres.
4. Omdøb filen. NB: Brug et sigende filnavn, så du senere kan genkende hvilke dataopsamlinger, filen indeholder.



- 5 og 6 fremkommer kun hvis der er koblet en ekstern hukommelsesenhed til GLX'en
5. Gemmer RAM-mappen og Flash-mappen på den eksterne hukommelsesenhed
6. Overfør gemt RAM- og Flash-mappe fra ekstern hukommelsesenhed til GLX'en NB: ved denne handling overskrives RAM- og Flash-mappen på GLX'en, og de filer, der måtte ligge på GLX'en i forvejen, bliver slettet

## Graf

Når du sætter dataopsamlingen i gang, vil GLX'en automatisk vise opsamling som en graf. Selvom der anvendes flere sensorer i forbindelse med dataopsamlingen, kan der maksimalt vises to grafer ad gangen.

Tallene i parentes angiver koordinaterne for den lille cirkel (datacursor) på kurven

Angiver hvilke kurver der er afbilledet i grafen. I dette tilfælde kørsel 1 og 4. Andre kurver kan afbildes i stedet ved at trykke på og det markerede område på skærmen flyttes frem til "Kørsel 1" eller "Kørsel 4". Tryk igen og vælg en anden kørsel som skal vises i stedet

Endring af navn på de enkelte kørsler.

Slet kørsler der ikke skal bruges senere  
*NB: man mister hurtigt overblikket, hvis der ligger for mange kørsler.*

Hvis alle kørsler ikke skal bruges, slettes alle her

Den lille cirkel (datacursor) vil automatisk angive sidste dataopsamling. Du kan dog flytte cirklen frem og tilbage på grafen ved hjælp af venstre- og højrepilen. Cirklen flyttes til anden graf ved hjælp af op- og nedpilen. Cirklen vil angive de nøjagtige koordinater (og dermed målinger) på grafen – vist i parentes øverst.

**F1** : Skalærer automatisk

**F2** : Manuel skalering  
Tryk én gang på F2: skalerer y-aksen med (op-pil) og (ned-pil), skalerer x-aksen med (venstre-pil) og (højre-pil)  
Næste tryk på F2: flytter grafen med pilene

**F3** : Indeholder forskellige værktøjer:

- ① Trådkors
- ② Deltaværktøj
- ③ Hældningsberegning
- ④ Statistik
- ⑤ Lineær tilpasning
- ⑥ Arealberegning
- ⑦ Afledte
- ⑧ Startpunkt
- ⑨ Zoom
- Coordinate Marker
- Toggle Active Data

**F4** : Indstilling af graf

- ① Data cursor
- ② Forbundne linjer
- ③ Oscilloskop
- ④ To målinger
- ⑤ To kørsler
- ⑥ To grafer
- ⑦ Ny graf
- ⑧ Print
- ⑨ Print alt
- Slet graf
- Graf 1

Til- eller fravælger datacursor

Til- eller fravælger forbundne linjer

Hvis GLX'en skal anvendes som oscilloskop

Viser to målinger (fx lys og ilt) fra samme dataopsamling.

Vis to kørsler fra forskellige dataopsamling i samme graf. Fx temperaturstigning målt i uisolert beholder og temperaturstigning målt i isoleret beholder

Viser de to grafer i to koordinatsystemer

Danner en ny grafopsætning

Hvis GLX'en er koblet til printer kan den viste graf udskrives

Udskriver alle grafer

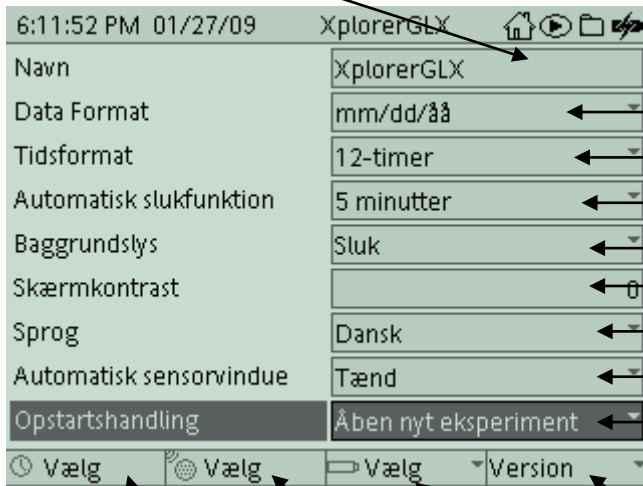
Sletter den viste graf

Vælg hvilken grafopsætning som skal vises. Det fede V angiver at der er flere opsætninger længere nede—der skal scrolles

## Indstillinger

Her indstiller du GLX'ens opsætning

Her kan du ændre på navnet på GLX'en. Det kan være en rigtig god idé - hvis man har flere GLX'er på skolen - at give hver GLX sit eget navn. Fx GLX 1, GLX 2 osv



