

# Herfra, hvor vi står ...

Fysikundervisningen i det almene gymnasium ved starten af det 21. århundrede

Indhold

## 1. [Her og nu](#)

*Et udviklingsprogram for fysikfaget*

*Standardforsøg i fysik*

*Fysik og almindannelse*

*Hvorfor?*

*HOT*

*Evaluering af fysikundervisningen*

## 2. [Hvor kommer vi fra](#)

*1987-reformen*

*Udviklingsprojekter*

*Forskere ser på fysikundervisningen*

*Dansk fysikundervisning i international sammenhæng*

## [Litteratur](#)

Dette lille skrift leverer et signalement af fysikundervisningen i det almene gymnasium på tærsklen til reformen af det almene gymnasium, hvor fysik er blevet det obligatoriske naturfag (på C-niveau) for alle eleverne.

Carsten Claussen

Fagkonsulent i fysik og astronomi

august 2003

## 1. Her og nu

Fysik har i mands minde (fagkonsulentens i hvert fald) altid været et fag i udvikling, hvor der hele tiden løbende er afprøvet mange forskellige ideer. Hertil kommer, at mange uden for gymnasiet har interesseret sig for naturfagene og især fysikundervisningen og er kommet med evalueringer og forslag til forandringer. Der foreligger derfor et rimeligt detaljeret signalement af fysikundervisningen og adskillige pejlemærker, som kan være retningsgivende for det kommende reformarbejde.

### *Et udviklingsprogram for fysikfaget*

Fysik er det eneste fag, der i forbindelse med *Udviklingsprogrammet for fremtidens ungdomsuddannelser* fik sit særskilte udviklingsprogram. I hæftet *Udvikling af fysikundervisningen i det almene gymnasium – debatoplæg og forsøgsramme* august 2000 præsenteres et debatoplæg om fagets situation og en ramme for forsøgsaktiviteter, der stadigvæk pågår. Der peges især på følgende indsatsområder:

- ændrede undervisnings-, tilrettelæggelses- og arbejdsformer med eleven i centrum
- kompetencer som nøglebegreb
- styrkelse af fagets erkendelsesmæssige aspekter
- yderligere inddragelse af spændende, aktuel fysik
- ændrede og mere frie beskrivelser af det skriftlige og det eksperimentelle arbejde
- nye eksamensformer til mundtlig eksamen
- en ny skriftlig prøve med mere bevidst inddragelse af it

der hver for sig er beskrevet nærmere i hæftet.

Opfordringen førte for perioden 2000-2002 til 77 godkendte projekter, som er fulgt af en evalueringsgruppe med lektor Jens Ingwersen, Aabenraa Gymnasium, som formand. Gruppens opsamling af erfaringerne med første runde er sammenfattet i hæftet *Forsøg med fysikundervisningen 2000-2002 – opsamling af erfaringer* på basis af dels skriftlige uddybninger fra samtlige forsøgsskoler og besøg på 10 udvalgte skoler tillige med spørgeskemaer besvaret af eleverne i de besøgte forsøgsklasser.

Evalueringsgruppens spørgeskemaundersøgelse viser ikke overraskende, at eleverne generelt er positive over for forsøgsundervisningen, ikke mindst fordi den fremmer selvstændighed, fremmer forståelse og giver anledning til at gå mere i dybden, samtidigt med at den giver dem mere ansvar og medindflydelse. Der er forbavsende få negative kommentarer, som især samler sig om forhold vedrørende tilrettelæggelsen af undervisningen.

Gruppen har valgt at sammenfatte erfaringerne fra de besøgte skoler under nogle få hovedoverskrifter. *Den projektor organiserede undervisning*, karakteriseret som gruppebaseret arbejde med produktkrav, har været anvendt ved mange forsøgsskoler i flere forskellige varianter. Generelt set øger denne slags aktiviteter, ikke mindst i tværfaglige sammenhænge, elevernes engagement, men det er vigtigt, at det ikke er den eneste arbejdsform, da det kan være vanskeligt at behandle stoffet såvel i bredden som i dybden. Aktiviteter af denne karakter stiller store krav til planlægningen af og progressionen i hele forløbet, idet arbejdsformen skal læres. Hertil kommer, at den måske favoriserer de stærke elever.

