

# **Matematik og naturfag i verdensklasse II**

**Slutrapport  
2004 - 2006**

**August 2006**

**Københavns Kommune  
Frederiksberg Kommune  
Københavns Amt  
Frederiksborg Amt  
Roskilde Amt  
Hovedstadens Udvalgsråd**

## Projektgruppen

Carl P. Knudsen, Helsingør Gymnasium, projektleder  
Niels Hartling, Birkerød Gymnasium (til august 2005)  
Birgit Sandermann Justesen, Nærum Gymnasium (fra august 2005)  
Signe Kvist Mengel, Virum gymnasium (fra august 2005)  
Anne Nyholm, Frederiksberg Kommune  
Erik Pawlik, Rysensteen Gymnasium  
Anne Winther Petersen, Himmelev Gymnasium  
Jakob Schiødt, Helsingør Gymnasium (fra august 2005)  
Jesper Steenberg, Københavns Kommune

## Indhold

Mål og midler	3
Naturvidenskab for alle – fysik i 1.g	6
Nanoteknologi i gymnasiet – fysik og kemi i 2.g	9
Matematik med CAS – matematik i 3.g	11
Naturvidenskab for alle, et tværfagligt projekt – biologi, fysik/kemi og geografi i 8. kl.	13
Overgangsprojekt – fra natur/teknik i 6. kl. til biologi, fysik/kemi og geografi i 7. kl.	15
Bilag 1. Deltagende skoler	18

## Forord

På initiativ af de fem (amts-) borgmestre bag Hovedstadsregionens Erhvervsforum og Det fælles Erhvervsudviklingsprogram for Hovedstadsregionen blev der i oktober 1999 nedsat en projektgruppe med den opgave at iværksætte projekt *Matematik og naturfag i verdensklasse* i en række skoler i Hovedstadsregionen. Den første projektperiode 2000-2004 er afrapporteret i oktober 2004. Den anden projektperiode 2004-2006 er nu afsluttet, og nærværende rapport er en sammenfatning af de erfaringer, som denne del af projektet har givet.

Projektgruppen vil gerne sige tak for den interesse og den aktive medvirken, som projektet har nydt godt af fra videregående uddannelsesinstitutioner, fra erhvervsvirksomheder og fra en lang række enkeltpersoner. Uden den støtte ville projektet ikke have nået de samme gode resultater.

Sidst men ikke mindst takker vi for den store og vedholdende opbakning, som projektet har fået fra Hovedstadsregionens amter, fra Hovedstadskommunerne og fra Hovedstadens Udviklingsråd. Det har været helt afgørende for gennemførelsen af et så usædvanligt stort regionalt projekt på uddannelsesområdet.

*Carl P. Knudsen*

**Københavns Kommune  
Frederiksberg Kommune  
Københavns Amt  
Frederiksborg Amt  
Roskilde Amt  
Hovedstadens Udviklingsråd**

## Mål og midler

Projekt *Matematik og naturfag i verdensklasse* udspringer af forslaget om etablering af *Learning Lab Denmark*, hvor de bedste internationale erfaringer med undervisnings- og læringsmetoder kan udvikles, afprøves og implementeres i et samarbejde med danske skoler, virksomheder og andre vidensmiljøer.

Det er en beklagelig kendsgerning, at alt for mange unge ikke er interesseret i at beskæftige sig med matematik og naturvidenskab. Det har som følge, at store dele af den voksne befolkning mangler basale kundskaber i matematik, fysik og kemi, fordi de nuværende undervisningsmetoder tilsyneladende ikke slår til. Endvidere svigter tilgangen til de teknisk/naturvidenskabelige uddannelser, så det vil blive meget svært at imødekomme den store efterspørgsel efter medarbejdere med tekniske og naturvidenskabelige kompetencer.

Formålet med projekt *Matematik og naturfag i verdensklasse* er

- at øge interessen for matematik og naturvidenskabelige fag
- at sætte fokus på matematisk og naturvidenskabelig almindelig uddannelse
- at motivere unge for en teknisk-naturvidenskabelig uddannelse

## Mission

Projektets mission er at udvikle nye undervisnings- og læringsmetoder og nye undervisningsmaterialer på grundlag af fagdidaktiske forskningsresultater og nye fagligt pædagogiske ideer.

Lærernes kompetenceudvikling er en integreret del af projektet og støttes gennem afholdelse af kurser, seminarer og konferencer.

Projektet etablerer et netværk af skoler i Hovedstadsregionen, som er rammen om et samarbejde mellem fagdidaktiske forskere og praktikere i skolen. Universiteter, institutioner og virksomheder knyttes til netværket gennem aftaler omkring bestemte forsknings- og udviklingsprojekter.

## Strategi

Projektgruppen har arbejdet efter en række overordnede principper:

- Der skal knyttes fagdidaktisk ekspertise til de enkelte delprojekter både ved tilrettelæggelsen, gennemførelsen og evalueringen
- Delprojekterne skal have karakter af åbne oplæg med henblik på at sikre deltagernes ejerskab
- De deltagende skoler skal være med i hele projektets løbetid, og der skal hvert år være to eller flere lærere med fra hver skole
- Gennemførelsen af delprojekterne skal sammenkædes med lærernes kompetenceudvikling

- Vidensdeling og formidling af resultater skal fortrinsvis ske gennem udarbejdelse af undervisningsmaterialer

## Rammer

Projektet har omfattet ca. 25 skoler i Hovedstadsregionen. De deltagende folkeskoler og gymnasier fremgår af bilag 1. Der har hvert år deltaget 90-100 lærere, og hver deltager har fået 50 arbejdstimer som generel forsøgsreduktion.