Her kan du ændre på måden at sætte datoen på: måned/dag/år, dag/måned/år eller

Her kan indstille tidsformatet til 12 eller 24 timer

Her indstiller du, hvor lang tid GLX'en skal stå uaktiveret, før maskinen automatisk slukker

Indstilling af skærmbelysning—hvordan den tændes og om den skal slukkes automatisk

Her indstiller du skærmkontrasten

Her indstiller du sproget, som fremtræder på skærmen. GLX'en er fra start sat til engelsk

GLX'en er automatisk sat op til at starte grafvisningen, hvis der tilkobles en sensor. Denne funktion kan slås fra her

Her indstiller du, om GLX'en skal åbne med de sidst opsamlede datasæt, eller om den skal åbne klar til ny dataopsamling

**F1**: Manuel indstilling af tid. NB: Tiden indstilles automatisk hver gang GLX'en kobles til pc'er.

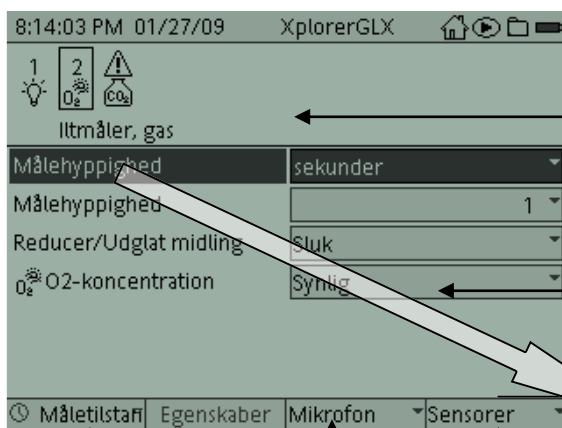
**F3**: Afbryd batteri

**F2**: Indstilling af mikrofon og højttaler

**F4**: Angiver hvilke versioner af software der er installeret på GLX'en

## Sensorer

Her kan du hente informationer om de sensorer, der er koblet til GLX'en og indstille sensorernes dataopsamling. GLX'en vil normalt selv registrere, hvilke sensorer der er koblet til. Ligeledes kan du her vælge, om der skal foretages en automatisk, kontinuerlig dataopsamling, eller om der skal foretages en manuel punktopsamling.

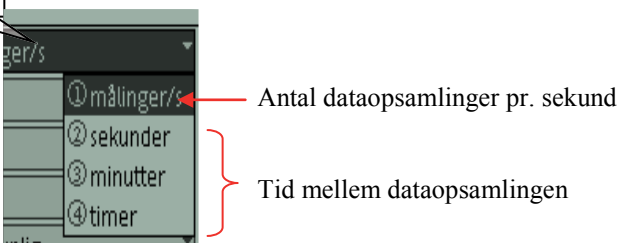


Feltet her viser hvilke sensorer, der kan indstilles - i dette tilfælde 3 stk. Det er ilt/gas-sensoren som er markeret—vises ved kassen om ikonet og angivelse af sensorens navn. CO<sub>2</sub>-sensoren er tilføjet manuelt, men GLX'en kan ikke registrere den - derfor udråbstegnet i trekanten

Feltet her viser indstillingen for den markerede sensor. GLX'en har en automatisk indstilling for hver sensor—du kan her manuelt ændre på denne indstilling

**F1**: Her vælger du, om der skal foretages en kontinuerlig dataopsamling eller manuel punktoptagelse.

**F3**: Her kan du tilføje GLX'ens indbyggede mikrofon som sensor og evt. efterfølgende ændre på dens indstilling



**F4**: Her kan du manuelt tilføje og fjerne sensorer. Du kan også kalibrere de tilkoblede sensorer her - se mere i Users' Guide.

## Opkobling til pc'er

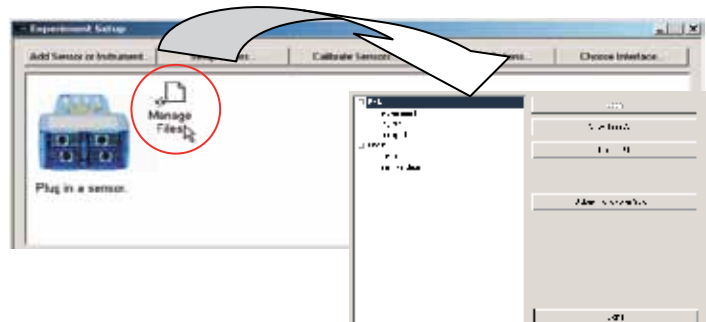
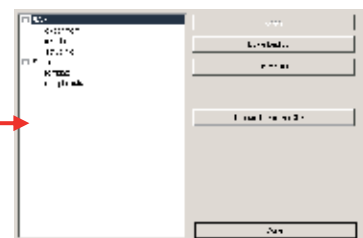
GLX'en kan kobles til computeren hvis der skal flyttes filer, hvis der skal opsamles data (gennem GLX'ens indgange) med brug af DataStudio eller hvis GLX'en skal opdateres. (OBS: Hvis du opdaterer GLX'en, bliver alle gemte datafiler på GLX'en slettet)

