

# Udfordringer for det tværfaglige samspil i gymnasiet

*Stinne Hørup Hansen, Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet*

*Artiklen beskriver erfaringer fra et tværfagligt forløb mellem fysik, kemi, biologi og matematik i en 1. g-klasse. Baseret på klasserumsobservationer og interviews fremlægges, ved hjælp af en række cases om lærernes tværfaglige tolerance, tværfaglig undervisning af enkeltfaglig lærer og elevernes håndtering af tværfagligheden, de udfordringer der kan opstå når fire fag og ikke mindst fire lærere skal samarbejde om et tværfagligt forløb. Det vurderes at lærerne ikke besidder de tværfaglige kompetencer der kræves for at integrere fagene i et samlet forløb frem for at køre parallelundervisning uden fagoverskridende aspekter. Det faglige samspil blev således overladt til eleverne.*

## Introduktion

Med gymnasiereformen der trådte i kraft i august 2005, stilles der krav til øget samspil mellem de naturvidenskabelige fag. Der lægges således op til et tættere samarbejde mellem fagene, men for at dette kan lade sig gøre, skal både elever og lærere forsynes med de didaktiske redskaber der er nødvendige for at håndtere fagintegrationen.

Nærværende artikel er en fremlæggelse af et undervisningsforløb for fysik, kemi, matematik og biologi i en 1. g-klasse på et dansk bygymnasium. Jeg fik mulighed for at deltage i planlægningen og afviklingen af det tværfaglige projektforsøg i begyndelsen af mit ph.d.-studium. Da der i gymnasiereformen er krav om at gymnasieskolerne sammensætter lærerteam til varetagelse af tre tværfaglige forløb, nemlig Almen sprogforståelse, Naturvidenskabeligt grundforløb og Almen studieforberedelse, havde gymnasiets biologi-, fysik-, matematik- og kemilærere, i en 1. g-klasse fået til opgave at gennemføre et tværfagligt projekt i foråret 2005. Projektet var således en forberedelse til gymnasiereformen og de teamorganiserede tværfaglige projektforsøg. Undervisningsforløbets krav og udfordringer kan i store træk sammenlignes med de problemstillinger lærerne aktuelt møder i afviklingen af Naturvidenskabeligt grundforløb.

I artiklen vil jeg behandle de udfordringer jeg observerede ved at fire fag og ikke mindst fire faglærere skulle arbejde sammen. De relevante problemstillinger fra det tværfaglige forløb vil blive eksemplificeret ved en række cases. Afslutningsvis vil jeg komme med et bud på hvordan man kan forbedre kvaliteten af tværfagligt projektarbejde i praksis.

Jeg er opmærksom på at man i gymnasiale sammenhænge foretrækker at anvende begrebet “samspil mellem fagene” og i andre sammenhænge “fagintegration” eller “interdisciplinaritet” i stedet for tværfaglighed. Betegnelserne dækker alt fra parallelundervisning i flere fag inden for samme emne til total fagintegration. I dette projekt valgte jeg at bruge betegnelsen tværfaglighed da det er et begreb eleverne er fortrolige med. Tværfagligheden i projektet bestod i starten fortrinsvis af parallelundervisning, mens fagene stort set var integreret i slutningen af forløbet. Dette vil blive uddybet senere i artiklen.

## Projektet

### Emne

Stråling blev valgt som det overordnede emne for projektet da det indgår i pensum i fysik og anvender eksponentialfunktionen og halveringskonstanten fra matematik. En afgørende faktor for emnevalget var at alle lærerne kunne se relevansen af at belyse emnet fra netop deres fag.

### Koncept

Projektets formål var at lade eleverne udarbejde en rapport om et emne inden for stråling og dernæst lave en mundtlig fremlægning af rapporten. Rapporten blev udarbejdet i grupper valgt af lærerne ud fra det princip at grupperne skulle bestå af fagligt stærke og svage elever. Eleverne blev introduceret til projektet og emnet stråling ved hjælp af et kompendium jeg udarbejdede efter aftale med lærerne. Kompendiet handler om en 16-årig pige og beskriver kortfattet i hvilke sammenhænge hun kommer i forbindelse med stråling af forskellig art, eksempelvis fra solariebrug og mobiltelefoni – situationer som eleverne kan relatere til (figur 1 viser et uddrag af kompendiet). Kompendiet afsluttes med uddybende information om stråling samt en liste over de emner inden for stråling grupperne kunne vælge at arbejde videre med (se tabel 1).

Sol, solarier, fotosyntese & D-vitaminer	Kræft. Initiering og behandling
Mobiltelefonstråling og hjernens kemi	Fosterdianostik og ultralydskanning
UV-stråling	Røntgenstråling
Radio og tv-bølger	Farver. Farvestoffer. Synligt lys
Mutationer, DNA, planteavl og udvikling af nye arter.	Strålesyge, direkte kropslige reaktioner på stråling
Daglig bestråling (madvarer, radonstråling i huse)	Kosmisk stråling. Gammaglimt fra sorte huller.

Tabel 1. Tværfaglige emner grupperne kunne vælge at arbejde med.