Der er i projektperioden 2004-2006 gennemført 5 delprojekter:

1. *Naturvidenskab for alle – fysik i 1.g*
2. *Nanoteknologi i gymnasiet – fysik og kemi i 2.g*
3. *Matematik med CAS – matematik i 3.g*
4. *Naturvidenskab for alle, et tværfagligt projekt – biologi, fysik/kemi og geografi i 8. kl.*
5. *Overgangsprojekt – fra natur/teknik i 6. kl. til biologi, fysik/kemi og geografi i 7. kl.*

Der er oprettet en konference på *skolekom* for alle deltagere i projektet med underkonferencer for de enkelte delprojekter. Endvidere er der etableret en hjemmeside for *Matematik og naturfag i verdensklasse* med adressen [www.matnatverdensklasse.dk](http://www.matnatverdensklasse.dk) med henblik på spredning af nye ideer, erfaringer og forskningsresultater.

Hvert år er der blevet holdt kurser og møder for deltagerne i projektet. For den enkelte deltager har omfanget typisk været 3-5 dage pr. år. Desuden har der været afholdt en afsluttende konferencer på *Experimentarium*. Programmerne for alle disse aktiviteter kan ses på hjemmesiden.

## Evaluering

Alle delprojekterne er blevet evalueret af eksterne evaluatore under medvirken af projektgruppens medlemmer. Evalueringen er foretaget ved hjælp af fokusgruppeinterviews, hvor både elever og lærere har været inddraget. Evalueringsrapporterne kan findes på projektets hjemmeside. Nærværende rapport sammenfatter evalueringens hovedresultater.

## Formidling

Formidling af resultaterne er sket løbende over projektets hjemmeside, hvor der nu findes en meget stor mængde undervisningsmaterialer og beskrivelser af undervisningsforløb fra de deltagende skoler. Projektgruppen har endvidere taget initiativ til at opsamle, bearbejde og redigere udvalgte dele af materialet. Formålet er at sikre, at de resultater, som er opnået gennem projektet, gøres let tilgængelige for en bredere kreds, så projektet dermed kan understøtte udviklingen på mange flere skoler end de, der direkte deltager.

Der har været interesse for at udgive dele af undervisningsmaterialet. Matematiklærerforeningens Bogsalg har udgivet:

- Christian Thune Jacobsen: *Højt oppe langt nede* (2003)
- Niels Hjersing, Per H. Jensen og Børge Jørgensen: *Differentialligninger og modelbygning* (2004)
- Børge Jørgensen: *Kan det gøres bedre? – Lineær programmering med Derive* (2005)

Endvidere er to af de undervisningsforløb, som er blevet afprøvet i delprojektet *Naturvidenskab for alle*, udgivet i Fysikforlagets serie af emnehæfter med samme hovedtitel. Det er:

- Sussanne Blegaa, Claus Hviid Christensen og Grete Hansen: *Bæredygtig udvikling – det økologiske fodspor* (2006)
- Rolf Haugaard Nielsen, Inge Kaufmann og Jakob Schiødt: *Vejen til brintsamfundet* (2006)

## Samarbejdspartnere

Projektgruppen har haft et nyttigt samarbejde med *Learning Lab Denmark* (DPU) gennem konsortiet *Matematik og Naturvidenskab*, med *CVU Storkøbenhavn* og med *Center for Naturfagenes Didaktik* (KU). Samarbejdet vedrører både gennemførelse og evaluering af delprojekterne. Endvidere har projektgruppen samarbejdet der med *Nano-Science Centret* (KU), *H.C. Ørsted Ungdomslaboratoriet* (KU) og *Mikroelektronikcentret* (DTU) om udvikling og gennemførelse af nanoteknologiprojektet.

Mette Andresen, Learning Lab Denmark (DPU), har gennemført et ph.d-projekt i tæt tilknytning til delprojektet *Matematik med CAS*. Hun har i maj 2006 erhvervet ph.d-graden med afhandlingen *Taking advantage of computer use for increased flexibility of mathematical conceptions*.

## Fortsættelse

Med henblik på en fortsættelse af Projekt *Matematik og naturfag i verdensklasse* fra skoleåret 2006/2007 udarbejdede projektgruppen i foråret 2005 en skitse til et netværk af science gymnasier, som kan videreføre den erfaringsudveksling og det udviklingsarbejde, som projektet hidtil har forestået.

I efteråret 2005 bevilgede Undervisningsministeriet 200.000 kr. i støtte til forberedelsen af dette netværk, og styregruppen for *Matematik og naturfag i verdensklasse* bevilgede 100.000 kr. Gennem et forprojekt er der nu opbygget en projektorganisation og gennemført et antal pilotprojekter med henblik på at give netværket en flyvende start fra skoleåret 2006/2007.

Netværket, som har fået navnet *Danske Science Gymnasier (DASG)*, har opnået 5,1 mill. kr. i støtte fra Lundbeckfonden til finansiering af driften i en treårs periode fra 2006 til 2009.

Det er således sikret, at de erfaringer og den ekspertise, som er opsamlet gennem Projekt *Matematik og naturfag i verdensklasse*, kan komme en bredere kreds af skoler og lærere til gode.

## Naturvidenskab for alle - fysik i 1.g

*Projektledelse: Birgit Sandermann Justesen, Signe Kvist Mengel og Jakob Schiødt*

Udgangspunktet for dette indsatsområde har været et ønske om at øge elevernes ”naturvidenskabelig almindelse” eller ”science literacy” gennem konkret undervisning i de naturvidenskabelige fag i 1.g. En væsentlig inspirationskilde har været det engelske Nuffield projekt ”Science for Public Understanding”. Målet her er bl.a.