1. Tænd computer og GLX. (Computeren skal have installeret programmet DataStudio)
2. Når du kobler GLX'en til computeren, skal du anvende USB-computerkablet.
3. Det lille stik sættes i GLX'en og det store stik sættes i computeren.
4. Når GLX'en er tilkoblet, vil DataStudio automatisk åbne på computeren, hvis:
  - der er nye filer (dataopsamlinger) gemt på GLX'en
  - hvis der er koblet sensorer til GLX'en



### 1. Overførelse af filer

- Hvis der er nye filer på GLX'en, vil "File manager"-dialogboksen normalt automatisk åbne. Og du kan vælge den fil du ønsker at overføre.
- Du kan også selv aktivere dialogboksen:
  - Klik på "Opsætning"
  - Dialogboksen "opsætning" åbnes og her angives det at GLX'en er tilkoblet.
  - Ved siden af billedet af GLX'en er et ikon "Manage files". Klik på denne og "file manager"-dialogboksen åbnes
  - Angiv hvilken fil du ønsker at åbne.



Open

Kan aktiveres hvis en fil er valgt. Når du klikker "Åben" vil din valgte fil oversættes og blive åbnet i Datastudio.

Delete



Sletter de valgte filer i GLX'en

Download To Computer...

Henter kopi af filen fra GLX'en til en mappe på computeren

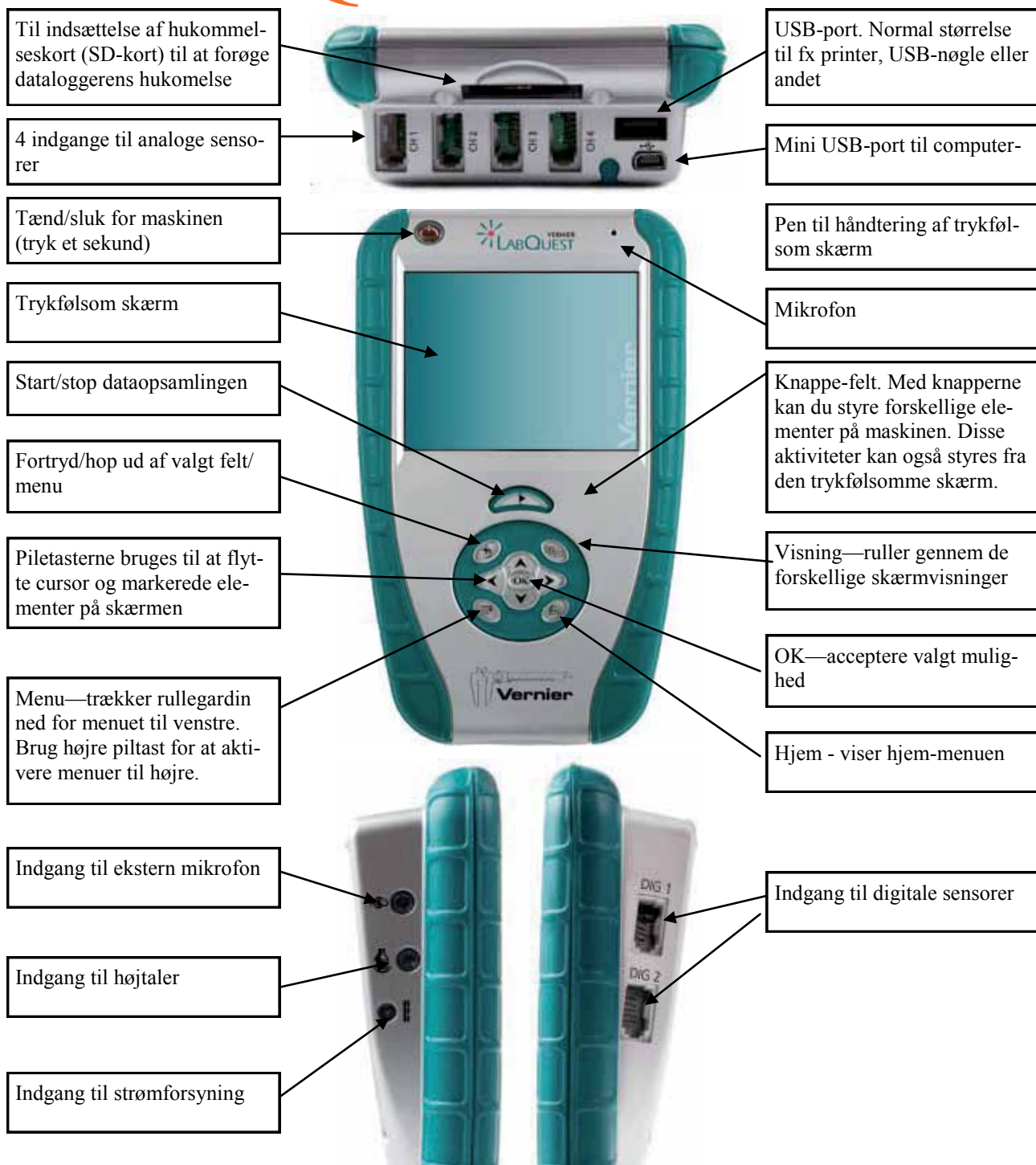
### 2. Dataopsamling

Når du har koblet GLX'en til din computer, vil sensor-opsætning og dataopsamling blive kontrolleret fra DataStudio. GLX'en vil operere i DataStudio-mode. Det betyder, at GLX'en kun fungerer som bindeled mellem sensorer og computer.