Projektets koncept kan relateres til de kriterier der ifølge Mitchell (1993) skal være opfyldt for at elevernes interesse for et emne stimuleres og fastholdes. Princippet i Mitchells model er at man kan fange elevers interesse ved at stimulere dem følelsesmæssigt og forståelsesmæssigt ved at lade dem arbejde i grupper, anvende computere og udføre små udfordrende opgaver og forsøg der kræver kreativ tænkning. For at fastholde interessen skal eleverne føle at projektet er meningsfuldt, og de skal udstyres med de kundskaber der skal til for at håndtere opgaven. Ved at lade eleverne arbejde selvstændigt i grupper og selv vælge et emne inden for stråling, udarbejde en problemformulering, planlægge projektets forløb og søge information på internettet forventede vi at fange og fastholde elevernes interesse.

Mit fokus i denne artikel er elevernes og lærernes håndtering af tværfagligheden. Derfor vil jeg ikke komme nærmere ind på interessebegrebet og hvilken effekt projektet havde på elevernes interesse for naturvidenskab.



Ursulla kan rigtig godt li' grapefrugter med rødt kød. De er fremavlet ved at bestråle kernerne fra de gule grapefrugter med gamma-stråler. Ursulla synes det lyder lidt uhyggeligt med strålerne og spekulerer over om grapefrugterne indeholder gamma-stråler og om det faktisk er sundt at spise dem.

Hvad sker der med kernerne når de bliver bestrålet?

Hvad er gamma-stråler?

Figur 1. Uddrag fra inspirationsmateriale der introducerer til et tværfagligt projekt om stråling.

## Faglige krav

Alle fire fag har en række obligatoriske afleveringer i løbet af året som omfatter opgaveregning i matematik og rapporter over praktiske forsøg i biologi, fysik og kemi. Dette betød at projektet skulle afsluttes med en rapport hvor alle fagenes krav til afleveringer blev imødekommet. Matematiklæreren var den eneste lærer der udleverede et ark med de krav der blev stillet til matematik. På arket stod blandt andet:

Rapporten skal indeholde følgende:

1. En redegørelse for hvad der forstås ved en eksponentiel udvikling, og hvad det har med radioaktiv stråling at gøre.
2. En redegørelse for, hvad der forstås ved halveringstid.
3. En beskrivelse af hvad enkeltlogaritmisk papir er for noget, og hvordan det bruges i forbindelse med eksponentielle udviklinger.
4. En redegørelse for hvordan vi laver eksponentiel regression på TI-89.

Find selv eksempler, der anskueliggør de enkelte punkter.

Biologilæreren havde skaffet bestrålede frø fra Risø til alle grupperne. Frøene skulle dyrkes, og forholdet mellem strålingsdosis og planternes højde skulle afbildes, og der skulle redegøres for resultaterne. De officielle krav fra kemi- og fysiklærerne var mindre strukturerede end i biologi og matematik. Kravene var at grupperne skulle udføre et forsøg inden for hvert fag, gerne i relation til deres emne, og redegøre for forsøget som en del af rapporten.

## Det praktiske forløb

Elevernes hjemmearbejde som optakt til forløbet var at læse kompendiet om stråling. Den første dag med projektet havde eleverne fysik, og fysiklæreren valgte at bruge timen til at demonstrere forskellige former for stråling for at fange elevernes interesse for emnet. Eleverne oplevede hvordan en sprunget pære kan begynde at lyse ved at sætte den i et glas vand i mikrobølgeovnen. Eleverne så også hvordan lyset spredes ved at blive sendt igennem et gitter, hvilket førte til en kort gennemgang af bølger og det elektromagnetiske spektrum. Resten af timen blev brugt på at vælge emner i grupperne.

Tre af grupperne valgte at skrive om kosmisk stråling, to af grupperne om stråling og kræft mens den sidste gruppe valgte at skrive om stråling og farvernes verden.

Det praktiske forløb så således ud:

- Introduktion til emnet via kompendium samt tavleundervisning om stråling i fysik og kemi

- Emnevalg i grupper
- Litteratursøgning
- Skrive problemformulering
- Dyrke planter af bestrålede frø i biologi
- Udføre forsøg i fysik og kemi
- Redegøre for eksponentiel udvikling og halveringskonstanten i matematik
- Skrive dagbog på intranettet
- Udarbejde tværfaglig rapport
- Mundtlig fremlæggelse

Ved at afslutte projektet med en mundtlig fremlæggelse blev elevernes mundtlige formidlingsfærdigheder trænet. Denne afslutningsform stillede krav til at alle fire lærere var til stede samtidigt, hvilket på det tidspunkt var en meget usædvanlig situation i gymnasiet.

Projektet blev afviklet i løbet af tre uger.

### **Etnografisk metode**

Mit formål med at forske i forløbet var at undersøge hvorvidt det var muligt at lave et tværfagligt forløb imellem matematik og de naturvidenskabelige fag hvor eleverne oplevede at faggrænserne blev udvisket. Dette krævede således at jeg samarbejdede med lærerne om planlægningen af projektet så nedbrydningen af faggrænserne blev en del af forløbets overordnede struktur. Konkret udarbejdede jeg det korte inspirationskompendium om stråling og var fortaler for at projektet blev afsluttet med en samlet rapport og en mundtlig fremlæggelse. Fordelen ved aktivt at samarbejde med lærerne i planlægningen er at man som forsker får indblik i planlægningsprocessen samtidig med at man kan påvirke den i den retning man ønsker. Fordele og ulemper ved at samarbejde med lærerne er uddybende beskrevet i en artikel af Paul Cobb (Cobb, 2000).