Forsøgsundervisning med vægt på *det eksperimentelle arbejde* har blandt andet afprøvet betydningen af en øgning af omfanget af det eksperimentelle arbejde og en større vægt på åbne eksperimenter. Aktiviteterne øger klart elevernes aktivitet og udbytte, og det gælder især de åbne eksperimenter, hvor eleverne arbejder mere selvstændigt og dermed i højere grad føler ansvar. Den øgede brug af grupperapporter anses for et gode, men det pointeres samtidigt, at der også skal være plads til traditionelt eksperimentelt arbejde af mere individuel karakter.

En række forsøg har haft *samspillet med andre fag* som tema. Erfaringerne herfra er, at samarbejdet er et værdifuldt indslag i undervisningen, der øger elevernes interesse for fagene og medvirker afgørende til perspektivering af fysikfaget og tydeliggørelse af fagets almindelige sider. Men da tværfagligt

samarbejde ofte fokuserer på mere overordnede problemstillinger, er det ofte sværere end den normale undervisning, og omfanget af den slags projekter må derfor tilpasses det enkelte hold.

Erfaringerne med forsøg med *mundtlig eksamen* indgår kun i begrænset omfang i gruppens første rapport, fortrinsvis i forbindelse med den projektorgerede undervisning. Da eksamensudtrækket kun omfatter dele af forsøgsholdene er det vanskeligt at vurdere effekten, og evalueringsgruppen anbefaler øget forsøgsvirksomhed på dette område.

Forsøgsaktiviteterne fortsætter med 33 nye godkendte forsøg, og evalueringsgruppen afgiver en endelig rapport i efteråret 2003. De nye forsøg har i hovedtræk de samme fokusområder som de tidligere. I henhold til gruppens foreløbige rapport bekræfter erfaringerne fra det forløbne års aktiviteter de ovenfor anførte vurderinger, herunder at projektarbejdsformen stiller de svage elever betydeligt ringere, såvel i det daglige som til eksamen. Der er særdeles gode erfaringer med undervisning efter det såkaldte JITT-koncept, hvor man gennem massiv it-anvendelse tilrettelægger undervisningen mere målrettet ud fra kendskab til elevernes aktuelle styrker og svagheder. Der rejses i den foreløbige rapport tvivl vedrørende en ren kompetencebaseret beskrivelse af kravene til eleverne, da den har vist sig særdeles vanskelig at omsætte til en brugbar ramme om undervisningen.

Fysik har således i forbindelse med Udviklingsprogrammet haft en stor og rigt varieret forsøgsaktivitet, som rummer væsentlige pejlemærker for den kommende reform. Der lægges op til en mere rummelig beskrivelse af de faglige krav og formelle rammer, så de enkelte klasser og lærerne kan tilrettelægge arbejdet med inddragelse af flere og varierede arbejdsformer, gerne med øget vægt på det eksperimentelle arbejde og sammen med andre fag.

### **Standardforsøg i fysik**

I perioden 1997-2001 er der gennemført et større antal forsøg med såkaldte *fagpakker* i især matematik-fysik, som er evalueret i hæftet *Evaluering af forsøg med fagpakker i matematik-fysik og matematik-kemi 1997-2001*. Forsøgene viser, at der er en væsentlig synergi gennem en samlet tilrettelæggelse af fagene i et toårigt forløb, der giver plads til yderligere faglig fordybelse og bedre mulighed for inddragelse af tværfagligt projektarbejde. Eleverne på forsøgsholdene har klart fået forøget deres interesse for naturvidenskab og anbefaler andre at vælge pakkerne. Et væsentligt negativt forhold har været, at der på nogle skoler i et af fagene har været elever, som ikke deltog i forsøget, og dermed er alle de positive sider af forsøget stort set forsvundet.