- at kunne forstå betydningen af naturvidenskab og teknologi for hverdagen
- at kunne læse og forstå væsentlige punkter af den måde, naturvidenskab behandles i medierne
- at kunne reflektere kritisk på information
- at kunne tage personlige beslutninger omkring emner, som involverer naturvidenskab
- at kunne deltage i diskussioner omkring emner med naturvidenskabeligt indhold

I Andrew Hunt og Robin Millars bog ”AS Science for Public Understanding” er disse ideer udmøntet. Vidt forskellige emner med et naturvidenskabeligt indhold tages op og diskuteres. Emnerne er aktuelle og opleves som relevante af eleverne. Karakteristisk er det også, at man når langt uden at anvende matematiske modeller ud over grafer og helt simple udregninger.

Mens det overordnede mål har været fast i projektets toårige levetid, har rammerne for projektet ændret sig markant undervejs. Ved formuleringen af projektbeskrivelsen forelå bekendtgørelser og læreplaner for det nye gymnasium endnu ikke. Ved starten på projektets første år var høringsudkastet til læreplanerne offentliggjort, mens man i undervisningen stadig var forpligtet på den gamle gymnasiebekendtgørelse. Projekts andet og sidste år faldt sammen med implementeringen af gymnasireformen. Ønsket om at styrke elevernes naturvidenskabelige almindelse viste sig at være i god overensstemmelse med intentionerne i gymnasireformen, som disse kommer til udtryk i læreplanerne for det obligatoriske naturvidenskabeligt grundforløb (nv) samt det obligatoriske fag fysik C. I læreplanen for fysik C fremhæves niveauets almindende mål. I projektets sidste år valgte projektgruppen at fokusere på nv-forløbet, da det blev vurderet, at det var her, behovet var størst, ligesom alle elever møder nv i grundforløbet, mens nogle klasser udskyder deres obligatoriske Fysik C til 2. eller 3.g og således ikke har det i 1.g. I den forbindelse skiftede projektet navn fra ”Naturvidenskab for alle – fysik i 1.g” til ”Naturvidenskab for alle”. Endvidere meldte der sig ud over fysiklærere lærere i biologi, geografi og kemi som deltagere i projektet.

### Tilrettelæggelse

I begge skoleår har der været afholdt to kurser/ workshops for de deltagende lærere: Et startmøde og et opsamlingsmøde. Ved startmødet blev der begge år præsenteret eksempler på materialer, der var fokuseret på ovennævnte mål om udvikling af naturvidenskabelig dannelse. Det var imidlertid frivilligt for de deltagende lærere, om de ville afprøve det præsenterede materiale eller udvikle noget selv. I begge tilfælde blev det aftalt, at deltagerne løbende lagde beskrivelser af de gennemførte forløb og de udviklede undervisningsmaterialer på den tilknyttede lukkede,

elektroniske konference. Dette materiale kunne hjælpe og inspirere de andre deltagerere. Disse beskrivelser og udviklede materialer er tilgængelige på projektets hjemmeside [www.matnatverdensklasse.dk](http://www.matnatverdensklasse.dk) under ”Skoleprojekter”. Nogle deltagere har viderebearbejdet deres materiale til en mere færdig form. Dette materiale kan hentes på hjemmesiden under ”UV-materiale”.

## Evaluering og opfølgning

Projektet er evalueret af Christine Holm (CH), Center for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Evalueringen er dokumenteret i en rapport, der findes på ovennævnte hjemmeside under ”Evaluering”. Der citeres fra denne rapport i det følgende. I rapporten gives en detaljeret sammenfatning af udviklingsprojektets forløb og aktiviteter. CH har endvidere efter aftale med projektgruppen valgt at lægge et stort arbejde i en erfaringsopsamling fra det sidste års gennemførte nv-forløb. På den baggrund giver hun ideer og anbefalinger, herunder anbefalinger rettet mod kommende udviklingsprojekter. Hovedelementerne i erfaringsopsamlingen og anbefalingerne fremgår af nedenstående resumé:

”Notatet indeholder en erfaringsopsamling for og evaluering af udviklingsprojektet ”Naturvidenskab for alle – 1g”, 2004-2006. Erfaringsopsamlingen bygger på fokusgruppeinterview med 6 lærere fra forskellige skoler, og med grupper af fire elever fra to forskellige skoler. I notatet gøres rede for forskellige interessante måder at organisere det naturvidenskabelige grundforløb på, samt deres styrker og svagheder. Evalueringen viser blandt andet, at lærerne har en udbredt skepsis med hensyn til Naturvidenskabeligt Grundforløb, som hovedsagelig bunder i oplevelsen af at læreplanen er for omfattende i forhold til tidsrammen, og at det er u hensigtsmæssigt når læreplanen både vil præsentere de enkelte fag og fokusere på tværgående naturvidenskabelige kompetencer og metoder. Eleverne giver udtryk for at det naturvidenskabelige grundforløb generelt er blevet oplevet veltilrettelagt, og at det i vid udstrækning har påvirket deres interesse for naturvidenskab positivt – uden at det dog har fået dem til at skifte til mere naturvidenskabelige studieretninger. Nogle af de aktiviteter, som eleverne værdsætter, er de skriftlige opgaver, der giver mulighed for at skabe fordybelse og sammenhæng mellem fag og delforløb. Lærernes udbytte ved at deltage i udviklingsprojektet går i høj grad på muligheden for faglige diskussioner, vidensdeling og erfaringsudveksling.”

I det følgende vil de kommentarer og anbefalinger, der i særlig grad har betydning for indsatsområdet fortsættelse under projektet Danske Science Gymnasier (DASG), blive fremhævet.

- **Kvalificering af faglige diskussioner og erfaringsudveksling**

Om lærernes udbytte af projektet hedder det i rapporten:

”Det som alle lærere fremhæver som positivt, er at udviklingsprojektet har givet mulighed for at møde og diskutere med andre lærere. Der opleves et stort behov for erfaringsudveksling, og faglig diskussion med kolleger. Sådanne møder har udviklingsprojektet været med til at give mulighed for, og det ville ikke have været muligt uden.