Under selve afviklingen af projektet anvendte jeg en teknik kaldet "deltagende observatør" (Zevenbergen, 1998) som etnografisk metode til at indsamle data. En af fordelene ved som forsker at være deltagende observatør og dermed blive betragtet som en "ekstra lærer" er at der opstår en højere grad af fortrolighed og afslappethed hos lærerne og eleverne end hvis man var en fremmed og tavs observatør af undervisningen.

Jeg var til stede under hele forløbet og observerede elevernes arbejde og deres kontakt med lærerne. Jeg afsluttede projektet med spørgeskemaer og deltog efterfølgende i klassens årsprøve i fysik, hvor eleverne kunne trække spørgsmål om emnet stråling og deres egen rapport. 1 1/2 år efter projektet vendte jeg tilbage til klassen for at interviewe elever fra hver af grupperne. I den forbindelse stillede jeg spørgsmål

til deres oplevelser og minder om strålingsprojektet samt om deres oplevelser med tværfaglige projekter generelt.

Det empiriske materiale er således indsamlet fra flere vinkler:

- Feltnoter. Observationer af elevernes samtaler internt i gruppen samt deres kontakt med lærerne
- Dagbøger fra gymnasiets intranet
- Spørgeskemaer ved projektets afslutning
- Observation af mundtlig årsprøve i fysik
- Interviews med eleverne 1 1/2 år efter projektets afslutning

I denne artikel har jeg valgt at anvende resultater fra observationer og interviews.

## Resultater og observationer

Jeg valgte at fokusere på hvordan eleverne håndterede samspillet mellem fagene, og dermed hvordan de evnede at navigere rundt mellem fagene og integrere alle fagene i en samlet rapport. Under forberedelsen af projektet blev jeg klar over at et andet vigtigt fokusområde var lærerne. Det følgende handler således både om lærernes håndtering af det tværfaglige aspekt samt elevernes måde at håndtere samspillet mellem fagene på.

Jeg præsenterer resultaterne ved hjælp af udvalgte cases der belyser undervisningssituationen og bidrager til evalueringen af forløbet.

### Case 1: Lærernes tværfaglige tolerance

Lærernes største udfordring var at bidrage tværfagligt til forløbet. Særligt matematiklæreren havde svært ved at se mulighederne for fagoverskridende opgaver. Som det fremgår af nedenstående uddrag fra en samtale mellem matematiklæreren og én af grupperne, insisterede matematiklæreren direkte på at eleverne skulle aflevere matematikdelen i en separat rapport da han opdagede at eleverne ikke havde arbejdet med matematikdelen selvom der stod matematik på skemaet.

Følgende er et uddrag af samtalen mellem en gruppe og matematiklæreren (ML):

Magnus: Vi har ikke lavet noget matematik endnu. Vi regnede med at hvis vi gik videre med projektet vil vi støde på noget matematik.”

Karen: “Vi skal bare have nogle stoffer med deres halveringstid og så regne på det. Vi vil gerne have noget der hænger sammen med vores projekt.”

ML: “I skal lave en delrapport der kun handler om matematik.”

Efter denne episode talte jeg med matematiklæreren og opfordrede til at lade matematikken være en del af den samlede rapport og dermed støtte det tværfaglige koncept vi i fællesskab var blevet enige om under et af planlægningsmøderne. Matematiklæreren skrev efterfølgende en mail til lærerne og undertegnede:

Jeg har efter ønske fra flere grupper (og Stinne) besluttet at bede grupperne inddrage matematikken i den fælles rapport, og altså ikke forlange en særskilt matematik-delrapport.

Mange lærere, og dermed også elever, ser faget matematik isoleret fra de naturvidenskabelige fag, og de besidder ikke de tværfaglige kompetencer der kræves for at integrere matematikken i for eksempel fysik (Michelsen, 2006). Michelsen (2001) gennemgår hvorledes elever kan modellere eksponentialfunktionen ved at simulere radioaktivt henfald. Modellering åbner muligheden for samspil mellem matematik og de naturvidenskabelige fag, og det havde været en mulighed at benytte denne metode til at introducere eleverne for eksponentialfunktionen i dette konkrete projekt. I den forbindelse henviser jeg til Undervisningsministeriets faglige rapport om matematik: Kompetencer og matematiklæring (2002), som blandt andet indeholder en række forslag til fornyelse af matematikundervisningen.

