

Matematik og naturfag i verdensklasse

**Slutrapport
2000 - 2004**

Oktober 2004

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

Projektgruppen

Carl P. Knudsen, Helsingør Gymnasium, projektleder
Allan Jørgensen, Virum Gymnasium
Niels Hartling, Birkerød Gymnasium
Anne Nyholm, Frederiksberg Kommune
Erik Pawlik, Rysensteen Gymnasium
Anne Winther Petersen, Himmelev Gymnasium
Jesper Steenberg, Københavns Kommune (fra marts 2004)
H. C. Thomsen, Frederiksberg Gymnasium
Søren Thorborg, Københavns Kommune (til august 2003)

Indhold

Mål og midler	3
Indsatsområde A. Højt niveau i gymnasiet på matematisk linje	6
Indsatsområde B. Overgang fra 9. klasse til gymnasiet	10
Indsatsområde C. Matematik og natur/teknik i 5.-6. klasse	15
Vurdering af projektmodellen	17
Bilag 1. Deltagende skoler	19
Bilag 2. Deltagende elever, indsatsområde A	20

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 i perioden 2000-2004. Denne første projektperiode er nu afsluttet, og nærværende rapport er en sammenfatning af de erfaringer, som 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 Udvalgte. Det har været helt afgørende for gennemførelsen af et så usædvanligt stort regionalt projekt på uddannelsesområdet.

Carl P. Knudsen

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 dannelse
- 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 sigter mod at etablere et netværk af skoler i Hovedstadsregionen, som kan være 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

Fælles grundlag

Almendannelse, elevaktiverende undervisningsformer og eksperimentelt arbejde er tre centrale emner i forsknings- og udviklingsarbejdet vedrørende matematik og naturfag, og de udgør et fælles grundlag for delprojekterne under *Matematik og naturfag i verdensklasse*. I projektbeskrivelsen uddybes emnerne med reference til bl.a. PISA-projektets fastlæggelse af almindelse og kompetencer¹, Svein Sjøbergs almindelses-diskussion², Lars B Krogh og Povl V. Thomsens undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g.³ og NORDLAB-DK⁴.

I projektbeskrivelsen peges på følgende forsknings- og udviklingsfelter:

- Øget vægt på elevaktiverende undervisningsformer
- Nye læringsmetoder
- Nytænkning med hensyn til eksperimentelt arbejde
- Brug af IKT med særligt henblik på matematik og naturvidenskabelige fag
- Sammenhæng og progression i undervisningen, specielt ved overgang fra folkeskolen til gymnasiet og fra gymnasiet til videregående uddannelser
- Brug af alternative læringsmiljøer gennem samarbejde med erhvervsvirksomheder, uddannelsesinstitutioner mv.

Rammer

Projektet har omfattet ca. 25 skoler i Hovedstadsregionen, og indsatsen har koncentreret sig om tre områder:

- A. *Højt niveau i gymnasiet på matematisk linje*
- B. *Overgang fra 9. klasse til gymnasiet*
- C. *Matematik og natur/teknik i 5.-6. klasse*

De deltagende folkeskoler og gymnasier fremgår af bilag 1. De klasser eller hold, som var med i projektet, deltog i forsøg både med matematik og med naturvidenskabelige fag - som på de forskellige klassetrin hedder hhv. natur og teknik, fysik/kemi, fysik og kemi - med henblik på at opnå en synergieffekt.

Hver deltager har fået 50 arbejdstimer som generel forsøgsreduktion, og hver deltagende skole har fået 10.000 kr. til dækning af øgede driftsudgifter. Indkøb af computere, programlicenser, eksperimentelt udstyr mv. har projektgruppen stået for, og udgifterne er dækket af projektet.

¹ Measuring Student Knowledge and Skills - A New Framework for Assessment. OECD 1999.

² Svein Sjøberg: Naturfag som allmenndannelse. Ad Notam Gyldendal 1998

³ Lars B. Krogh og Poul V. Thomsen: GFII-rapport nr.1: Undervisningsstil og læringsudbytte – en undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g. Århus Universitet marts 2000.

⁴ NORDLAB-DK. Se fx www.nordlab.u-net.dk.

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

Der er hvert år 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 tre større konferencer på *Experimentarium* samt en række mindre seminarer. Programmerne for alle disse aktiviteter kan ses på hjemmesiden.

Evaluering

Projektet er blevet evalueret både i 2002, 2003 og 2004 under medvirken af bl.a. *Learning Lab Denmark*. Man kan finde de mange evalueringsrapporter på projektets hjemmeside. Nærværende rapport sammenfatter projektets hovedresultater.

Indsatsområde A

Højt niveau i gymnasiet på matematisk linje

Denne del af projektet retter sig mod de elever, som har valgt en såkaldt "fagpakke", enten matematik og fysik eller matematik og kemi på højt niveau i 2. og 3.g.

Inden for dette indsatsområde har projektet fokuseret på

- IKT i matematik, fysik og kemi
- Projektarbejde i matematik, fysik og kemi
- Samarbejde med universiteter og erhvervsvirksomheder

Evalueringen af projektet er blevet gennemført i hvert af årene 2002, 2003 og 2004. De årlige evalueringsrapporter er udarbejdet på grundlag af fire fokusgruppeinterviews hver af cirka en times varighed med de deltagende matematiklærere, de deltagende fysik- og kemi lærere og grupper af deltagende elever fra to af skolerne, udvalgt af deres lærere med henblik på at få flest mulige forskellige holdninger til projektet repræsenteret. Desuden er der ved projektets afslutning 2004 foretaget en intern evaluering baseret på udsendte spørgeskemaer til de deltagende skoler. Endelig er der udarbejdet en sammenfattende evalueringsrapport på grundlag af materialet fra de årlige evalueringer og på resultatet af den interne spørgeskemaundersøgelse, men også på samtaler med deltagende lærere, elever og projektledelse og diverse materiale udarbejdet i tilknytning til projektet herunder i en vis udstrækning lærernes årsrapporter.