”Det kan undre mig at man ikke fra central side har lagt op til, at man skal se, hvad der sker på andre skoler? Det er det gode her. Det at diskutere og høre, hvad der foregår på andre skoler.” Citat fra lærer interview. ”

Videre hedder det i forbindelse med rapportens anbefalinger til udviklingsprojekter:

”Det faglige niveau i udviklingsprojekter i stil med ”Naturvidenskab for alle” kan styrkes yderligere. Diskussion og erfaringsudveksling ved møder i forbindelse med projektet bliver af de medvirkende lærere fremhævet som det vigtigste udbytte. Folk er generelt meget engagerede og diskussionslystne, og vil meget gerne reflektere over egne erfaringer i forhold til input udefra. Det er muligt at kvalificere diskussionerne på møderne yderligere ved at inddrage faglige og fagdidaktiske input. Disse skal naturligvis give konkrete input som projektdeltagerne umiddelbart har interesse i at relatere til deres egne aktiviteter ”

I indsatsområdets fortsættelse under DASG forsøger projektgruppen at imødekomme anbefalingen om at kvalificere diskussionerne og erfaringsudvekslingen. Dette er gjort ved, at fortsættelsen er startet så tidligt, at det har været muligt for de deltagende skoler at fordele sig på emner, således at flere skoler arbejder med samme emne. Hermed skulle grundlaget for erfaringsudvekslingen forbedres, ligesom det vil være lettere at finde oplægsholdere, der kan give faglige og didaktiske input, der umiddelbart kan relateres til de konkrete emner, der arbejdes med.

#### • **Udvikling af materiale som delmål**

Et resultat af arbejdet i ”Naturvidenskab for alle” under Matematik og Naturfag i Verdensklasse har været beskrivelser af forløb og undervisningsmateriale. Dette opleves iflg. evalueringen som relevant af deltagerne:

”Flere efterlyser også, at man får opbygget en bedre bank af undervisningsforløb i naturvidenskabeligt grundforløb, som i højere grad var færdigudviklede med henblik på at andre skulle kunne bruge dem. Et udviklingsprojekt kunne godt have dette sigte, at afprøve og videreudvikle undervisnings-forløb.”

Endvidere står der i anbefalingerne til udviklingsprojekter:

”Der skal udvikles en god form for videreformidling af undervisningsmateriale, gerne sådan at andre kan bygge videre på eksisterende materiale. Udviklingsprojekternes lukkede konferencer er oplagte til dette formål. Erfaringer herfra viser dog også, at det kan være svært umiddelbart at bruge andres forløb på baggrund det skriftlige materiale alene.”

I indsatsområdets fortsættelse under DASG er det overordnede mål at bidrage til den fortsatte udvikling af nv som en solid introduktion til de naturvidenskabelige fag. Dette mål søges nået ved, at projektet i samarbejde med et netværk af lærere udvikler materialer til flerfaglige forløb samt opsamler erfaringer med disse. Forhåbentligt vil problemet med at trække på de andres forløb i den sammenhæng blive minimeret pga. de fælles emner og kurser med personlig kontakt. Når projektets resultater skal ud til en bredere kreds, bliver det vanskeligt at undgå at have det skriftlige materiale som basis. Imidlertid er der en aftale om et samarbejde med den nystartede portal, DNA-portalens.



Her er der både tekniske muligheder og økonomiske midler til at bringe undervisningsmateriale på en sådan form, at det er søgbart og ensartet. Dette imødekommer således på nogle punkter anbefalingen:

”Det er også værd at tænke i andre former for vidensdeling, der kan supplere det personlige møde og den skriftlige kommunikation. Erfaringen er, at fx de paradigmatiske eksempler, som er udarbejdet i forbindelse med undervisningsvejledningen, ikke er blevet anvendt i specielt høj grad, og måske heller ikke er lige til at anvende for den enkelte lærer / det enkelte lærerteam. Samtidig efterspørges erfaringsudveksling og vidensdeling fra rigtig mange lærere og projektdeltagere. Den skriftlige kommunikation kan være tung, og det kan være meget tidskrævende (om end muligvis udbytterigt) for lærerne at skulle afrapportere deres forløb. Andre kommunikationsformer kunne være et interessant emne at gøre til genstand for udviklingsprojekter eller eksperimenter på skolerne. En ide kunne være videopræsentationer af forløb, hvor læreren interviewes af en kollega, eller man kunne forestille sig ”peer-reviewing” af forløb, hvor lærere fra forskellige skoler mødtes og ”censurerede” hinandens projekter med henblik på en kortfattet rapport forløbet. Et udviklingsprojekt kunne købe en formidler (som kunne være en lærer, konsulent eller student) til at producere en ”praksisdatabase”, hvor lærernes projekter blev præsenteret på nogenlunde sammenlignelige vilkår.”

## Nanoteknologi i gymnasiet - fysik og kemi i 2.g

*Projektleder: Erik Pawlik*

Projektets mål er at udvikle og afprøve web-baseret undervisningsmateriale til korte undervisningsforløb om nanoteknologi. Undervisningsmaterialet skal kunne bruges i fysik eller kemi i 2.g og dække 10-20 timers undervisning. Samarbejde med universiteter eller erhvervsvirksomheder er en integreret del af projektet.

I de to år projektet er løbet over har i alt 12 gymnasier deltaget med 22 klasser/hold samt 18 lærere i skoleåret 2004/2005 og med 22 klasser/hold samt 20 lærere i skoleåret 2005/2006. Undervisningsforløbene er udarbejdet og gennemført i samarbejde med H.C. Ørsted Ungdomslaboratorium og Nano Science Centeret ved Københavns Universitet

Der er aftalt et samarbejde med Institut for fysik samt Mikroelektronik og nanosciencecenteret (MIC) på DTU, og der er udarbejdet et undervisningsmateriale, som skal bruges i forbindelse med gymnasieklassers besøg på DTU. For det følgende skoleår har Interdisciplinært Nanoscience Center på Århus Universitet givet tilsagn om et samarbejde om undervisning i nanoteknologi.