*Forsøgene med skriftlig eksamen* har sit udspring i forholdene efter indførelsen af den grafiske lommeregner, hvor den lommeregner, eleverne faktisk benytter, på mange måder har de samme muligheder som en pc og ydermere er ved hånden. I forsøgssættene er 5-6 spørgsmål fra normalsættet udskiftet med opgaver, hvor brug af en grafisk lommeregner efter opgavekommissionens skøn repræsenterer en væsentlig fordel, men der er i overensstemmelse med fagets tradition intet metodekrav om, at lommeregneren skal benyttes. Pensum ved forsøgsseksamen er reduceret i forhold til normalt, uden at det har givet anledning til problemer ved udarbejdelsen af opgavesættene eller usikkerhed ved bedømmelsen af elevernes præstation. Forsøgsopgaverne viser, hvordan centrale faglige kompetencer vedrørende modeller og it-anvendelse på naturlig måde kan i arbejdet med faget, og der er da også tegn på, at det sætter sig klare spor i den daglige undervisning. Det er den klare forventning, at tankerne bag dette standardforsøg nyder fremme i forbindelse med den kommende reform.

Fra sommeren 2002 er der udbudt et *standardforsøg med nyt fagbilag*, som følger op på erfaringerne fra de første forsøg under Udviklingsprogrammet. Det er karakteriseret ved

- kompetenceformulering af de faglige mål
- mere kortfattet beskrivelse af det faglige indhold
- nytækning af indholdet med mere moderne fysik på højt niveau
- forøget vægt på undervisningens perspektiverende elementer

- friere beskrivelse af det eksperimentelle og det skriftlige arbejde samt mulighed for brug af en anden eksamensform med mere vægt på det eksperimentelle arbejde. Der har været god interesse for brug af det nye fagbilag på obligatorisk niveau, mens der må forudses en mere behersket interesse på højt niveau, idet der her for første gang i mange år vil indgå helt nyt og aktuelt stof i den skriftlige eksamen. Generelt set går kommentarerne på, at fagbilaget er attraktivt, fordi det giver den større frihed, som mange lærere har efterspurgt i mange år.

Der er i fysik kun meget begrænsede erfaringer fra *forsøg med fysik på C-niveau* i forbindelse med større strukturforsøg, hvor skellet mellem sproglig og matematisk linje er ophævet. Af hensyn til kommende forsøgsansøgninger inspireret af den kommende reform er der i forlængelse af det ovenfor nævnte nye fagbilag udarbejdet et tilsvarende for fysik på C-niveau med samme grad af frihed.

### ***Fysik og almindelse***

Et af elementerne i Udviklingsprogrammet var at styrke det naturvidenskabelige dannelseselement i gymnasiet. For at belyse, hvad det betyder for faget fysik, tog Uddannelsesstyrelsen og Fysiklærerforeningen initiativ til at afholde en konference med titlen *Fysik og almindelse* i november 1999, og indlæggene herfra er samlet i hæftet med samme titel. Gennem foredragsholdernes indlæg, gruppedrøftelser og plenumdebatter blev der taget hul på et tiltrængt diskussion om fysikfagets bidrag til den almene dannelse. Fra indlæggene husker man især påpegningen af, at fysikundervisningen i højere grad bør bruge sine fantastiske fortællinger som drivkraft og åbne for diskussioner. Konferencen gav ikke en endelig afklaring af, hvad der ligger i almindelse og hvilken rolle, fysik kan spille i den forbindelse. Men den rummer i sin opsummering en række indikationer og pejlemærker, som indgår i de løbende overvejelser om fagets udvikling.

### ***Hvorfor?***

Fysiks placering i det gymnasiale uddannelsesbillede er et tilbagevendende emne i den faglige debat. I forbindelse med de første tanker om en gymnasireform opfordrede den faglige forening og fagkonsulentent sammen alle interesserede til at give deres besyv med. De mange, forskelligartede bidrag er samlet i skriftet *Hvorfor?*, der er udsendt som hæfte 23 i Udviklingsprogrammets skriftserie. Det væsentlige i indlæggene kan meget groft sammenfattes til en fremhævelse af

- fagets almindende sider
  - fysik som matematisk naturbeskrivelse
  - eksperimenter som et naturvidenskabeligt kendetegn
  - fysik i sammenhæng med andre fag
- og med vægt på handlingsorientering. Det faglige indhold spiller i den forbindelse en underordnet rolle.