Da projektet under dette indsatsområde involverer valgfag i gymnasiet, er det muligt at undersøge, om projektet får flere elever til at vælge de matematisk-naturvidenskabelige fag på højt niveau. Det fremgår af bilag 2, at den procentvise andel af elever på matematisk linje, som vælger matematik og fysik på A-niveau (eller matematik og kemi på A-niveau), har været stigende på de deltagende skoler gennem projektets forløb. Samtidig fremgår det også, at der er meget store forskelle skolerne imellem.

IKT i matematik, fysik og kemi

Delprojektet har arbejdet med anvendelsen af informations og kommunikationsteknologi i en fagspecifik sammenhæng dvs. med dataopsamling og databehandling, anvendelse af computer algebra system (CAS), matematisk modellering og problemløsning.

Eleverne har i 2. og 3.g været udstyret med hver sin bærbare computer med trådløs opkobling til skolens net og dermed til internettet. Maskinerne var forsynet med standard-programmel som Windows og Internet Explorer samt Office-programmerne Word, Excel og PowerPoint. Desuden med de fagspecifikke programmer DERIVE⁵ (et CAS-program) og FPro⁶ (et program til dataopsamling mv.).

⁵ Nils Fruensgaard: EDB programmer i matematikundervisningen. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer – 2000)

⁶ Ole Bakander: Dataopsamlingsystemer – en oversigt. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer – 2000)

Det har været meget ressourcekrævende at holde de mange computere kørende. I projektets løbetid er der indkøbt og udlånt i alt 402 bærbare computere til elever og lærere. Det har været nødvendigt at sende rigtig mange computere (ca. 1/3) til reparation i den toårige driftsperiode, de er anvendt i projektet. Det skyldes dels, at der har været mange garantisager, men også, at computerne ikke har været tilstrækkelig robuste til at klare hverdagen i en gymnasieklasse og transporten mellem hjem og gymnasium. Specielt har de trådløse netkort givet problemer, fordi sendere til det trådløse net får netkortet til at rage ud over computerens chassis. Desuden har næsten alle gymnasier haft problemer med at få det trådløse net til at fungere på nye computere, fordi både operativsystemer og hardware har været forskellige for hver af de tre generationer computere, projektet har anskaffet.

Evaluering

Erfaringerne fra indsatsområde A viser, at det er muligt at gennemføre en stort set uændret undervisning med brug af computer og CAS som hjælpemidler. Men computer og CAS som redskaber indebærer også muligheder for store forandringer af undervisningen såvel i matematik som i fysik og kemi.

For matematiks vedkommende er der meget positive erfaringer: Inddragelse af CAS har klart givet et løft.

Undervisningen med computer har ifølge evalueringerne især været koncentreret om løsning af opgaver, mens teoriudvikling og gennemgang, herunder beviser, oftest foregår uden computer. Modellering nævnes kun sporadisk.

Spørgsmålet om hvorvidt eleverne opnår tilstrækkelige, henholdsvis de sædvanlige, færdigheder i at udføre manuelle rutineoperationer går igen i alle interviewene vedrørende matematik. Det drejer sig om de færdigheder, som testes til prøven uden hjælpemidler, men mange ser ikke prøven som den eneste begrundelse for, at det er ønskværdigt at opøve disse færdigheder.

Spørgsmålet om hvilken placering beviser skal have i undervisningen og hvilken betydning de skal tillægges går også igen. Beviserne har tilsyneladende en mindre fremtrædende plads i undervisningen end ellers, og det almindelige er, at de gennemgås uden brug af computer. Holdningen til bevisernes stilling varierer fra, at nogle elever og lærere mener beviser er overflødige og kun medtages af hensyn til den mundtlige eksamen, til lærere og elever, der mener at arbejde med beviser giver indsigt i matematisk tankegang og metode og udgør et vigtigt grundlag for den enkelte elevs forståelse.

Mulighederne for fysiks og kemis vedkommende omfatter først og fremmest den positive fornyelse af det eksperimentelle arbejde.

De muligheder for dataopsamling, som computeren med passende udstyr kan give, gør en meget stor forskel især i fysik i retning af, at det eksperimentelle arbejde kan lægges meget mere frit og åbent op med inddragelse af idéer og impulser fra eleverne og omgivelserne i det hele taget.

Grænsen mellem dataopsamlingsfasen og databehandlingsfasen kan udviskes med PC til rådighed. Flere lærere fremhæver, at dette, sammen med elevernes lette adgang til at dele data, øger elevernes opmærksomhed på at få ”gode” data og dermed gode forsøgsresultater.

En del lærere fremhæver, at de har kunnet inddrage nye emner, fordi computeren giver mulighed for at lave diverse simuleringer. I kemi fremhæves molekylstruktur- og tegne-programmer som gode hjælpemidler. Der er i øvrigt meget stor spredning på, hvor meget computeren er blevet benyttet både i fysik og i kemi.

Der er blandt fysik- og kemilærerne stor tilfredshed med den tiltrængte fornyelse af samlingerne, som projektet har medført. Det drejer sig både om selve dataopsamlingsudstyret og de ressourcer, som nu er investeret i at få dette udstyr til at fungere sammen med måleudstyr, computere mv. Tilsammen giver det ifølge lærerne betydeligt bedre vilkår end tidligere for det eksperimentelle arbejde.