## Evalueringsrapport

Projektet er i foråret 2006 evalueret af Mette Andresen, DPU, og der er udarbejdet en evalueringsrapport. Evalueringen er sket på baggrund af fokusinterviews med elever og lærere samt spørgeskemaer til de deltagende lærere. I konklusionen i evalueringsrapporten fokuseres på om de formulerede mål for Matematik og naturfag i verdensklasse er indfriet. Neden for står citater fra evalueringsrapporten til hvert af målene.

- **Udvikling af nye undervisnings- og læringsmetoder**

”Ud fra en overordnet betragtning vedrører innovationen i nanoteknologiprojektet undervisningens faglige indhold. Der har ikke på afgørende måde været eksperimenteret med hverken arbejdsform, ud-af-huset aktivitet eller teknologibrug ..... projektet har med held realiseret nytænkning med hensyn til det faglige indhold, på flere områder.”  
....” Sammenfattende var det klart under interviewene at elevernes positive udtalelser om nanoteknologi projektet skyldtes, at de oplevede det som udfordrende.”

- **Lærernes kompetenceudvikling**

”Lærernes kompetenceudvikling har været et underliggende mål, men ikke specielt sat i fokus i nanoteknologi delprojektet. Følgelig var de deltagende læreres eget udbytte af at være med i projektet ikke et emne der blev spurgt eksplicit til, hverken i spørgeskemaerne eller under interviewet.”

- **Introduktion af nye, tværgående emner**

”Det fremgår af elevinterviewene, at selve emnet nanoteknologi af eleverne opfattes som et nyt emne med en høj grad af relevans for verden udenfor skolen.  
Set fra elevernes side har projektet så godt som udelukkende hørt ind under enten fysik eller kemi, afhængigt af læreren. Det betyder at selvom forbindelserne til kemi hhv. fysik har været trukket op for eleverne under behandlingen, har projektet ikke har været realiseret som et egentligt tværfagligt projekt hvor faggrænserne udviskes eller helt forsvinder.”

- **Matematisk og naturvidenskabelig almindelse**

”Nanoteknologi projektet har klart bidraget til elevernes almindelse, for så vidt som de er blevet gjort bekendt med indholdet i dele af denne teknologi og dens anvendelser på et niveau, så de nu har en personlig holdning til emnet, som de antagelig vil kunne artikulere og argumentere for overfor andre.”

- **Interesse for naturvidenskabelige fag og uddannelser**

”Det er ikke muligt på baggrund af det foreliggende materiale at give en egentlig vurdering af, hvorvidt deltagelsen i projektet vil påvirke nogen af elevernes uddannelsesvalg. Dette skyldes til dels at andre faktorer, udover faglig interesse, vides at indvirke på de unges uddannelsesvalg. Et umiddelbart bud på en effekt kan dog være, at nogle hindringer måske er ryddet af vejen:

- Det positive indtryk fra besøget på Ungdomslaboratoriet og især den gode kontakt med de studerende hjælpeundervisere må antages at betyde, at potentielt interesserede ikke vil være afskrækkede fra at søge ind på en uddannelse på grund af forestillinger om et meget fremmedartet studiemiljø.
- Glæden ved at have fået faglig indsigt i et område, som de kendte af omtale på forhånd, kan efterlade et indtryk hos nogle af eleverne af, at det ikke behøver medføre social eksklusion at beskæftige sig med teknik og naturvidenskab. Det kan medvirke til at faglig viden om f.eks. nanoteknologi tværtimod kan anses for prestigegivende.
- Under besøget blev tegnet et billede af, at forskernes arbejde er meget frit og meget ansvarsfuldt. Eventuelle forestillinger hos eleverne om, at forskning indenfor naturvidenskab giver meget lidt plads til personlig udfoldelse, må antages at blive

revideret på baggrund af de nye indtryk. Det kan måske medvirke til at potentialerne for personlig udfoldelse vurderes lige når eleverne sammenligner uddannelser indenfor naturvidenskab og humanistiske fag.”

Samlet set må evalueringen tolkes på den måde, at en væsentlig del af de opstillede mål og intentioner er opfyldt, samt at forløbet af eleverne opleves meget positivt. Specielt betyder besøget på H.C. Ørsteds Ungdomslaboratorium meget for elevernes positive oplevelse af projektet.

## Computeralgebrasystemer (CAS) i gymnasiets matematikundervisning

*Projektleder: Anne Winther Petersen*

Projektets mål har været at etablere et netværk af matematiklærere, der kunne udvikle og afprøve undervisningsmaterialer, hvor CAS og andre computerprogrammer udnyttes mest muligt. Det har desuden været et mål at diskutere, hvordan matematikundervisningen ændres, når der er CAS-værktøjer til rådighed, og at give nogle bud på, hvordan undervisningen bedst muligt tilrettelægges, så både praktiske og pædagogiske forhold tilgodeses.

I alt har 25 kolleger fra 11 gymnasier deltaget i delprojektet, og 14 kolleger har deltaget begge skoleår. Et par kolleger har deltaget i enkelte møder, uden at være direkte knyttet til projektet.

Mette Andresen, DPU, har været knyttet til projektet og har deltaget i møderne. Hun har udarbejdet en evalueringsrapport på baggrund dels af disse møder, dels af overværelse af undervisningen på udvalgte hold og af et interviewmøde med de deltagende lærere. Desuden står projektet centralt i Mette Andresens ph.d.-afhandling ”Taking advantage of computer use for increased flexibility and mathematical conceptions”.