### ***HOT***

En meget interessant forsøgsaktivitet er gennemført inden for de eksisterende rammer på initiativ af Center for Naturfagernes Didaktik ved Aarhus Universitet. Forsøget, der sigter mod at øge elevernes evne til Højere Ordens Tænkning, bygger på et veldokumenteret engelsk forsøg, men er enestående ved at være målrettet undervisningen på gymnasialt niveau. Projektet adskiller sig fra traditionelle forsøg ved at indeholde et væsentligt element af efteruddannelse af de deltagende lærere, så de er rustede til at anvende forsøgs materialet. Undervisningen tilrettelægges i små sekvenser med fokus på grundlæggende faglige kompetencer, ofte med et væsentligt eksperimentelt indhold. Selv om de første forløb tog meget tid fra den traditionelle faglige undervisning har det efter lærernes opfattelse klart været sliddet værd, fordi eleverne har fået forbedret deres muligheder for at arbejde med det faglige stof. Den forskningsbaserede evaluering af forsøgsaktiviteterne, herunder en undersøgelse af den forventede afsmitning på elevernes udbytte i andre fag, er endnu ikke afsluttet.

Forsøget går nu ind i sin tredje sæson. Fra starten, hvor udgangspunktet var faget fysik, over anden sæson med samarbejde mellem fysik og matematik, vil man i det kommende år prøve at inddrage naturfagshold blandt forsøgsklasserne.

## *Evaluering af fysikundervisningen*

Fysik er sammen med historie de første to fag i det almen gymnasium, der er evalueret af Danmarks Evalueringsinstitut. Rapporten fra den bredt sammensatte evalueringsgruppe med titlen *Fysik i skolen – skolen i fysik* blev med to tilhørende bilagsbind offentliggjort i oktober 2001. Evalueringen munder ud i en lang række anbefalinger, hvoraf de vigtigste er

- en klar introduktion af faget for at markere overgangen fra grundskolens fysik-kemi fag
- en øget vægt på tematisk undervisning med større grad af valgfrihed og større vægtning af temaer om fysik
- en ændret beskrivelse af fagets kundskaber og kompetencer koblet med større valg af fordybelse
- forbedret progression, primært pædagogisk set
- udvikling af mere bevidste mål for det eksperimentelle arbejde
- inddragelse af flere forskellige arbejdsformer med vægt på inddragelsen af eleverne
- udvikling af nye efteruddannelses tilbud såvel fagligt som fagdidaktisk
- forbedring af de undervisningsmæssige og især de eksperimentelle faciliteter, herunder øget inddragelse af it

Flertallet af de anbefalinger, der angår fagets formelle rammer, er allerede søgt implementeret i forbindelse med fagets udviklingsprogram og i de udbudte standardforsøg. Gennemførelsen af de anbefalinger, der er rettet mod lærerne og den pædagogiske praksis, er betydeligt sværere, fordi det kun kan ske gennem efteruddannelse og udvikling af nye undervisningsmaterialer som det har været tilfældet i det ovenfor omtalte HOT-forsøg. Anbefalingerne til skoleejerne er gennemført i nogle amter, mens andre halter alvorligt bagefter.

Det såkaldte FYKOM-udvalg, nedsat af Det faglige landsudvalg for naturvidenskab under Videnskabsministeriet, udsendte i juni 2002 rapporten *Fysik og kemi – naturvidenskab for alle*. Udvalget lægger i rapporten vægt på naturfagenes almindelige sider udtrykt blandt andet gennem nøglebegrebet ”naturvidenskab for alle” og et skift fra pensumtænkning til kompetencebaseret undervisning. Den ønskede udvikling kan, efter udvalgets mening, kun opnås gennem udvikling af undervisningsmateriale og forbedrede lærer kvalifikationer, ikke mindst på det fagdidaktiske område. For det gymnasiale område peges der især behovet for at løse overgangsproblemerne fra grundskolen og gennemførelsen af flere tværfaglige undervisningsaktiviteter mellem naturfagene.