På spørgsmålet *“Hvad tror du lærerne synes om tværfaglig undervisning?”* svarede en af drengene følgende:

*“Jeg tror de synes det er besværligt i hvert fald. Men det kan måske gi’ en bedre indsigt og interessere eleverne mere, og det er jo sådan også en motivation for lærerne, kan man sige, at deres elever sådan får en kraftigere interesse for det. Men samtidig så er det også bare meget arbejde, og det er lidt kompliceret at gå ind i (...) Det er måske forskelligt hvor meget læreren kan li’ at man laver noget der måske ikke har noget med deres fag at gøre.”* (forfatterens fremhævning)

Når man arbejder tværfagligt ud fra et givent emne og uden detaljerede krav fra fagene, er det naturligt at der bliver lagt mere vægt på nogle af de involverede fag frem for andre. I de fleste tilfælde er det problematisk at bevare en rød tråd i rapporten hvis alle fag skal have lige meget vægt. En nedbrydning af faggrænserne kræver således at fagene ikke behøver at fylde lige meget, og at lærerne er villige (og kan tillade sig det i forhold til pensum og afleveringskrav) til at træde til side med deres fag og lade eleverne bestemme vægtningen af faget i forhold til deres rapport.

Lærernes manglende tværfaglige tolerance bunder i to ting. For det første var der nogle pensummæssige og afleveringsmæssige krav der skulle opfyldes for at de kunne bruge så forholdsvis mange timer på projektet. For det andet var lærerne usikre på at

træde ind på de andres fagområder. Dette bevirkede at de forsøgte at trække eleverne tilbage til deres egen "faglige hjemmebane" uafhængigt af det emne eleverne havde valgt at arbejde med.

## Case 2: Elevernes håndtering af tværfaglighed

Forløbets opbygning gav eleverne en skiftevis flerfaglig og enkeltfaglig tilgang til emnet. Når de mødtes med faglærerne, blev de bedt om at fokusere på de enkelte fag, mens de selvstændigt i grupperne arbejdede tværfagligt. Eleverne brugte meget tid på at tilgodese alle fagene og imødekomme de forskellige krav der blev stillet fra de fire fag.

Dreng:

"Jeg synes det er noget af det sværeste vi har haft [henviser her til matematikken]. Det er første gang vi har sådan noget rigtig gymnasieagtigt. Jeg havde forventet at det ville være sådan hele tiden. Det er også svært at tænke på alle fagene samtidig. Det første vi gør når vi mødes, er at snakke om hvordan vi kan få alle fagene med."

En af grupperne snakker med kemilæreren (KL).

Tina: "Vi skal lave et forsøg med at måle stråling indenfor og udenfor i eftermiddag."

KL: "Hvordan vil I få noget kemi med ind i det?"

Tina: "Kan vi lave et forsøg med frie radikaler? Bare sådan et lille et? Det er lidt kedeligt hvis vi alle sammen laver det samme."

Pia: "Vi har kun noget kemi med om dna."

KL: "Hvad forstår I ved dna? Et dna-molekyle er jo opbygget kemisk. Det kunne I jo skrive noget om."

Pia: "Hvad med den katastrofe i Tjernoby, kan der ske en evolution ved det? Kunne man ikke kæde det sammen med mutation?"

Astrid: "Har et nordlys ikke noget med kemi at gøre?"

KL: "Jo."

Tom: "γ-stråling, har det ikke noget med kemi at gøre?"

KL: "Jo, det er også meget fysik. Jeg tror at I skal lave forsøg med γ-stråler i fysik."

Astrid: "Kan man lave et forsøg med nordlys?"

KL: "Nordlys er noget med nogle exciterede elektroner."

Astrid: "At de henfalder."

KL: "Nej, at de hopper fra en energitilstand til en anden."

Astrid: "Er det ikke nok kemi?" [eleven håber på at kemilæreren er tilfreds hvis de skriver om nordlys].



I det ovenstående uddrag af en samtale med kemilæreren er det tydeligt at se at eleverne er forvirrede over hvordan de kan få alle fagene med, og usikre på om det er kemi eller fysik de beskæftiger sig med. De forsøger at få hjælp af kemilæreren som selv er lidt usikker på hvilken rolle kemi skal spille inden for det emne de skriver om. Samtalen viser at eleverne efterspørger hjælp, men i sidste ende overlades det til dem selv at få inddraget alle fagene og dermed tænke tværfagligt, hvilket sætter eleverne i en urimelig situation. Som nævnt i den forrige case kan det diskuteres om det overhovedet er rimeligt at forlange at alle fire fag skal være inkluderet i rapporten hvis ikke emnet er relevant at belyse fra eksempelvis en kemisk indgangsvinkel.

Det lykkedes dog flere af grupperne at udarbejde en rapport der på elegant vis binder alle fagene og forsøgene sammen. En af de grupper der valgte at skrive om kræft, stråling og mutationer, indleder 2. afsnit på følgende måde:

Først har vi lavet en biologirapport over et planteforsøg. Dette forsøg viser os, at stråling i høj grad går ind og påvirker cellerne og laver mutationer.

Overgangen til fysikken og de forskellige strålingstyper håndterede de på følgende måde:

Vi har valgt at beskæftige os med kræft, opstået som følge af radioaktiv stråling.

og videre til et afsnit om strålebehandling:

Stråling kan altså forårsage kræft. Men det kan også bruges som behandling.

Kemien fik de inddraget ved at beregne den energi der skal til for at bryde en OH-binding med følgende overgang:

Menneskekroppen består af 60 % vand. Derfor vil vi nu finde ud af hvad der sker når et vandmolekyle udsættes for stråling.