I denne tilstand er der kun to knapper på GLX'en som er aktive:  og . Du kan altså selv vælge om du vil trykke på (start) på GLX'en eller start/sluk-knappen i øverste bjælke i DataStudio.



# LabQuest Manual



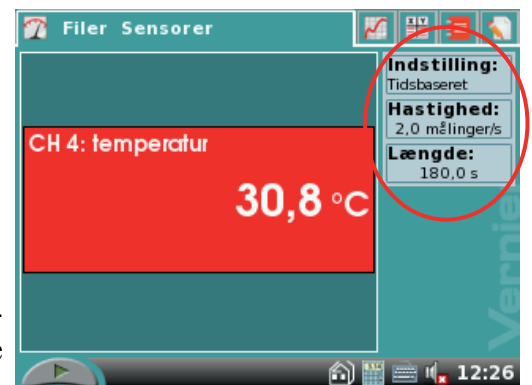
<b>Indhold:</b>	<b>Side 3</b> Skærmopbygning	<b>Side 6</b> Hus
<b>Side 1</b> LabQuest opbygning	<b>Side 4</b> Metervisning	<b>Side 7</b> LabQuest og computer
<b>Side 2</b> Opsamling af data	<b>Side 5</b> Grafvisning	

# Opsamling af data

Inden du går i gang med dataopsamlingen, skal du sørge for at LabQuest'en er fuldt opladet. Batteriet løber desværre hurtigt tomt for strøm. Hvis du har mulighed for det, bør du tilslutte strømforsyningen til LabQuest'en under dataopsamlingen.

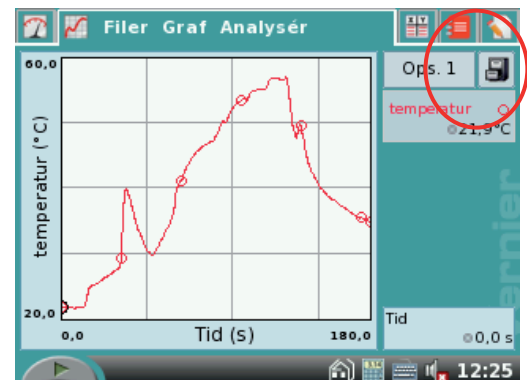
1. **Tænd for Dataloggeren :** Tryk på tænd/sluk-knappen (et sekund)
2. **Forbind sensorer til Dataloggeren:** Analoge sensorer (de fleste typer) isættes i toppen. Digitale sensorer (fx bevægelsessensorer, dråbetæller og andre) isættes i højre side.  
(LabQuest'en registrerer automatisk, hvilke sensorer der er tilsluttet).

3. **Indstilling af dataopsamlingen:** I meter-visningen vises "live-målinger" fra sensorerne. Til højre på skærbilledet angives indstillinger for dataopsamling. Ved at trykke på dette felt åbnes en dialogboks, hvor indstillingerne kan ændres (se mere på side 4)

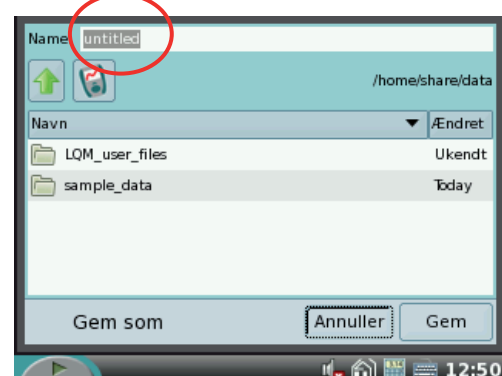
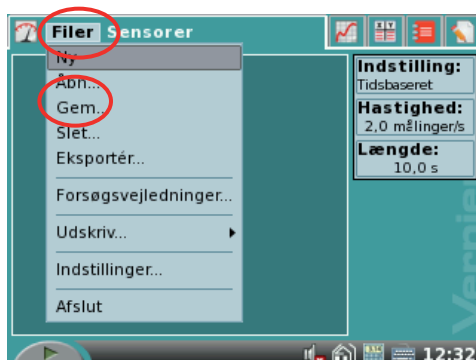


3. **Start dataopsamling:** Tryk på dataopsamlings-knappen på skærmen eller i knap-feltet midt på dataloggeren. Skærbilledet hopper herefter automatisk over i grafvisning. Læg mærke til at dataopsamlingen benævnes "Ops 1" (eller "Run 1" hvis maskinen er opsat til engelsk)
4. **Stop dataopsamling:** Tryk igen på dataopsamlings-knappen (på skærmen eller i knap-feltet) eller lad dataopsamlingen køre færdig i forhold til den opsamlings-tid, du har angivet i indstillinger for dataopsamling—i så fald stopper dataopsamlingen automatisk.