Alle lærerne mener, at de dygtigste elever får et løft med de ekstra muligheder i computeren. Mange mener også, at de svage elever får et løft, og taler om en "harmonikavirkning" som billede. Nogle lærere mener, at de svageste elever får et ekstra tilbud med computeren, fordi de får mulighed for at aflevere pænere rapporter, selvom indholdet måske ikke er bedre end ellers, og fordi de kan undgå at sidde fast i helt elementære udregninger og lignende.

Evalueringerne viser i øvrigt, at eleverne har vidt forskellige opfattelser af faget matematik, lige fra rent redskabsfag med udstrakt brug af computer til et fag, der handler om forståelse og overblik, der bygger på beviser og mest muligt håndværk. Forskellene afspejler ikke kun forskellig undervisning, da elever fra samme hold ikke altid har samme opfattelse. Tilsvarende er elevernes billeder af faget fysik er meget forskellige - nogle mener, det især handler om opgaver, formler og enheder, mens andre taler om modellering og forståelse.

Denne del af projektet har givet anledning til et ret stor produktion af undervisningsmateriale, specielt med henblik på brug af CAS i matematikundervisningen⁷. Projektet har støttet færdiggørelsen af nogle større manuskripter, som efterfølgende har været brugt som undervisningsmateriale på en række hold. Et af disse er allerede udgivet, og yderligere to forventes udgivet i den nærmeste fremtid, når de foreslåede forbedringer er indarbejdet.

Projektarbejde i matematik, fysik og kemi

Det var meningen, at der skulle arbejdes med projekter i de enkelte fag, lige som nogle projekter kunne være tværfaglige. Oplagte eksempler er 10-timersprojektet i fysik, aspektforløb i matematik og projekter, der udspringer af samarbejdet med virksomheder og uddannelsesinstitutioner. Herudover kunne der arbejdes med teoretiske problemstillinger i fagene⁸.

Evaluering

Projektarbejdet har ikke været så fremtrædende, at der er grundlag for at konkludere noget på grundlag af evalueringerne. Fagpakkerne er tilsyneladende populære både blandt lærere og elever.

⁷ Se www.matnatverdensklasse.dk (Uv-materialer)

⁸ Eksempler kan findes i bl.a. Tomas Højgård Jensens oplæg (www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer – 2000)) og i "Projektorganiseret undervisning i fysik", Uddannelsesstyrelsens temahæfte nr. 24/1999.

Der har været lagt op til udstrakt lærersamarbejde mellem højniveaufagene matematik, fysik og/eller kemi, men der synes ikke at have været mere samarbejde end sædvanligt.

Nogle elever relaterer fagene til hinanden og er i vid udstrækning tilbøjelige til at sammenligne arbejdsform, metoder og computerbrug i matematik og fysik, muligvis som følge af fagpakken. I almindelighed er det et udtalt ønske fra eleverne at fagene arbejder sammen.

Samarbejde med universiteter og erhvervsvirksomheder

Formålet med projektet var at udvikle en model for samarbejdet mellem gymnasier og videregående undervisningsinstitutioner og virksomheder med vægt på ”virksomhedsbesøg”. Besøgene skal dels perspektivere undervisningen, så eleverne kan se, hvordan den faglige viden, gymnasiet giver, kan anvendes, og dels skal de give eleverne et indblik i, hvad personer med en naturvidenskabelig uddannelse arbejder med.

Evaluering

Samarbejdet mellem virksomheder, videregående uddannelsesinstitutioner og de deltagende skoler vurderes positivt af både lærere og elever i evalueringerne. Dette samarbejde ud af huset har antaget vidt forskellige former og omfang, og en del lærere har kombineret ud-af-huset aktiviteterne med projektorienterede arbejdsformer. De fleste af de deltagende skoler har etableret kontakt til virksomheder og institutioner, der kan udnyttes af andre klasser fremover.

Der har ikke ifølge spørgeskemaundersøgelsen været nævneværdigt flere kontakter mellem de deltagende hold og erhvervsvirksomheder end i andre klasser. Men det fremgår, at der i forbindelse med projektet har været flere besøg på videregående uddannelsesinstitutioner end på andre tilsvarende hold.

Det fremhæves, at det er meget ressourcekrævende for virksomheder og institutioner at medvirke ved besøg af gymnasieelever, når der skal indgå aktiviteter, som er relevante for højniveauhold. Derfor er det vigtigt, at man er opmærksom på at gøre programmet overkommeligt. I forlængelse heraf anbefales det at indgå samarbejdsaftaler for flere år ad gangen. Det store planlægningsarbejde ligger i forbindelse med det første besøg, og programmet kan sagtens gentages, da der er nye elever næste gang. Erfaringerne er opsummeret i en artikel om samarbejde mellem virksomheder, videregående uddannelsesinstitutioner og et gymnasium⁹.

⁹ Jakob Schiødt: Samarbejde mellem virksomheder, videregående uddannelsesinstitutioner og Helsingør Gymnasium. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer – 2004)

Indsatsområde B

Overgang fra 9. klasse til gymnasiet

Mange af problemerne omkring undervisningen i matematik og naturfag er kendt fra andre vestlige lande, men nogle er specielle for det danske uddannelsessystem. Således er det velkendt, at der i Danmark er store barrierer mellem de forskellige dele af uddannelsessystemet og specielt mellem folkeskole og gymnasium.

Projektet skulle afdække nogle af de problemer, der for eleverne er forbundet med overgangen fra folkeskole til gymnasium - især i faget matematik – og undersøge, hvordan problemerne kan mindskes.

Projektet er blevet evalueret i tre omgange. Efter de første to år foretog forskere fra Learning Lab Denmark i 2002 en midtvejsevaluering med hovedvægt på Robolab-delen. Evalueringen blev gennemført som fokusgruppintervjuer med de deltagende lærere samt nogle elever fra en folkeskole og et gymnasium. I 2003 gennemførtes en evaluering med hovedvægt på matematik-delen. Denne evaluering blev gennemført som fokusgruppintervjuer med lærerne fra to sæt partnerskoler suppleret med spørgeskemabesvarelser fra øvrige deltagende lærere. I 2004 blev der gennemført en slutevaluering, som bestod af en spørgeskemaundersøgelse blandt de deltagende lærere og skolelederne.