Beregningen førte dem til følgende sammenhæng:

Vi har nu bevist at bl.a. en gammastråle er nødvendig for at bryde en OH-binding. Vi har valgt at skrive nærmere om gammastråling, fordi den har den nødvendige energi, og en rækkevidde som er skadelig på mennesker fra en længere afstand.

Formålet med fysikforsøget blev dermed:

Vi vil se, hvor meget man kan bremse gammakilden, ved forskellige længder af spegepølse, fordi den indeholder meget vand og fedt ligesom menneskekroppen.

Til gengæld lykkedes det ikke gruppen at lave en overgang til matematikdelen, som derfor fremstår som et kapitel uden sammenhæng med resten af rapporten.

### Case 3: Informationssøgning

I projektet tilbragte eleverne megen tid ved computeren for at søge informationer på internettet. Resultatet af en internetsøgning er ikke fagopdelt, hvilket eksemplificeres af en google-søgning på ordet stråling der umiddelbart giver links til informationer fra ordbøger, Sonofon, Kræftens Bekæmpelse, Sundhedsstyrelsen, om Wilhelm Röntgen m.m.

Det var svært for eleverne at havne på et passende fagligt niveau ud fra søgninger på internettet – hvilket rapporterne også flere steder bærer præg af. Til gengæld fik de hjælp til tværfagligheden og blev ofte præsenteret for fascinerende informationer. Eksempelvis læste en gruppe om fantomkroppen Fred som er blevet sendt ud i rummet om bord på den internationale rumstation ISS.

Uddrag af rapport fra gruppe 5:

Han er blevet sendt med rumskibet for at besvare tre vigtige spørgsmål i målet på at finde ud af, hvor meget stråling astronauter egentlig modtager, når de tager ud i rummet. Der er endnu ingen astronauter, som er blevet ramt af strålesyge, men man er sikker på, at astronauterne vil få problemer med helbredet ved gentagende gange at blive udsat for stråling, da det går ind og forstyrrer cellernes funktionsdygtigheder.

Ved at inddrage Fred i deres rapport får gruppen perspektiveret strålingsemnet, og der lægges direkte op til en uddybelse af fænomenerne strålesyge og kosmisk stråling samt funktionen og anvendelsen af dosimetre m.m.

### Case 4: Tværfaglighedens styrke

En gruppe sidder og regner matematikopgaver. De har beregnet halveringstiden for et radioaktivt stof og reflekterer over resultaterne.

Anna: “Går der så mange år? Hvor vildt.”

Sofie: “Ja, prøv at tænke, der går så mange år før der kun er halvdelen tilbage.”

De regner lidt videre:

Sofie: “Hvor er det absurd, efter 3 mio. år, hvis vi har 16 g, har vi kun 1 g.”

Ved at regne på fysikken ved hjælp af den matematik de lige har lært, kommer eleverne til at reflektere over de resultater de får. Faktisk blev eleverne i denne gruppe så overraskede over resultaterne at de besluttede sig for at én skulle tjekke facit ved hjælp af en fysikbog, og en anden ville finde fysiklæreren og diskutere det med ham. Eleverne er opmærksomme på at de er i en tværfaglig kontekst, hvilket inspirerer dem til kritisk at vurdere resultaterne ud fra deres kendskab til fysik. Det er vigtigt at eleverne lærer at de gerne må bryde faggrænserne i andre sammenhænge end under tværfaglige forløb. Claus Michelsen (2001) anvender begrebet domæneudvidelse til at beskrive hvordan matematiske begreber kan overføres til og anvendes i fysik. Elever der danner matematiske begreber i et udvidet fagligt domæne, opnår mere bæredygtige og fleksible begrebsbilleder og er dermed i højere grad end normalt i stand til at identificere nye fagoverskridende situationer og problemstillinger hvor de nytilegnede ideer, modeller og begreber kan være relevante at anvende (Michelsen, 2001).

### Case 5: Flerfaglig undervisning af enkeltfaglig lærer

Ditte: "(...) Jeg har aldrig forstået hvad det er der vælger at henfalde. Hvorfor er det den halvdel og ikke den anden? Det er altid den samme halveringstid."

ML: "Forestil jer at det er ligesom en isterning der smelter."

Ditte: "Aaah, nu forstår jeg det!"

Har man kendskab til fysik, vil man vide at det svar matematiklæreren giver her, grundlæggende er forkert. Desværre er svaret ikke bare forkert, men svaret er også en analogi der umiddelbart er nem at forestille sig, og dermed vil det hænge ved hos eleverne. Jeg har valgt at tage dette eksempel med for at illustrere hvordan eleverne kan modtage fejlagtige informationer når de undervises tværfagligt af en lærer der som i dette tilfælde ikke har læst fysik på universitetet. Læreren var specialiseret inden for matematik og idræt, men er ikke fagligt rustet til tre ud af de fire fag i det tværfaglige projekt. Det samme var tilfældet for biologilæreren, der også underviser i billedkunst. Det er nødvendigt for lærerne at have indsigt i alle involverede fag for at kunne bidrage tilfredsstillende til et tværfagligt projekt. Uden denne indsigt overlades tværfagligheden til eleverne.