5. **Ny dataopsamling:** Hvis du vil foretage en ny dataopsamling - og vil bibeholde den foregående - tryk på arkivskabet, så oprettes en ny opsamling = "Ops 2" (Den foregående er benævnt "Ops 1")



6. **Gem dataopsamlingen:** Tryk på "Filer" i øverste bjælke og vælg "Gem som". Dataopsamlingen står angivet som "Untitled". Når du markerer feltet med filnavnet, åbnes tastaturet og du kan angive et nyt filnavn.



# Skærmopbygning

I øverste bjælke kan vælges mellem fem forskellige skærmvisninger:  
**Meter-visning**  
**Graf-visning**  
**Tabelvisning**

**Forsøgsvejledninger**  
**Noter**  
*De to nederste visninger beskrives ikke mere i denne manual*

Alle visninger har en række menuer. Menuen "Filer" går igen i alle skærmvisninger

**Filer**

Ny dataopsamling—"nulstiller" alle ændringer og nye indstillinger til default  
**Åbn** en gemt dataopsamling  
**Gem** dataopsamling  
**Slet** dataopsamlingen  
**Eksporter** dataopsamling som tekstfil, som indeholder tabel med alle opsamlede værdier  
**Forsøgsvejledninger** kan åbnes, hvis der er gemt nogle af disse  
**Udskriv** hvis dataloggeren er koblet til printer. Vælg hvilken af skærmvisningerne der skal

Tidsangivelse - kan indstilles ved at trykke på feltet

**KLIK**

Når der gemmes (eller åbnes filer) kan dette gøres på dataloggeren eller på hukommelseskort / usb-nøgle hvis disse er sat til dataloggeren

Start/slut dataopsamling

Regulering af lydniveau

Tastatur

Lommeregner

Hus-menu: Indeholder en række værktøjer og indstillingsmuligheder

Filnavn ændres ved at marker feltet og der dukker et tastatur op nederst i skærbilledet

# Metervisning

**Sensorer**

**Sensor Setup:** Her fås et overblik over hvilke sensorer der er sat i hvilke port på dataloggeren

**Dataopsamling:** Her kan ændres på dataopsamlingsindstillingen—på tilsvarende vis, som hvis der klikkes til højre i skærmfeltet (se neden for)

**Skift enheder:** I dette tilfælde med temperatursensor kan vælges mellem C, F og K. Kan også ændres ved at klikke i det orange felt med måleangivelsen (se nedenfor).

**Kalibrererer:** Nogle sensorer (fx pH, opløst ilt,) kan kalibreres

Ud over *Filer* indeholder visningen menu-muligheden: *Sensorer*

Det orange midterfelt viser sensorernes øjeblikkelige målinger. Ved at klikke i feltet kan målingens enheder ændres.

Til højre vises dataopsamlingsindstillingen. Ved at klikke i feltet kan indstillingen ændres.

Vælges hvad der skal være bestemmende for dataopsamlings afslutning

Ændring af måleenheden. I dette tilfælde kan vælges mellem °C, °F eller K

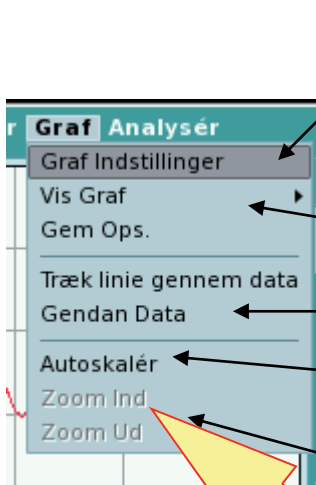
Angives hvor langt tid dataopsamlingen skal løbe over. Til højre kan ændres på tidsfaktoren: millisekunder, sekunder, minutter eller timer. OBS: når der her ændres på tidsfaktoren ændres der også på tidsfaktoren i hastighedsfeltet

Under "Trigger" kan angives, at opsamlingen skal sættes i gang når sensoren måler en bestemt værdi—fx når temperaturen når 23 °C

Angives hvor mange opsamlinger der skal være pr. tidsenhed—til højre angives det i frekvens



# Grafvisning



**GRAF**

**Grafindstillinger** hvor koordinatsystemets opbygning og visning kan indstilles på mange måder

**Vis graf** hvor man vælger hvilken graf der skal vises eller om alle grafer skal vises

**Gendan data** hvis du har zoomet dannes det fulde billede

**Autoskalér** skalér automatisk så man få fyldt hele grafområdet

**Zoom ind/ud** når du har markeret et område på kurven

**ANALYSÉR**

Ofte skal angives hvilken måling, der skal analyseres på. Og man kan markere et område af kurven der skal analyseres på! Talværdierne angives til højre for kurven.