Matematik i 9. klasse og i 1.g

Den overordnede hensigt var at bruge Mogens Niss' kompetencebegrebsapparat^{10, 11} på en kritisk brudflade i matematikundervisningen: Overgang fra en skoleform til en anden.

Formålet var for det første at forbedre undervisningen i matematik for eleverne i 9. klasse og i 1.g – og for det andet at forbedre matematiklærernes muligheder for at bygge bro mellem de to skoleformer gennem at udvikle forståelse og respekt for de overvejelser og metoder, der benyttes hos "den anden" – uden at blokere for den undervisning, der ellers skal udføres.

For det tredje var formålet at undersøge og beskrive hvilke forskelle, der er mellem de to skoleformer, og beskrive muligheder for at lærerne kan lære af hinanden, samt at tilvejebringe nogle eksemplariske forløb som stilles til rådighed for projektet *Matematik og naturfag i verdensklasse*.

Der kan nævnes en række eksempler på emner, der behandles både på folkeskolens afsluttende trin og på gymnasiets indledende trin. Fx lineære sammenhænge, rod & potens, klassisk geometri, analytisk geometri, ligningsløsning, læsning af matematiktekst, formidling af matematik, endelig/tællelig, prinital & forkortning, funktioner (repræsentation), modellering (rentesregning), brug af IKT. Projektet tog udgangspunkt i spørgsmålene:

¹⁰ Tomas Højgaard Jensen: Om kompetencebeskrivelse af matematisk faglighed med særlig opmærksomhed på overgangsproblemer. Se www.matnatverdensklasse (Publikationer – 2001).

¹¹ Kompetencer og matematiklæring. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18 - 2002

- Hvilke forskelle er der på de to skoleformers behandling af samme matematiske emne, fx lineære sammenhænge?
- Hvordan kan man hensigtsmæssigt tilrettelægge undervisningen i 9. klasse og i 1.g, så overgangen lettes for eleverne?

Evaluering

Indledningsvis skal nævnes at alle deltagende lærere har været glade for at samarbejde med lærere fra den anden skoleform¹². Der udtrykkes stor gensidig respekt for hinandens arbejde. Flere af de deltagende lærere vil gerne fortsætte en eller anden form for samarbejde; men hovedparten nævner tid som en nødvendig forudsætning - projektet har stillet 50 timer pr. år til rådighed for hver af de deltagende lærere.

Udgangspunktet for drøftelserne på skolerne har alle steder været den konkrete undervisning. Mens folkeskolelærerne udtrykker en vis interesse for at bringe kompetencebegrebet på banen også i en overgangsdiskussion, er der noget større skepsis hos gymnasielærerne, der er bange for, at det vil føre til for meget teoretisering, og for, at kompetencebegrebet er for ukonkret. Kompetencebegrebet har således ikke vist sig umiddelbart anvendeligt i denne sammenhæng - muligvis fordi det ikke var fuldt udfoldet ved projektets start.

Deltagerne har fokuseret på udvikling af undervisningsforløb, som kunne hjælpe lærere i begge skoleformer til at lette elevernes overgang, og på vidensdeling på de deltagende partnerskoler.

Oprindeligt havde projektgruppen forestillet sig, at partnerskolerne kunne udarbejde 2-3 matematik-undervisningsforløb pr. år, men virkeligheden blev, at der var tid og mulighed for ét pr. år. Flere af disse forløb er dokumenteret på projektets hjemmeside¹³. Disse forløb er ikke nyskabende, men tager udgangspunkt i de problemer, som lærerne som praktikere erfaringsmæssigt ved, elever på dette stade i skoleforløbet har: Generelt er der problemer med overgangen fra konkret til abstrakt tænkning, og elevernes forudsætninger herfor og udviklingstrin er meget, meget forskelligartede netop i 15-17 års alderen.

Vidensdelingen på de deltagende skoler hang på, at de samme partnerskoler deltog år efter år. Dette parameterkrav har været meget svært at opfylde - af logistiske og fag- og tjemæssige grunde. Et par partnerskoler bemærker dog i slutevalueringsskemaet, at (næsten) alle lærere i faggruppen har deltaget en eller flere gange i løbet af de fire år. Flere af deltagerne kritiserer, at indsatsområde B indeholdt flere forskellige tilbud: HOT-fysik, HOT-matematik, Robolab m.v. og at der var stor forskel på (og en vis usikkerhed overfor) hvem der deltog i hvad.

I princippet har eleverne i de klasser, hvis lærere deltog, ikke behøvet at mærke noget til projektet (de ved jo ikke hvordan det "plejer" at være). Ikke alle elever i 9. klasse skal fortsætte i (matematisk) gymnasium, og eleverne i en 1.g kommer her i hovedstadsområdet fra flere forskellige skoler.

¹² Jørgen Retsbo og Hans Otto Eriksen: Overgangen mellem folkeskolen og gymnasiet - Oplevelser og perspektiver i samarbejdet mellem matematiklærere. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer - 2004).

¹³ Se www.matnatverdensklasse.dk (Skoleprojekter)

Det fremgår klart af efterbehandlinger og evalueringer fra alle fire år, at det er givende for lærere på begge niveauer at vide mere om hvad der foregår hos "de andre", og ikke mindst om de betingelser der gives - både elevmæssigt og formelt.