En pige svarer på spørgsmålet "Hvis man skulle øge samspillet mellem fagene, hvor skulle man så sætte ind?":

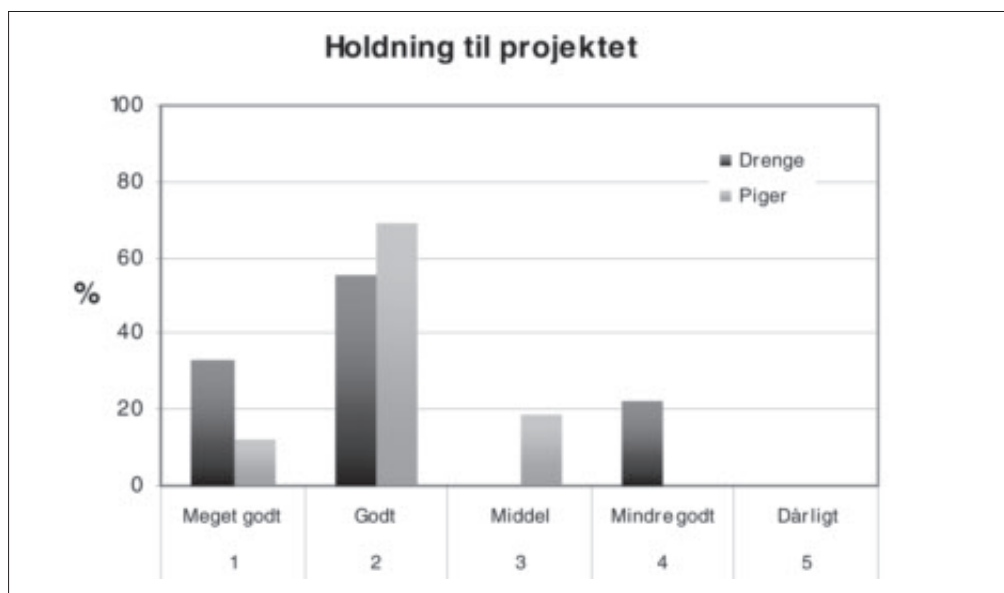
"Det kunne gøre undervisningen mere spændende, men jeg tror det er et problem med lærerne. Jeg tror ikke de gider."

Reformen har imidlertid bevirket at lærerne bliver tvunget til at arbejde sammen, og en evaluering af grundforløbet (Dolin et al., 2006) viser faktisk at der er stor tilfredshed

med samarbejdet mellem lærerne, både blandt lærerne og eleverne. Flertallet giver dog udtryk for at Naturvidenskabeligt grundforløb, som dette projekt kan sammenligne sig med, har været tilrettelagt mere som parallelarbejde end egentlig fagintegration.

## Evaluering

Eleverne var generelt meget positive over for projektets forløb, hvilket blandt andet afspejles i grafen i figur 2 der viser elevernes svar på spørgsmålet om hvad de syntes om projektet generelt. 81 % af pigerne og 89 % af drengene syntes godt eller meget godt om projektet.



Figur 2. Grafisk afbildning af elevernes holdning til det tværfaglige undervisningsprojekt om stråling.

Tilfredsheden kan ligeledes ses i de nedenstående kommentarer fra eleverne:

Pige: "Det har været rigtig godt. Det er noget jeg gerne vil gøre igen da det er nemmere at overskue hvis man kan beskæftige sig med det samme emne i flere fag. Det gør det også sjovere."

Pige: "Jeg synes det har været godt at prøve at kombinere de forskellige fag, men også lidt forvirrende. Glæder mig nu alligevel til at fagene igen bliver skilt ad."

Dreng (1½ år efter): "Jeg synes den store valgfrihed var noget af det bedste. Det var da noget af det mest selvstændige jeg har lavet i hele gymnasietiden."

## Konklusion og perspektivering

Projektet blev iværksat for at forberede lærerne på tværfaglige forløb i forbindelse med gymnasireformen, da lærerne på daværende tidspunkt kun havde ringe erfaring med tværfagligt samspil. Det er mit indtryk at erfaringerne fra dette forløb er aktuelle da de er sammenlignelige med de udfordringer lærerne møder i dagligdagen efter reformen trådte i kraft.

Generelt havde lærerne en positiv tilgang til projektet om end de var usikre på hvordan projektet ville udfolde sig, og tilbageholdende med at lægge en fast struktur ned over projektet – hvilket desuden ville kræve en højere grad af planlægning og dermed flere møder. Indstillingen var således: “Lad os se hvad der sker, og så tager vi den derfra”.

Det havde været nemmere for lærerne at forberede sig til projektet hvis der var en mere fast ramme omkring forløbet. Projektet blev planlagt under to møder der blev afholdt fredag i frokostpausen. Denne mødeform satte en naturlig grænse for mødernes varighed, møderne blev nemt forhastede, og muligheden for fordybelse var begrænset. Ikke overraskende er dette problem forværret efter indføringen af reformen. Langt flertallet af lærerne der indgik i en evaluering af grundforløbet (Dolin et al., 2006), forklarer at det største problem med planlægningen af Naturvidenskabeligt grundforløb er at det er svært at finde mødetidspunkter.