**Tangenten** flyttes ved at flytte cursoren. Beskriver ændringen pr tidsenhed.

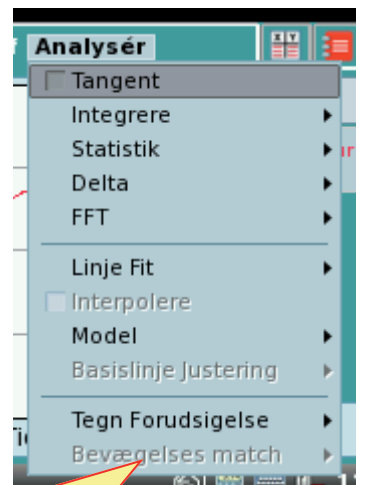
**Integrere** Beregner areal under kurven

**Statistik** Min, max, middelværdi, stand.afv og antal målinger

**Linje Fit** Man kan vælge mellem en række tilpasninger

**Model** Man kan vælge mellem en række matematiske funktioner

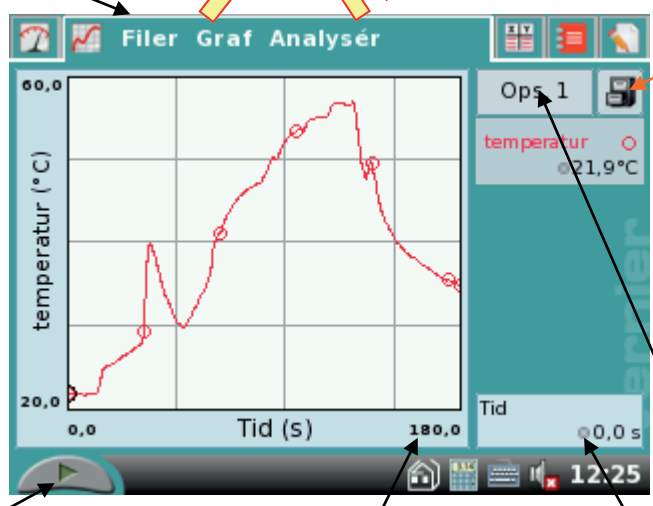
**Tegn forudsigelser** Tegn selv en kurve



Ud over *Filer* indeholder visningen menu-mulighederne: *Graf* og *Analysér*

**KLIK**

**KLIK**



Tryk hvis du vil oprette ny dataopsamling og vil beholde den første. Der står så "Ops 2" i kassen til venstre. Hvis du ikke trykker her, vil du overskrive den tidligere opsamling

Start ny dataopsamling

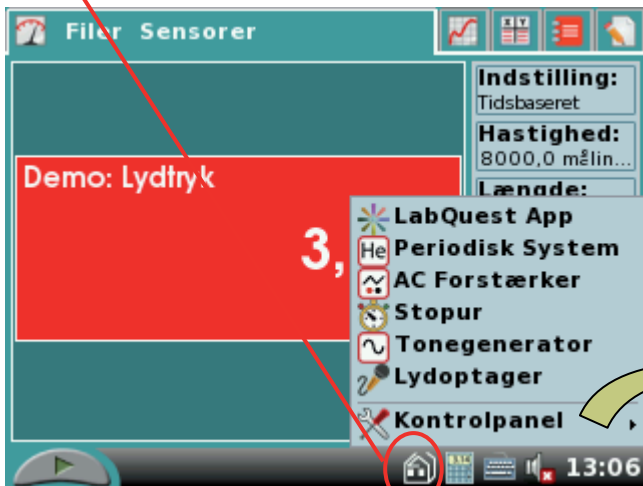
Her ses hvor langt tid dataopsamlingen er sat til. Hvis du vil ændre på dataopsamlingstiden, så gå tilbage til metervisningen og tryk på feltet til højre for det orange felt

Tryk og vælg hvilken dataopsamling du vil se, evt. dem alle

Angiver hvor langt tid dataopsamlingen har kørt

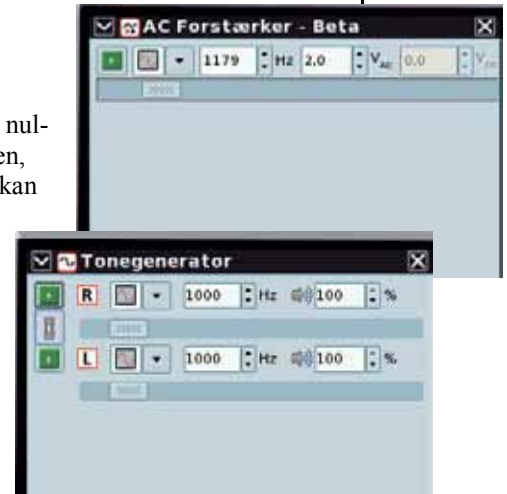
# Hus

I hus-menuen (nederste bjælke) findes der en lang række værktøjer samt et kontrolpanel, hvor man kan foretage en række indstillinger