### Mødernes indhold

På de afholdte møder har der været livlige diskussioner, og der har været meget stor erfaringsudveksling. Mange af kollegerne har også deltaget i det oprindelige projekt Matematik og naturfag i verdensklasse, og det har betydet en stor fælles referenceramme. F.eks. har næsten alle deltagerne været fortrolige med programmet *Derive*, og alle har kunnet trække på erfaringer fra andre kolleger på deres skoler.

Først og fremmest har der været fokus på, hvordan CAS-programmer kunne udnyttes, og på fordele og ulemper ved brug af hhv. computere og håndholdte CAS-lommeregner. Forskellige praktiske forhold på de enkelte skoler har gjort, at der ikke kan fremhæves én bedste måde at organisere undervisningen på.

Ud over CAS-programmerne er der i skoleåret 2005/2006 brugt kræfter på at afprøve mulighederne i det nye program *Datameter*, der er en oversættelse af det amerikanske program *Fathom*. Lektor

Bjørn Felsager, Haslev Gymnasium, forestod en introduktion af programmet på to eftermiddage. Resten af året har de fleste kolleger afprøvet forløb i en eller flere af deres klasser. Der er udviklet forskellige undervisningsmaterialer, der er lagt på projektets hjemmeside. Som eksempler på specielle datameterforløb kan nævnes:

- Simulering af Plejebosagen
- Simulering af Keno-spillet fra Dansk Tipstjeneste
- Tips og Lotto
- $\chi^2$ -test
- ”Blev elever signifikant bedre til matematik mellem terminsprøven og skriftlig eksamen?”
- Vækstmodeller og Malthus lov.

Ud over erfaringsudvekslingen har der på møderne været forskellige oplæg. Michiel Doorman fra Freudenthalinstituttet, Holland, og Armanda Landa fra National Institut Polytechnic, Mexico, fortalte om deres erfaringer med IT i matematikundervisningen. Mette Andresen, DPU, fortalte om sit ph.d-projekt om emnet, og Preben Jensen og Gert Kreinø fra Avedøre Gymnasium fortalte om deres arbejde med programmet *GeoGebra*.

## Udviklede undervisningsmaterialer

Som nævnt er der udviklet mange små undervisningsmaterialer, der er lagt ind på projektets hjemmeside. Materialerne er afprøvet på forfatterens egne hold, men i mange tilfælde har kollegerne ladet sig inspirere og har arbejdet videre på disse noter. Der er under Matematik og naturfag i verdensklasse II udarbejdet fire større materialer:

- ”Modeller i Derive” – Differentialligninger og modelbygning, af Niels Hjersing, Per Hammershøj Jensen og Børge Jørgensen
- ”Højt oppe langt nede” – Funktioner af 2 variable, af Christian Thune Jacobsen
- ”Kan det gøres bedre” – Lineær programmering med Derive, af Børge Jørgensen
- ”Komplekse tal” af Hanne Østergaard

De tre første materialer er nu udgivet af Matematiklærerforeningens Bogsalg. Det sidstnævnte er netbaseret og udnytter, at eleverne sidder ved computerne, idet der er indbygget animationer og interaktive quizzes.

## Evaluering og konklusion

Fra de to årsrapporter og fra Mette Andresens evalueringsrapport kan fremhæves følgende konklusioner:

- Eleverne får et stort løft ved at bruge CAS i matematikundervisningen.
- Eleverne får større selvtillid og tror på, at de kan løse selv vanskellige opgaver.
- Der kan arbejdes med flere emner i matematikundervisningen. CAS betyder, at det er lettere at introducere nye begreber, og at der er mere tid til at fokusere på overordnede problemstillinger. Der er sket en god forskydning af vægtningen i matematikundervisningen.

- Der har været en god kommunikation mellem lærerne både via netværksmøderne, *Skolekom-* konferencen og ved uformelle kollegiale henvendelser.
- Det har været godt, at så relativt mange skoler og lærere har deltaget i projektet.
- Der har været økonomiske ressourcer i projektet, der har stået i et rimeligt forhold til forventningerne til deltagerne.
- Det har været godt med en passende blanding af selvstændigt arbejde på skolerne og fælles, relevant input fra møderne. Dette har især været godt, fordi projektet er løbet over lang tid, så der har været tid til samspil mellem det, der kom frem på møderne, og det, der foregik i undervisningen hjemme på skolerne.
- Det har været en lettelse, at der i løbet af *Matematik og naturfag i verdensklasse I & II* er udviklet mange undervisningsmaterialer, der er tilgængelige via projektets hjemmeside.
- Mange materialer er karakteriseret ved, at de sigter på at guide elever gennem relativt selvstændige forløb præget af ret åbne spørgsmål. Det skaber mulighed for en aktiv og undersøgende elevvirksomhed.
- Netværkssamarbejdet har gjort, at udarbejdelsen af undervisningsmaterialerne har været mere kollektiv end sædvanligt for gymnasielærere.
- IT giver i mange tilfælde muligheder for større elevaktivitet og mere eksperimenterende tilgange til stoffet.
- Modelleringsaspektet har fået et stort løft.
- Programmet *Datameter* har givet muligheder for at leve op til gymnasireformens krav til statistikundervisningen.
- Projektet har betydet, at deltagerne i højere grad er rustet til gymnasireformens krav til matematikundervisningen.
- Projektet har betydet, at det ikke længere er CAS, der er den store udfordring.

## **Naturvidenskab for alle – et tværfagligt projekt – biologi, fysik/kemi og geografi på 8. klassetrin**

*Projektleder: Jesper Steenberg*

” Ja, vi (eleverne) gjorde: Fra meget kritiske til mindre kritiske.  
Vi nærmede os midten mere end vi var til at begynde med.  
Vi har lært at lytte til argumenter.”