Robolab i 9. klasse og i 1.g

Hensigten var at undersøge, hvordan man arbejder med projektarbejde med vægt på problemløsning og konstruktion i henholdsvis 9. klasse og 1.g

Projektet er gennemført tværfagligt - i folkeskolen i fagene matematik og fysik/kemi, i gymnasiet i fagene fysik og matematik i 1.g. Robolab blev brugt som eksperimentelt udstyr¹⁴, og med LEGO-klodser blev der bygge modeller, som kunne programmeres. Eleverne besluttede, hvordan deres model skulle opføre sig og lavede et edb-program, som overførtes til modellen. Udfordringen var at gøre ide til virkelighed.

Idéen er, at eleverne lærer en problemløsningsstrategi eller læringsstrategi, mens de på en søgende og eksperimenterende måde konstruerer sig frem til noget, der fungerer i virkeligheden på grundlag af noget de har tænkt. Et succesfuldt resultat af den manuelle konstruktionsproces har en tilbagevirkende positiv effekt på tankestrukturene¹⁵.

Evaluering

Både elever og lærere har været glade for Robolab¹⁶. Eleverne motiveres umiddelbart af arbejdet med udstyret. Opgaverne opleves som meningsfulde, og der arbejdes med stor kreativitet og virkelyst. Arbejdsformen er meget selvstændig og engageret. Der er i høj grad tale om differentieret undervisning, hvor samarbejde og projektlignende arbejdsformer er i højsædet. Eleverne får mulighed for at arbejde med problemstillinger, som har mange mulige løsninger. Det er en nyskabelse og en udvidelse af deres problemløsningskompetence og kreativitet, at de afprøver en hypotese og derefter helt naturligt går tilbage og retter på opgaveløsningen et utal af gange. Enkelte lærere nævner, at arbejdet med Robolab løfter elevernes abstraktionsniveau og fremmer deres lyst til samarbejde. Projektarbejdsformen er også anvendt af enkelte lærere til at lade eleverne arbejde konkret med logbøger, hvor der reflekteres over egen læring.

Folkeskoleeleverne føler, at forløbene var for korte til, at de naturligt hang sammen med den øvrige undervisning. Gymnasieeleverne kritiserer tilsvarende, at der ikke har været umiddelbar sammenhæng mellem arbejdet med Robolab og det øvrige arbejde med matematik og fysik. Moralen er, at lærerne skal designe undervisningsforløbene med sigte på faglige mål og sikre, at eleverne ser den faglige dimension i projektet.

I ret betydeligt omfang har brugen af Robolab spredt sig uden for gruppen af deltagende lærere. På enkelte skoler har der været afholdt kurser for kolleger, som har gennemført undervisningsforløb,

¹⁴ Bjarne Thams: Eksperimentel undervisning i gymnasiet - med Robolab. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer - 2000).

¹⁵ Se fx <http://www.mikrov.dk/robloab> og <http://www.dlh.dk/mat/fys/robolab//index.html>

¹⁶ Troels Stig Christensen: Robolab - undervisning der ruller. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer - 2004).

de har været glade for. På enkelte skoler er Robolab blevet en del af skolekulturen, som eksempel ved, at Robolab bliver brugt som indgangsprojekt i introduktionsugen for alle elever på matematisk linie.

Der er opbygget en omfattende materialesamling på projektets hjemmeside. Endvidere er der skrevet en ”brugervejledning” til støtte og inspiration for kommende Robolab-brugere¹⁷. Endelig er der et efteruddannelseskursus under udarbejdelse med henblik på at tilbyde det til skoler, som vil gå i gang med Robolab.

Robolab har været medvirkende til, at eleverne får et mere positivt syn på fysik og lyst til at undersøge og eksperimentere. På enkelte skoler føler de deltagende lærere, at det kollegiale samarbejde med udgangspunkt i Robolab er fremmet, specielt mellem klassernes fysik- og matematiklærere.

Skolelederne er meget positive i deres syn på Robolab. De mener, at lærerne i projektet har delt erfaringer og fået større lyst til at arbejde tværfagligt – også med andre fag end matematik og fysik. De har fået en faglig impuls og et pædagogisk løft.

HOT-projektet

Det var udviklingsprojektets mål at opnå, at eleverne hurtigt lærer at leve op til de krav om abstraktion, som er en forudsætning for at tilegne sig gymnasiets fagstof i fysik og matematik. Derved vil overgangen fra 9. klasse kunne lettes. I projektets første år har den indledende gymnasieundervisning i fysik været i fokus, og først senere er matematikundervisningen inddraget.

Projektet, som er inspireret af det engelske såkaldte CASE projekt, har i de seneste år i Danmark været benævnt HOT, hvilket står for Højere Ordens Tænkning^{18, 19, 20}. Projektet har været gennemført i samarbejde med Center for Naturfagernes Didaktik, Aarhus Universitet, som har stået for udvikling af materialer til opgaverne og for efteruddannelseskurser for lærerne.

Projektet skulle give svar på spørgsmålet, om det er muligt at accelerere elevens kognitive udvikling gennem undervisningen i fysik og matematik. Ideen er, at eleverne gennem en række tilrettelagte opgaver, såvel praktiske som teoretiske, hurtigt opnår at lære at leve op til de krav om abstraktion, som de møder i gymnasiet. I projektets sidste år har lærerne i højere grad selv udviklet opgaver og undervisningsforløb frem for at overtage færdige opgaver.

Evaluerings

¹⁷ Signe Kvist Mengel og Christine Holm: Første gang med Robolab. Se www.matnatverdensklasse.dk (Uv-materialer)

¹⁸ Poul V. Thomsen og Jens Holbech: Bedre Tænkning gennem Fysikundervisning. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer - 2000).

¹⁹ Leif Henriksen og Ejnar Hobolth: TAFAT – Træning Af Folkeskoleelevers Abstrakte Tænkkeevne. Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer - 2000).