**LabQuest App** Lukker rullegardinet  
**Periodiske System** Klik på et grundstof og få yderligere oplysninger  
**AC Forstærker**

**Stopur** Start, stop, nulstille og kopier tiden, som efterfølgende kan sættes ind i lommeregneren eller notesblokken  
**Tonegenerator**



**Lydoptagelse** Lydoptagelsen kan gemmes som en lydfil.

### Kontrolpanel

**Genstart:** Reboot—hvis maskinen er ”gået fast”  
**Kalibrer Skærmen**

Tryk på krydset for at kalibrere skærmen.

**Lyd** Indstil lydstyrken på intern og ekstern højttaler  
**Lys og strøm** Indstil skærmens lysstyrke og tid før den går i dvale (skærmlyset går ned eller slukkes) Husk at stor lysstyrke bruger mere strøm.  
**Tid og dato** Indstil tid og dato. Vælg om der skal være 12 eller 24 timers visning

**Indstil Tid & Dato**

12 timer  24 timer

12 : 33 : 50 pm

maj 2009

søn	man	tir	ons	tor	fre	lør
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6



### Systeminformation

Under **Enhed** kan dataloggerens navn ændres. Fx fra ”LabQuest” til ”Skovbakkeskolen nr. 2”.

Under **Hukommelse** kan du se hvor meget hukommelse der er tilbage på dataloggeren, SD-kortet eller USB-nøgle

Under **Sprog** kan vælges et bestemt sprog, fx Dansk

# LabQuest og computer

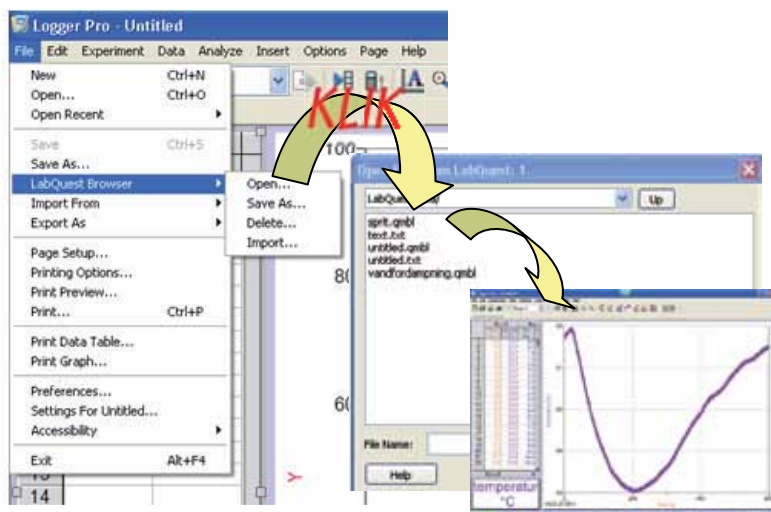
Dataloggeren kan kobles til computeren, hvis der skal flyttes filer, hvis der skal opsamles data (gennem dataloggerens indgange) med brug af LoggerPro eller hvis dataloggeren skal opdateres.



1. Tænd computer og LabQuest. (Computeren skal have installeret programmet LoggerPro)
2. Når du kobler dataloggeren til computeren, skal du anvende USB-computerkablet.
3. Det lille stik sættes i dataloggeren (mini USB-port) og det store stik sættes i computeren (alm. USB-port).

## Overførelse af filer

- Aktiver programmet "LoggerPro" på computeren
- Vælg filer i øverste bjælke:
  - Klik på "LabQuest Browser"
  - "Åben"
  - Marker den fil du vil åbne
- Filen åbnes i LoggerPro