*Citat fra elevevalueringen*

Formålet for projektet har været dobbelt. Det ene formål har været, at lærerne opnår erkendelse af at undervisningsforløb i den naturfaglige fagkreds kan tilrettelægges så indholdet bygges op om fagenes grundbegreber, vælges efter et eksemplarisk princip og drejer sig om aktuelle nøgleproblemer. Det andet formål har været at lærerne selv designer og afvikler undervisningsforløb, som giver eleverne erkendelse af, at naturfaglig indsigt er en nødvendighed, hvis de skal kunne forstå og deltage i samfundsdebatten om emner af naturvidenskabelig karakter.

Projektet har kørt i to år for lærere i geografi, biologi og fysik/kemi på 8. klassetrin.

Projektet blev udbudt til folkeskoler i Frederiksberg og Københavns Kommuner. I alt har 11 skoler deltaget i projektet.

Projektet er blevet gennemført i samarbejde med konsulenterne Eva Totzki, Jens Aaby og Ole Goldbæk, alle fra CVU Storkøbenhavn. I både det første og det andet år har der været afviklet tre studiekredse, hvor der på baggrund af oplæg fra konsulenterne har været anledning til debat og refleksion.

2006 blev afsluttet med et fælles evalueringsmøde. I 2005 måtte evalueringsmødet aflyses pga. alvorlig sygdom hos den ansvarlige konsulent. I forbindelse med planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningsforløbene har lærerne haft mulighed for at få besøg af projektets konsulenter med henblik på rådgivning og sparring.

Lovgivningen i forbindelse med de afsluttende prøver i naturfagene har undervejs i projektets løbetid ændret sig. I starten af projektet så det ud til at flerfaglige afsluttende prøver i naturfagene ville blive fremtiden. Mod slutningen havde det ændret sig og individuelle prøver i de enkelte naturfag var en realitet. Da en del lærere havde startet på projektet med den indstilling at projektet ville klæde dem på i forhold til den flerfaglige prøve, havde den ændrede lovgivning en negativ indflydelse på disse læreres motivation.

## Evaluering

Evalueringen af projektet er sket gennem fokusinterview med både lærere og elever. Ekstern evaluering på projektet har været Jens Christian Jacobsen, CVU Storkøbenhavn. Evalueringen af projektet blev sammenfattet på følgende måde:

- ”Det har vist sig af stor værdi at arbejde eksemplarisk med naturfagene i klasserne. Brugen af dette princip samt inddragelse af nøgleproblematikker har fremmet en almindelse baseret på en tydelig og relevant begrebsudvikling. Denne kan desuden knyttes til praktisk arbejde i fagene, virksomhedsbesøg og diskussioner mellem lærere og elever og mellem eleverne indbyrdes. Samtidig viser evalueringen, at lærerne har stor gavn af den interkollegiale dialog og i at se hvordan ’ens eget’ fag kan anvendes bredere ved at indgå i læring på tværs.”
- Eleverne havde generelt lagt mærke til at de var blevet undervist på en anden måde.
- Eleverne var positive over for at naturfagene var tænkt sammen som en elev siger: ”Vi bliver bedre til at arbejde i alle fagene, man kan vende og dreje tingene, man ser tingene fra mange synsvinkler.”
- Eleverne mente også at det var positivt, at undervisningen havde været mere afvekslende end normalt, som en elev siger: ”Hele klassen vil gerne lave mere kreativt arbejde, mere at rive i stedet for at læse bøger. Bagefter vidste vi meget mere end da vi begyndte”
- Lærerne vurderede gennemgående den flerfaglige naturfagsprojektarbejde positivt, som en lærer siger: ”Det er en afveksling fra det daglige arbejde i klassen og inspirerer til at ’gøre mere ved det’.” . Men samtidig er der kritiske bemærkninger fra lærerne: Projektarbejdsformen kan gå hen og blive for ’teoretisk’, for arbejdskrævende samt for uspecifik i forhold til fagmålene.

## Konklusion

Det har været en succes og fordel at arbejde med det eksemplariske princip i den naturfaglige undervisning. Det har fremmet almindelse og kvalificering, der rækker ud over de enkelte faggrænser. Men det sætte også fokus på nødvendigheden af at kunne arbejde i naturfaglige lærerteams.

Projektarbejdsformen har gjort naturfagsundervisningen mere spændende og praktisk anskuelig for eleverne. Ligeledes er det konkret og illustrativt at arbejde med nøgleproblemer.

Projektet har ændret ved elevernes fastlåste opfattelse af, hvad der er sjove og mindre spændende samt relevante fag.

## Overgangen fra natur/teknik i 6. klasse til geografi, biologi og fysik/kemi i 7. klasse

*Projektleder: Anne Nyholm*

Formålet for projektet er ”at sikre at overgangen fra 6. klasses undervisning i natur/teknik til 7. klasses naturvidenskabelige fagrække opleves som meningsfyldt, således at de metoder og den faglige indsigt eleverne har opnået gennem seks års undervisning i natur/teknik kan understøtte undervisningen i biologi, geografi og fysik/kemi.”

Det har været de samme fire skoler, der har deltaget begge år, ligesom også størstedelen lærerne deltog begge år.

Projektet er blevet gennemført i samarbejde med konsulent Ole Goldbech fra CVU Storkøbenhavn. Begge år har der været afviklet tre studiekredse, hvor oplæg fra konsulenten har givet anledning til debat og refleksion. Hvert år er afsluttet med et fælles evalueringsmøde. I forbindelse med planlægning gennemførelse og evaluering af undervisningsforløbene har lærerne haft mulighed for at få besøg af projektets konsulent med henblik på rådgivning og sparring.