²⁰ Peter Limkilde: HOT (i matematik-fysik). Se www.matnatverdensklasse.dk (Publikationer – 2004).

Der er endnu ikke færdiggjort en egentlig evaluering af elevernes udbytte, da medarbejderne ved CND har måttet varetage andre opgaver specielt i projektets sidste år. Projektgruppen har derfor foretaget en mindre spørgeskemaundersøgelse blandt sidste års deltagende lærere, og den viser, så langt man nu kan slutte af det ret spinkle grundlag, at HOT-projektet - uden at være en "mirakelkur" - fungerer godt. Lærerne vil også i fremtiden inddrage projektets ideer i deres undervisning, de vil gerne fortsat deltage i et netværk omkring projektets ideer, og de mener, at elevernes udbytte, specielt i starten, er stort.

Det forventes, at CND gør undervisningsmaterialet færdig til publikation på grundlag af de indhentede erfaringer.

Indsatsområde C

Matematik og natur/teknik i 5.-6. klasse

Formålet med projektet var at styrke almindelse i matematik og naturfag i en humanistisk præget skole. Projektet tog udgangspunkt i at understøtte de team på den enkelte skole, der underviser i matematik og natur/teknik, og sigtede mod at udvikle lokale læseplaner i matematik og natur/teknik, der kan øge sammenhæng og progression i undervisningen.

Projektet er gennemført efter nedenstående skabelon:

2000/01	2001/02	2002/03	2003/04
Fagopdelte temaer	Tværfagligt emne "Astronomi"	Storyline	Projektarbejde
Kursusforløb i 18 timer <ul style="list-style-type: none"> • Robolab • Matematik • Natur/teknik 	Kursusforløb i 24 timer <ul style="list-style-type: none"> • Astronomi • Robolab 	Kursusforløb i 12 timer <ul style="list-style-type: none"> • storylinemetoden og brugen af denne i de to fag • Robolabkurser for ny lærere i projektet og lærere i natur/teknik 	Kursusforløb i 6 timer <ul style="list-style-type: none"> • projektarbejdsformen
Lærerne gennemførte undervisningsforløb i egne klasser med emnet "mønstre"	Konsulenterne var supervisorer for undervisningen i Astronomi på skolerne	Konsulenterne deltog i planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningsforløbene på skolerne	Konsulenterne deltog i planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningsforløbene på skolerne
Evaluerings: <ul style="list-style-type: none"> • lærer-spørgeskema 	Evaluerings: <ul style="list-style-type: none"> • Fokusinterview • Elevbreve til "kære marsmand" 	Evaluerings: <ul style="list-style-type: none"> • fokusinterview • elev-spørgeskemaer 	Evaluerings: <ul style="list-style-type: none"> • fokusinterview • elev-spørgeskemaer

Projektet har arbejdet med at tilrettelægge matematikforløb i 5. og 6. klasse, der fokuserer på evnen til at generalisere og abstrahere, og som tilgodeser de elever, der i denne alder er mest motiverede for dette.

Der er undervejs i forsøget arbejdet med nogle forløb, der alle har som formål at arbejde med et bestemt matematisk emne. Det har været hensigten at tage udgangspunkt i et problem, hvor eleverne i starten arbejder helt konkret, men hvor der arbejdes hen imod en generel teoridannelse, således at teorien kan bruges i nye problemstillinger²¹.

I natur & teknik har projektet undersøgt, i hvor høj grad eleverne tilegner sig problemløsningsstrategier ved at arbejde med Robolab. Med brug af Robolab blandes indlæring og leg med teori og praksis²². Idéen er, at eleverne lærer en problemløsningsstrategi, mens de på en

²¹ Lisser Rye Ejersbo og Michael Wahl Andersen: Problemhåndtering. Se www.matnatverdensklasse.dk

²² Mitchel Resnick, MIT Media Lab: Technologies for Lifelong Kindergarten. ETR&D, Vol. 46, No. 4, 1998

søgende og eksperimenterende måde konstruerer sig frem til noget, der fungerer i virkeligheden på grundlag af noget de har tænkt.

Til projektet har været tilknyttet undervisere fra Danmarks Pædagogiske Universitet, CVU-Storkøbenhavn og CVU København Nordsjælland. De har deltaget som undervisere på kurserne og være supervisorer og konsulenter på skolerne. Efter hvert år blev der afholdt et fælles evalueringsmøde, hvor undervisere, lærere og projektledere deltog.

Evaluering

Målsætningen for projektet er opnået, da lærerne har opnået et øget indsigt i fagenes didaktik og målrettet har arbejdet med fagenes progression. Lærerne i natur/teknik er blevet mere ”modige” i og med, at de nu i højere grad tør frigøre sig fra slavisk at følge en bog, og i matematik har lærerne oplevet at elevernes læring øges gennem brugen af ”åbne spørgsmål”.

Vidensdelingen på den enkelte skole var også et fokusområde. Her kunne der klart spores en udvikling fra ingen viden om, hvad der skete i hinandens klasser i projektet første år, til samarbejde og udstillinger, der blev set af alle i projektets sidste år.