I slutningen af det tværfaglige forløb opfordrede matematiklæreren til et møde hvor vi kunne aftale hvornår eleverne skulle aflevere, hvornår de skulle fremlægge, samt hvordan de skulle evalueres. Dette vidner om den meget løse struktur projektet var bygget op om. Det havde sandsynligvis været en fordel med en “tovholder”/teamkoordinator eller hvis lærerne i højere grad snakkede sammen og koordinerede indsatsen i løbet af projektet. Dette problem kunne for eksempel løses ved at lærerne efter hver time skrev en kort mail om timens forløb og om aftaler indgået med de forskellige grupper.

Strålingsprojektet var meget omfattende da både matematik og de naturvidenskabelige fag var med i det tværfaglige samarbejde. Det var udfordrende for eleverne at forholde sig til fire fag samtidigt, og svært for lærerne at holde sig orienterede om projektets forløb og hjælpe eleverne med faglige problemer der lå uden for deres fagområde. Principielt fjernede lærerne faggrænserne for eleverne og bad dem udføre det tværfaglige arbejde. De blev hjulpet af fagrepræsentanter – ikke af en tværfaglig lærer. Elevernes sværeste opgave var at tænke alle fagene ind i en større sammenhæng mens faglærerne trak i dem fra hver deres side.

Til gengæld gav projektets opbygning en unik mulighed for fordybelse og belysning af et selvvalgt emne fra mange faglige vinkler. Dette aspekt var både tilfredsstillende for eleverne og en afspejling af den moderne forskning hvor der i krydsfelterne mellem flere discipliner foregår en kæmpe udvikling i disse år.

Projektet formåede at interessere og engagere eleverne under hele forløbet, og 1 1/2

år efter projektets afslutning er eleverne stadig i stand til at fortælle indgående om netop deres emne i projektet.

### **Hvad skal der så til for at optimere tværfaglig undervisning i praksis?**

I maj 2006 udgav Undervisningsministeriet (2006) en rapport om teamorganisering og ledelse i gymnasierne. Rapporten præsenterer resultaterne af en undersøgelse af hvordan teamorganisering forløb i det første semester efter reformen trådte i kraft. Gennemførelse af de tværfaglige forløb i organiserede team er en helt ny måde at arbejde på, og de enkelte team har skullet udarbejde nye undervisningsmaterialer til disse forløb. En af hovedkonklusionerne i rapporten er at der har været flest vanskeligheder forbundet med Naturvidenskabeligt grundforløb. En af forklaringerne er at der ikke har været et eksisterende materiale at tage udgangspunkt i, samt at fagene er meget forskellige. Rapporten påpeger således behovet for undervisningsmateriale i form af for eksempel kompendier og tværfaglige bøger der direkte kan benyttes i undervisningsforløbene. I tillæg til konklusionerne i denne rapport foreslår jeg desuden videreuddannelse af lærerne så deres tværfaglige naturvidenskabelige kompetencer forbedres. Dette er nødvendigt hvis man ønsker at samspillet mellem fagene i højere grad skal gennemføres via ægte fagintegration og ikke i form af parallelundervisning, som det fortrinsvist er tilfældet i dag (Dolin et al., 2006).

I publikationen "Bedre Uddannelser" udgivet af Undervisningsministeriet (2002) står der:

Flere studerende gennemfører tværfaglige universitetsuddannelser, som fx nanoteknologi (fysik, kemi, biologi, teknik) og bioinformatik (datalogi, statistik, matematik, molekylærbiologi) frem for de mere traditionelle 2-fagsuddannelser. Det må undersøges, hvordan spørgsmålet om disse kandidaters faglige kompetence til undervisning i gymnasieskolen skal håndteres. Dette skal også ses i lyset af den truende mangel på gymnasielærere inden for naturvidenskab. (Undervisningsministeriet, 2002)

Denne problemstilling blev perspektiveret af én af eleverne da jeg interviewede ham 1 1/2 år efter projektet. I uddraget kommenterer han hvordan lærerne kan blive bedre til tværfaglige projekter:

"Og så tror jeg at hvis man så, ja, det er måske lidt langt ude, men hvis man lavede sådan nogle uddannelser hvor man fik tre-fire forskellige fag [på universitetet], og så det eneste man lavede, det var sådan nogle tværfaglige projekter [på gymnasiet] hele tiden. Jeg tror godt det kunne være godt at have sådan en gruppe lærere der bare ved hvordan man skal arbejde sammen. Så tror jeg at det vil bringe en hel masse mere orden i det."

Man kunne forestille sig en ressourcegruppe bestående af lærere med en tværfaglig universitetsuddannelse hvis primære jobfunktion var at lave tværfaglige projekter enten i samarbejde med klassens egne lærerteam eller separat fra den almindelige undervisning. Denne løsning vil, af økonomiske grunde, ikke blive realiseret da lærerteamet *tilsammen* besidder de faglige kompetencer der kræves for at vejlede eleverne igennem et tværfagligt forløb. Flere gymnasier har dog valgt en sammenlignelig model til afvikling af Naturvidenskabeligt grundforløb, hvor en gruppe lærere har varetaget undervisningen inden for et tværfagligt emne i alle 1. g-klasser på gymnasiet. Denne løsningsmodel sikrer fagligheden, men problemet er til gengæld at lærerne har oplevelsen af at udføre en form for samlebåndsarbejde. Desuden bliver deres kendskab til eleverne og deres kompetencer utilfredsstillende for både lærerne og eleverne (Dolin et al., 2006).