År 1 i projektet bar præg af usikkerhed om, hvilke problemområder, der skulle arbejdes med. Dette blev der rådet bod på i projektets 2. år. Alligevel udtrykte de deltagende lærere tilfredshed med at indgå i projektet, og de fleste af dem deltog også i projektets år 2.

## Evaluering

Hvert år har der fundet en evaluering sted. Den er sket gennem fokusinterview med både lærere og elever. Ekstern evaluators på projektet har været Jens Christian Jacobsen, CVU Storkøbenhavn.

Evalueringen fra projektets første år viser, at deltagerne følte, at projektet havde givet dem inspiration til at beskæftige sig med overgangsproblemet, således at det blev mere "naturligt" at tale sammen på tværs af klassetrinnene i naturfagene, og dermed er det blevet tydeliggjort, at overgangen er et fælles anliggende for alle naturfaglærere på skolen. Men projektet gav også frustrationer, da nogle lærere oplevede, at det var vanskeligt at få visioner og virkelighed til nå sammen.

I projektets år 2 skulle alle planlægge og evaluere gennem brugen af mindmap. Mange af lærerne fandt, at det er et godt redskab, men måske nok lidt vanskeligt for fagligt svage elever. Dette tydeliggjorde vigtigheden af, at arbejde med elevernes for-forståelse.

Nedenstående elevcitater fra elevfokusinterviewet efter projektets 2. år viser, hvad eleverne mener, der gør undervisningen i naturfagene spændende og vedkommende.

"Vi skulle selv finde ud af tingene og fremlægge i stedet for bare at læse og blive hørt i det. Projektet har været meget anderledes, selvom der også var perioder, hvor vi bare læste. Vi skulle også selv finde viden på nettet og lave informationssøgninger. Vi lyttede ikke kun."

"Det har været spændende især forsøgene, og så hører vi teorier om verden: "Det de siger, passer."

"Det er sjovt: forsøgene, gennemgangen og fremlæggelserne. Det er sjovt at lave projekter, vi stillede mange spørgsmål. Og vi lavede flere spørgsmål i projektet også. Vores lærer lyttede."

"Det sjoveste er helt klart, de forsøg vi laver".

Lærernes vurdering af projektets værdi er, at eleverne har kunnet inddrages mere i forberedelse, tilrettelæggelse, gennemførelse og vurderingen af undervisningsforløbet.

Projektet har inspireret til teamsamarbejde og til at lave fagprofiler, og samtidig er opmærksomheden skærpet overfor fagbegreber og områder, der kan udvikles gennem lokalt læseplanarbejde.

For at opnå det fulde udbytte af deltagelse i lignende projekter er det erfaringen, at deltagerne som minimum har to års undervisningserfaring, og at læreren ikke er blevet påtvunget deltagelse.

## **Konklusion**

Eleverne er blevet interesserede i deres omverden og kan sætte ord på denne interesse. De finder naturvidenskab meningsfuld, fordi de kan se relevansen af naturvidenskabelige løsninger på nærværende problemstillinger. Det fremmes gennem flere praktiske forsøg i undervisningen, men på en sådan måde at først skal læreren snakke sammen med eleverne. Så laver de forsøgene i fællesskab, og så læser de faglitteraturen.



Lærerne er blevet bevidste om nødvendigheden af at tale sammen og afstemme krav og forventninger på tværs af overgangen mellem 6. og 7. klasse, samtidig med en øget og skærpet opmærksomhed på faglige begreber og områder.

## Deltagende skoler

### 1. Naturvidenskab for alle – fysik i 1.g

Birkerød Gymnasium  
Frederiksborg Gymnasium  
Frederikssund Gymnasium (2005/2006)  
Helsingør Gymnasium  
Gl. Hellerup Gymnasium  
Ishøj Amtsgymnasium (2004/05)  
Virum Gymnasium  
Øregaard Gymnasium  
Amtsgymnasiet i Roskilde  
Køge Gymnasium (2004/05)  
Roskilde Katedralskole  
Rysensteen Gymnasium  
Sankt Annæ Gymnasium (2004/05)  
Tårnby Gymnasium (2005/06)  
Vestre Borgerdyd Gymnasium  
Johannesskolen

### 2. Nanoteknologi i gymnasiet - fysik og kemi i 2.g

Birkerød Gymnasium  
Helsingør Gymnasium  
Rungsted Gymnasium  
Avedøre Gymnasium  
Gl. Hellerup Gymnasium  
Ishøj Gymnasium (2005/06)  
Virum Gymnasium  
Roskilde Katedralskole (2005/06)  
Christianshavns Gymnasium  
Nørre Gymnasium (2004/05)  
Rysensteen Gymnasium  
Vestre Borgerdyd Gymnasium (2005/06)  
Johannesskolen

### 3. Computeralgebrasystemer (CAS) i gymnasiets matematikundervisning

Helsingør Gymnasium (2004/05)  
Rungsted Gymnasium  
Avedøre Gymnasium  
Gl. Hellerup Gymnasium  
Ishøj Amtsgymnasium  
Amtsgymnasiet i Roskilde

Greve Gymnasium  
Himmelev Gymnasium  
Nørre Gymnasium  
Sankt Annæ Gymnasium (2005/06)  
Vestre Borgerdyd Gymnasium

### 4. Naturvidenskab for alle, et tværfagligt projekt - biologi, fysik/kemi og geografi i 8. kl.

Skolen på la Cours Vej  
Tre Falke Skolen (2004/05)  
Heimdalsgade Overbygningsskole  
Mathæusgade Skole  
Randersgades Skole (2005/06)  
Øster Farimagsgades Skole (2005/06)  
Vanløse Skole (2004/05)

### 5. Overgangen fra natur/teknik i 6. kl. til biologi, fysik/kemi og geografi i 7. kl.

Skolen ved Bülowvej  
Skolen ved la Cours Vej  
Frederikssundsvejens Skole  
Vanløse Skole