På vegne af Undervisningsministeriet har en særlig arbejdsgruppe, kaldet *Fremtidens naturfaglige uddannelser*, udarbejdet en strategiplan for, hvordan man på hele det naturfaglige uddannelsesområde kan operationalisere de politiske intentioner bag de kommende reformer af uddannelsessystemet. I rapporten *Fremtidens naturfaglige uddannelser* fra juli 2003 er de overordnede anbefalinger, at

- naturfagene er for alle og bør indgå på lige vilkår med andre fagligheder i den almene dannelse
  - det skal være et succeskriterium at fastholde og øge elevernes interesse for naturfagene
  - indholdet i naturfaglig undervisning vælges ud fra en moderne, bred forståelse af naturfaglighed
- Arbejdsgruppen lægger stor vægt på, at naturfagene beskrives med udgangspunkt i kompetencer, fordi man herigennem kan flytte undervisningens fokus fra lærerens gennemgang af kendsgerninger (og elevernes reproduktion heraf) til elevernes udbytte af undervisningen med sigte på deres videre liv og uddannelse. Anbefalingen suppleres med ønsket om iværksættelse af dels udvikling af kompetencebeskrivelser af de enkelte fag, dels forsøg med nye eksamensformer med vægt på kompetencerne. På lærersiden anbefales etableringen af faglige lærerteams og udviklingen af efteruddannelses tilbud til dem, ikke mindst på det pædagogiske område.

I forbindelse med diskussionerne op til forliget om en kommende gymnasireform udsendte en studiegruppe på vegne af Akademiet for de Tekniske Videnskaber i februar 2003 rapporten *Det nye gymnasium: Løft med naturvidenskaben – og skab en moderne vidensarbejdsplads*. Studiegruppen anbefaler i lighed med de to foregående, at de naturvidenskabelige fag skal være en del af den almene dannelse i gymnasiet, og at

naturvidenskabernes kulturbærende betydning indgår i undervisningen. Naturfagene skal, efter gruppens mening, ud over teori også vægte konkret anvendelse og bredere samfundsrelevans, så eleverne får indsigt i vidensanvendelsen, gerne i samarbejde med virksomheder og forskningsinstitutioner. Gruppen peger på fysik som det fundamentale naturfag for alle, men stiller samtidigt krav om en ændring af faget indholdsmæssigt, pædagogisk og didaktisk, så alle elever kan få glæde af det. Det nye fysikfag skal, med gruppens ord, i højere grad kobles til samfundsrelevans og praktisk anvendelse. Det skal opleves som nærværende, engagerende og fascinerende.

Det nordiske samarbejde trives godt inden for fysik, såvel i brede faglige kredse som mere snævert mellem de forskellige landes opgavekommissioner. Selv om der er forskelle i landenes uddannelses-systemer, har man de samme problemer. Samtalerne med kollegaerne viser, at Danmark skiller sig ud på en række punkter, idet vi er det nordiske land, som har

- forholdsvis færrest elever med fysik på A-niveau
- forholdsvis flest elever med fysik på B-niveau
- størst kønsskævhed i rekrutteringen til A-niveauet
- bedst har integreret brug af it til eksamen og måske også i den daglige undervisning
- bedst systemmæssigt overblik over undervisningen på landsplan
- bedst faglig organisation af lærerne
- bedst efteruddannelsessystem
- bedst overordnet styring gennem fagkonsulentordningen

På opgavefronten har vi forskellige traditioner, men i kraft de nordiske landes kulturelle fællesskab kan vi lære af hinanden og derigennem udvikle faget.

## 2. Hvor kommer vi fra

Set i et 15-20-årigt perspektiv bekræftes indtrykket af fysik som et fag i udvikling. I midten af 1980'erne var der i fysik som i andre fag en udstrakt forsøgsvirksomhed, og efterhånden benyttede flertallet af undervisningsholdene forsøgsbekendtgørelser. Gennem dette forsøgsarbejde påbegyndtes en omstilling af undervisningen fra et videnskabscentreret grundlag i retning mod bredere baggrund med inddragelse af såvel den nære omverden som historiske og filosofiske perspektiver.

### *1987-reformen*

Undervisningsministeren nedsatte i oktober 1985 det såkaldte Lawaetz-udvalg, der skulle undersøge gymnasiets fysikundervisning og stille forslag til forbedringer. Rapporten *Fysik i gymnasiet*, der blev udsendt i februar 1987, blev grundlaget for udarbejdelsen af det første fagbilag for fysik i den reform, der fulgte kort tid efter udgivelsen.