På baggrund af hele det fire-årige forløb kan følgende konkluderes:

- En konstant faktor i projektet har været konsulenterne og klassetrinnet. Erfaringsindsamlingen har givet netop konsulenter en stor indsigt i netop dette klassetrin. Opgaver og hjælp, som blev ydet det første år, hjalp lærerne til en god undervisning, men uden at udvikle lærernes egne evner til at producere undervisningsmaterialer. Dette år var spørgeteknikker nok det, der gav det største udbytte på sigt. Astronomiemnet – i projektets 2. år - var for svært matematisk for klassetrinnet. Storylineemnet – i projektets 3. år - var året med størst succes. Denne form passede godt sammen med klassetrinnene, og lærerne var iderige både i planlægningen og i udførelsen af projektet. Matematikken blev opfattet meget nem at få ind i disse forløb. Projektarbejdsformen – projektets 4. år - var svært at gennemføre på dette klassetrin.
- Lærerne fik mest ud af, at en stor del af undervisningen foregik som vejledning ude på selve skolerne, hvor konsulenterne deltog i planlægningen, gennemførelsen og evalueringen af undervisningsforløbet.
- Vidensdelingen på egen skole udviklede sig gennem årene.
- Beskrivelser af de enkelte undervisningsforløb betød, at lærerne fik reflekteret over egen praksis også i planlægningsfasen, da de var bevidste om, at forløbes skulle beskrives.

Robolab indgik i projektets første tre år. Evalueringen af Robolab viser, at arbejdet med dette på mellemtrinnet er svært – teknisk og organisatorisk- og derfor er det nok mere egnet til undervisning i folkeskolens ældste klassetrin.

Eleverne er undervejs blevet spurgt om, hvordan de har oplevet at indgå i projektet. Alle svarene har vist, at de stort set har oplevet at de emner, der blev arbejdet med, var interessante, og flere svar viser, at mange elever oplevede at undervisningen var lidt ”anderledes” i de perioder, hvor de arbejdede i projektet. Dette er især tydeligt sidste to år.

Vurdering af projektmodellen

I vurderingen af den benyttede projektmodel har det betydning, at stort set alle de interviewede lærere har været glade for projektet. Alle er enige om, at de har fået et efteruddannelsesmæssigt løft, og at det har været personligt udviklende for dem at deltage. Mange lærere nævner det som en stor fordel, at flere lærere på samme skole har været med i projektet og kan udveksle erfaringer. Lærerne understreger generelt den positive effekt af, at projektet har strakt sig over lang tid og har involveret mange kolleger - også på andre skoler.

Det var projektets erklærede hensigt at bygge både på fagdidaktiske forskningsresultater og nye fagligt pædagogiske ideer, men alligevel er projektet er kun i begrænset omfang funderet på ekspliciteret fagdidaktisk teori. Indsatsområderne er fastlagt gennem åbne diskussioner i projektgruppen med inviterede ressourcepersoner, og der var kun få af de foreslåede indsatsområder, hvor projektgruppen fandt umiddelbart anvendelige teoridannelser. En markant undtagelse er HOT-projektet, der bl.a. bygger på Jean Piaget's teorier, og i mindre tydelig grad Robolab-projekterne, der oprindeligt er funderet i Seymour Papert's "konstruktionisme".

De udvalgte delprojekter fokuserer derimod i høj grad på problemstillinger med udspring i lærernes professionelle praksis og bygger snarere på nye pædagogiske ideer og nye praktiske muligheder, fx brug af computere, samarbejde med erhvervsvirksomheder, Robolab o.l. Vægten i projektet har helt overvejende været på udvikling frem for forskning.

Hele projektet har i en vis forstand karakter af et åbent eksperiment, fordi der som hovedregel ikke har været stillet krav til de deltagende lærere om at afprøve noget efter bestemte retningslinjer, fx brugen af computer eller brugen af Robolab. Der har ikke på forhånd været udviklet eller fremskaffet undervisningsmateriale til afprøvning, og der har kun i enkelte delprojekter på forhånd været opstillet didaktiske eller andre hypoteser til afprøvning med henblik på at undersøge elevernes læringsudbytte, interaktion i klasseværelset, ændret arbejdsbyrde for læreren, forskydning i elevernes eller lærernes arbejdsformer, ændringer i begrebsdannelsen hos eleverne eller andet.

Det åbne oplæg til de deltagende lærere har helt åbenlyst haft den effekt at alle lærerne føler en høj grad af ejerskab til projektet. Lærerne har ifølge eget udsagn gjort mange erfaringer under projektets forløb, som de vil bruge i deres arbejde fremover.

Fordi projektet har omfattet relativt mange lærerkollegier og adskillige kolleger fra hvert og løbet over relativt lang tid, har det nået at "etablere sig" på skolerne i form af en uformel netværksdannelse. Dermed har formidlingen af erfaringer og viden mellem og fra de deltagende lærere gode vilkår, og tilsyneladende er der et udbredt kendskab til projektet rundt omkring på gymnasierne i hovedstadsområdet. Der har tilsyneladende været en form for videreformidling af erfaringerne på de fleste skoler, og både materialet på *skolekom*-konferencen og på hjemmesiden bliver tilsyneladende benyttet af andre.

Projektgruppen har lagt stor vægt på opsamling og formidling af undervisningsmateriale, som deltagerne løbende har produceret, fortrinsvis på gymnasieniveau. Desuden har der været ydet "manuskriptstøtte" til mere omfangsrigt undervisningsmateriale med henblik på at færdiggøre et

manuskript, som andre lærere derefter kunne afprøve. Efterfølgende har projektgruppen etableret kontakt til forlag med henblik på en eventuel udgivelse.

De dele af projektet der består i afprøvning af materiale, som andre deltagere har udarbejdet, kan ses som anden generation af udviklingsprojektet, idet de indvundne erfaringer herved bearbejdes og videreudvikles, metoderne kan forfines, og nye idéer kan opstå og udvikles på basis af dette. I den almindelige danske gymnasieskolekultur, som i høj grad er præget af at læreren selv tilrettelægger og kontrollerer sin undervisning, er en sådan kollektiv udvikling af undervisningsmateriale gennem flere "generationer" ikke særlig udbredt. En sådan proces vil kunne styrkes i kommende projekter ved at indlede med en pilotprojekt, hvor den første version af et eksemplarisk undervisningsmateriale bliver produceret.