Tværfaglig efteruddannelse af lærerne er derfor en vigtig faktor for at det faglige samspil kan gennemføres på et tilfredsstillende fagligt niveau af alle lærere. En umiddelbar løsning kunne være at opfordre eleverne til at formulere deres spørgsmål til lærerne via intranettet og dermed give lærerne mulighed for at forberede sig før timen og eventuelt opsøge den manglende viden hos deres kollegaer med de rette faglige kompetencer.

Det faglige samspil er kommet i fokus med indførelse af gymnasiereformen i 2005. Nu er udfordringen for underviserne, læremiddeludviklerne og forskerne i fællesskab at løfte opgaven så man ikke overlader det faglige samspil til eleverne. I den forbindelse vil jeg fremhæve at tværfagligt arbejde altid har været et bærende element i htx-uddannelsen. I undervisningsministeriets publikation "De fire tværgående dimensioner på htx" fra 2000 kaldes den ultimative form for tværfagligt samarbejde *tværforløb* og beskrives på følgende måde:

Der vælges et tema/emne, og skemaer brydes op (det vil for det meste være nødvendigt), faggrænser udviskes, lærerrollen ændres til i højere grad at være en konsulentrolle, der arbejdes projektor organiseret, og der er et fælles produktkrav. Denne samarbejdsform vil i langt højere grad end de andre (temaforløb og parallelforløb) fremme elevernes helhedsforståelse, og samtidig vil den være med til at fremme en lang række af elevernes bløde kvalifikationer som f.eks. samarbejdsevner, selvstændighed og ansvar for egen læring.

Publikationen indeholder mange redskabsorienterede anbefalinger til hvordan tværfaglig undervisning kan gennemføres, og behandler desuden de pædagogiske udfordringer og muligheder der ligger i projektor organiseret, tværfaglig undervisning.

Man kunne således med fordel vende blikket mod de tekniske gymnasier og gøre brug af deres mangeårige erfaringer med tværfagligt projektarbejde inden for naturvidenskaberne.

**Min baggrund**

Jeg er ph.d.-stipendiat under Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik på Syddansk Universitet i Odense. Jeg har en baggrund som civilingeniør i bioteknologi – en meget tværfaglig naturvidenskabelig universitetsuddannelse. Mit ph.d.-projekt er samfinansieret af Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier på SDU og det interdisciplinære forskningscenter BioNET, som er et nydannet nationalt center for biofysisk forskning og undervisning. Med fysikken kan man udvikle modeller, opstille ligninger og anvende naturens love til at beskrive de biologiske systemer i detaljer. Formålet med mit ph.d.-studium er at undersøge hvorledes man kan forbedre elevernes interesse for fysik ved at udvikle og implementere et tværfagligt undervisningsforløb mellem fysik og biologi der tager udgangspunkt i aktuel forskning inden for biofysik.

**Referencer**

- Cobb, P. (2000). Conducting Teaching Experiments in Collaboration With Teachers. I: A.E. Kelly & R.A. Lesh (red.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Association, Publishers, 12, s. 307-333.
- Dolin, J., Hjemsted, K., Jensen, A., Kaspersen, P. & Kristensen, J. (2006). *Evaluering af grundforløbet på stx*. Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet.
- Michelsen, C. (2002). *Begrebsdannelse ved domæneudvidelse. Elevers tilegnelse af funktionsbegrebet i et integreret undervisningsforløb mellem matematik og fysik*. Syddansk Universitet, Syddansk Universitets Trykkeri.
- Michelsen, C. (2006). Functions: A modelling tool in mathematics and science. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, s. 269-280.
- Mitchell, M. (1993). Situational Interest – Its Multifaceted Structure in the Secondary-School Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, s. 424-436.
- Niss, M., Jensen, T.H., Andersen, T.B., Andersen, R.W., Christoffersen, T., Damgaard, S., Gustavsen, T., Jess, K., Lange, J., Lindenskov, L., Meyer, M.B. & Nissen, K. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Roskilde: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Undervisningsministeriet. (2006). *Teamorganisering og ledelse i gymnasierne. Undersøgelse af de treårige gymnasiale uddannelsers teamorganisering*. s. 1-83. Rambøll Management.
- Undervisningsministeriet. (2002). *Bedre Uddannelser*. Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Undervisningsministeriet. (2000). *De fire tværgående dimensioner på htx*. Jesper Jans, Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen, Området for gymnasiale uddannelser.
- Zevenbergen, R. (1998). Ethnography in the Classroom. I: J.A. Malone, B. Atweh & J.R. Northfield (red.), *Research and Supervision in Mathematics and Science Education*. Mahwah, New Jersey, London, Lawrence Erlbaum Association, Publishers, 2, s. 19-38.