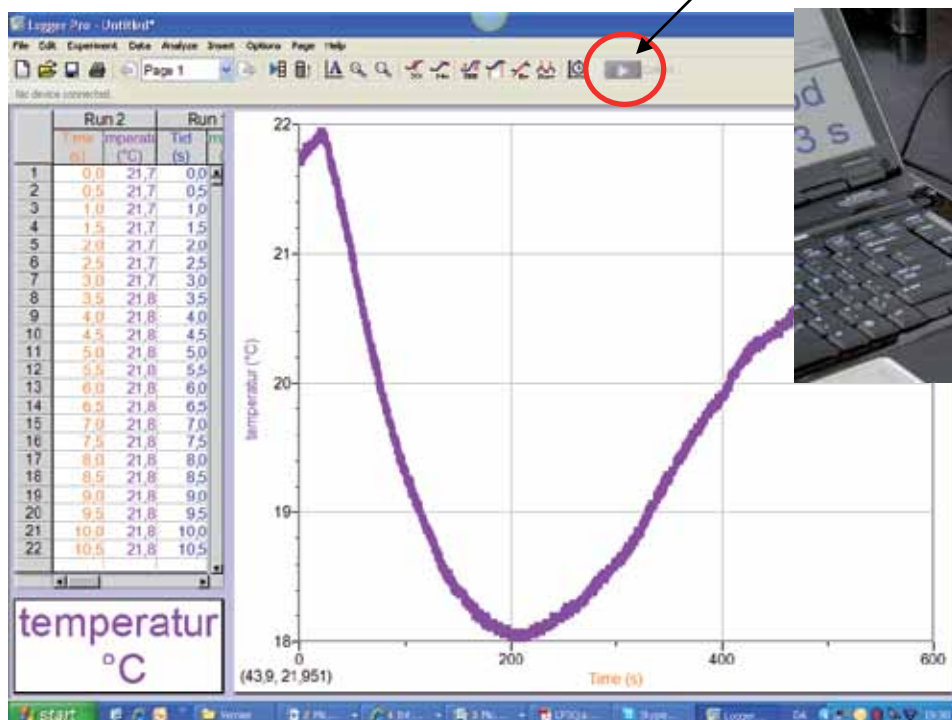


## Dataopsamling

Når du har koblet dataloggeren til din computer, vil sensor-opsætning og dataopsamling blive kontrolleret fra LoggerPro. Dataloggeren vil operere i LoggerPro-mode. Det betyder, at dataloggeren kun fungerer som bindeled mellem sensorer og computer. Dataopsamlingen styres fra LoggerPro på computeren

Når dataloggeren er i LoggerPro-mode vises dette skærbillede på LabQuest

Start/stop dataopsamlingen



## About the Partner Universities

### VIA University College

VIA University College (VIA) is Denmark's largest University College with more than 17,000 students per year. VIA was established in 2008 after a merge of five former higher education institutions.

VIA has five faculties and 18 research centres and is centred on 8 campuses in Central Denmark. 35 bachelor degree programmes is offered within the areas of health, social education, technology, trade, design, business and animation and a range of continuing education programmes is also offered.

Faculty of Education and Social Studies has approx 8,000 students and offers bachelor programmes in Teacher Education, Social Work, Social Education, Public Administration, and Christianity, Culture and Communication.

### University of Limerick

The University of Limerick (UL) was established in 1972 as the National Institute for Higher Education, Limerick and classified as the University of Limerick in 1989. UL is an independent, internationally focussed university with over 11,600 students.

UL offers a range of programmes up to doctoral and postdoctoral levels in the disciplines of Arts, Humanities and Social Sciences, Business, Education and Health Science, Science and Engineering.

Department of Education and Professional Studies offers undergraduate and postgraduate (e.g. diploma, master and PhD) programmes in Initial Teacher Education, Professional Development and master programmes in the field of Research.

### Malmö University

Malmö University (MU) was founded in 1998 with approx 25,000 full and part-time students.

MU has four faculties and one school. More than 90 separate education programmes and 500 courses is offered within the areas of education, health, odontology, culture, society and technology.

Faculty of Education has approx 7,000 students making it the second largest institution for teacher education in Sweden. The faculty offers bachelor, master, PhD and diploma programmes.

### Sogn og Fjordane University College

Sogn og Fjordane University College (SF UC) is a modern higher education institution in Norway, with approx. 3,000 students. There are campuses in both Sogndal and Førde.

SF UC are organized in five faculties, and offers a wide selection of courses and degree programmes within the fields of business, management, engineering and science, health, social sciences, and teacher education and sports.

### Danfoss Universe A/S

Danfoss Universe is a Science park located in the South of Denmark. The park is founded by Danfoss A/S, world leader in the market of thermostats, hydraulics and more. Besides the park, Danfoss Universe develops new approaches to presenting the sciences and understanding learning theories. In addition, Danfoss Universe looks at the relation between business, science and innovation and design tailored programmes. Danfoss Universe facilitates programmes for primary schools, post-secondary study programmes, students and groups of teachers and other professional groups.



DLIS (Data Logging in Science) is a concept for in-service-training of teachers in the use of data loggers as a tool for learning science. In this book you will find a collection of articles in science education journals written by the project partners, support materials developed to assist in-service training of teachers using Action learning and reflection. You will also find samples of experiments developed by project in topics like Energy, Human physiology and Weather and Climate.

## **LEAD PARTNER VIA UNIVERSITY COLLEGE**

Department of Teacher Education, Aarhus  
Harald Brandt and Benny Lindblad Johansen  
[www.viauc.com](http://www.viauc.com)

## **PARTNER IN IRELAND**

Geraldine M. Simmie, University of Limerick  
[www.ul.ie](http://www.ul.ie)

## **PARTNER IN SWEDEN**

Annette Zeidler, Malmö University  
[www.mah.se](http://www.mah.se)

## **PARTNER IN NORWAY**

Per Vassbotn, Sogn og Fjordane University College  
[www.hisf.no](http://www.hisf.no)

## **DANFOSS UNIVERSE**

[www.danfossuniverse.com](http://www.danfossuniverse.com)