Den model for fagdidaktiske udviklingsprojekter, der er afprøvet i *Matematik og naturfag i verdensklasse* ser ud til at have været succesfuld. Den kan sammenfattes til nedenstående udviklingsmodel.

Fra pædagogisk ide til undervisningspraksis *- en udviklingsmodel*

Udviklingsmodellen²³ omfatter fem faser, der kræver hver deres fokus og ekspertise.

Idefasen: Her er der fokus på forskningsresultater og den aktuelle fagdidaktiske debat. Initiativet ligger hos projektledelsen, der sammen med relevante eksperter tilrettelægger projektet. I denne fase drejer det sig om at udvikle den grundlæggende ide til en projektbeskrivelse.

Udviklingsfasen: Her er der fokus på udviklingen af projektet i detaljer. Initiativet ligger hos en projektgruppe sammensat af undervisere og forskere. I denne fase drejer det sig om at udvikle en første version af undervisningsmaterialer og metoder igennem et pilotprojekt.

Afprøvningsfasen: Her er der fokus på afprøvning af projektet på et antal skoler og med en større gruppe lærere. Det er ønskeligt, at der deltager 5-10 skoler og 20-30 lærere. Initiativet ligger hos projektledelsen, der styrer afprøvningen sammen med lærerne. Lærernetværket understøttes gennem etablering af en netbaseret konference og gennem afholdelse af kurser, seminarer mv. I denne fase drejer det sig om evaluering af projektet og udvikling af lærernes kompetence.

Formidlingsfasen: Her er der fokus på opsamling, bearbejdning og formidling af resultaterne, fx i form af undervisningsmaterialer, kursuskoncepter ol. Initiativet ligger hos projektledelsen, der finder forfattere, kursusledere mv. I denne fase drejer det sig om at publicere resultaterne på en form, der gør dem let tilgængelige for andre brugere.

Driftsfasen: Her er der fokus på implementering af resultaterne i den almindelige undervisning. Projektledelsen søger samarbejde med forlag, kursusarrangører ol. med henblik på udgivelse af undervisningsmaterialer, afholdelse af kurser osv. I denne fase drejer det sig om at overdrage ejerskabet til resultaterne til andre, som kan videreføre dem på en professionel måde.

²³ Inspireret af "vækstmaskinen" brugt af PreVenture (Lars Kolind). Berl. Tid. 20. juli 2003

Deltagende skoler

A. Højt niveau i gymnasiet på matematisk linje

Allerød Gymnasium
Helsingør Gymnasium
Gl. Hellerup Gymnasium
Herlev Gymnasium (2001/03)
Ishøj Gymnasium (2001/04)
Greve Gymnasium
Himmelev Gymnasium
Vestre Borgerdyd Gymnasium og HF (2000/03)

B. Overgang fra 9. klasse til gymnasiet

Rungsted Gymnasium og
Rungsted Skole (2001/02), Hørsholm Skole (2002/04)

Gl. Hellerup Gymnasium og
Dronninggård Skole (2000/02), Gentofte Skole (2002/04)

Virum Gymnasium (2001/04) og
Virum Skole (2001/2004)

Frederiksberg Gymnasium og
Duevejens Skole (2000/02), Ny Hollænderskolen (2002/04)

Christianshavns Gymnasium og
Peder Lykke Skolen

Rysensteen Gymnasium og
Den Classenske Legatskole

C. Matematik og natur/teknik i 5.-6. klasse

Skolen ved Bülowsvej
Søndermarkskolen
Amager Fælled Skole
Rødkilde Skole (2000/03)

Deltagende elever, indsatsområde A

Studenter- årgang	Gymnasium	Antal elever mat. linje:m	Antal elever mat/fys: mf	Antal elever mat/kem: mk	Procentandel (mf+mk)/m
2004	Allerød	98	28	0	29
	Helsingør	48	6	14	42
	Gl. Hellerup	144	23	0	16
	Ishøj	44	12	6	41
	Greve	100	15	0	15
	Himmelev	68	16	0	24
	I alt	502	100	20	24
2003	Allerød	97	30	0	31
	Helsingør	35	14	5	54
	Gl. Hellerup	117	21	0	18
	Ishøj	33	12	7	58
	Greve	112	7	0	6
	Himmelev	66	14	0	21
	I alt	460	98	12	24
2002	Allerød	75	14	0	19
	Helsingør	43	7	10	40
	Gl. Hellerup	135	18	0	13
	Ishøj	34	13	11	71
	Greve	113	14	0	12
	Himmelev	73	12	0	18
	I alt	473	78	21	21
2001	Allerød	73	10	0	14
	Helsingør	44	8	11	43
	Gl. Hellerup	122	16	0	13
	Ishøj	38	7	4	29
	Greve	110	18	0	16
	Himmelev	66	12	0	18
	I alt	453	71	15	19

Tabellen viser den andel af gymnasiernes elever, som har deltaget i projektets indsatsområde A. *Højt niveau i gymnasiet på matematisk linje.* Den første studenterårgang, som deltog i projektet, er årgang 2002. Årgang 2001 er medtaget som reference.

Det skal bemærkes, at de store gymnasier også har haft elever, som har valgt fysik eller kemi på højt niveau uden at have valgt en fagpakke. Gl. Hellerup Gymnasium har således hvert år haft cirka lige så mange elever med fysik eller kemi uden fagpakke, og Greve Gymnasium har hvert år haft cirka ligeså mange elever med kemi uden fagpakke.

Det fremgår af tabellen, at den procentvise andel af elever på matematisk linje, som vælger matematik og fysik på A-niveau (eller matematik og kemi på A-niveau), har været stigende gennem projektets forløb. Samtidig fremgår det også, at der er meget store forskelle skolerne imellem.