Reformen i 1987 markerede på flere måder et brud med fortiden. Fysik blev gjort til obligatorisk fag på B-niveau på matematisk linje og dermed det store naturvidenskabelige fællesfag. Fagbilaget begrænsede omfanget af det faglige stof gennem beskrivelsen af et såkaldt kernestof og indførte samtidigt en række synsvinkler (dimensioner), der skulle indgå i undervisningens tilrettelæggelse. Bruddet med den videnskabscentrerede undervisning markeredes ekstra tydeligt gennem et krav om, at undervisningen skulle skifte mellem systematisk og tematisk tilrettelagte forløb. Det eksperimentelle arbejde blev også fornyet blandt andet gennem indførelsen af eksperimentelle projekter med grupperapport. De efterfølgende revisioner af fagbilaget hen gennem 1990'erne har haft karakter af mindre justeringer.

I forbindelse med gennemførelsen af reformen var der afsat ganske betydelige midler til fysik. De blev brugt til dels en række efteruddannelsesdage for alle fysiklærere, dels tænketanke som producerede inspirationsmaterialer til alle nye undervisningsområder, primært dimensionerne. Set i bagklogskabens lys var de udviklede materialer afgørende for at kunne begynde den ønskede omstilling, og nogle af dem har præget udviklingen afgørende frem til i dag. Efteruddannelsen, der havde karakter af introduk-

tioner til forskellige nye aspekter af fysikundervisningen, var til gengæld nok mindre virkningsfuld, fordi der i virkeligheden har været behov for en mere vidtgående, pædagogisk betonet efteruddannelse.

Reformens radikale omlægning af fysikundervisningen mødte en betydelig modstand, fordi mange så de nye tanker som en udvanding af fagets grundlag og en sænkning af det faglige niveau. Karakteristisk nok blev den krævede tematiske undervisning i starten betegnet som ”usystematisk undervisning”. Størst succes havde omlægningen af det eksperimentelle arbejde, hvor især de eksperimentelle projekter er blevet set som en fornyelse, selv om det har medført en kraftig nedslidning af det eksperimentelle udstyr, der ikke alle steder har kunnet klares af de eksisterende bevillinger.

Medvirkende til fysiks problemer var også, at reformen markerede en afgørende brud på tidligere tiders fornuftige forbindelse mellem matematik- og fysikundervisningen, hvor matematik har fysik som anvendelsesmark, og fysik har matematik som leverandør af værktøjer. Fysik er fortsat et ”matematikforbrugende” fag, men matematikundervisningen har indholds- og planlægningsmæssigt kun i ringe omfang tilgodeset fysiks behov. Op gennem 1990’erne er dette skisma forstærket gennem indførelsen af det treårige matematikforløb til A-niveau, som har betydet, at man ikke længere har homogene matematikforudsætninger på et 2g-fysikhold. De formelle problemer er der rådet delvis bod på mange skoler, hvor man har indset behovet for en koordinering af undervisningen i de to fag til gavn og glæde for alle.

Skal man gøre status ved slutningen af den epoke, som 1987-reformen betegner, kan man ud over EVAs evaluering af fysikundervisningen se på nogle af de problemstillinger, der var i fokus i forbindelse med Lawaetz-udvalgets arbejde og skrivningen af det nye fagbilag. I 1983 udkom den første rapport fra *Piger og fysik*-projektet, som påpegede mange af de problemer den traditionelle fysikundervisning havde set fra en kønssynsvinkel. Denne rapport og de efterfølgende pegede på, at undervisningens organisering og indhold skulle vælges anderledes, hvis man vil imødekomme pigernes interesser. Det var en af grundene til, at man indførte dimensionerne, fordi man derigennem vil kunne udvide undervisningen fra det snævert faglige til også at omfatte fænomener og processer i bl.a. den nære omverden, der forventedes at appellere til en bredere elevgruppe. Men der er desværre ikke meget, som tyder på, at der er sket nogen forøgelse af pigernes interesse for fysikfaget.

Intentionen om at åbne faget gennem inddragelse af særlige synsvinkler/dimensioner/perspektiver har også kun haft begrænset succes. Fra pensumskemaer og eksamen får man nemt det indtryk, at disse synsvinkler er etiketter, man klistrer på det traditionelle lærebogsstof, snarere end en hjælp til at åbne fagstoffet med en helt anden type udgangspunkt end det snævert faglige. Meget firkantet udtrykt virker det som om lærebøgerne stadigvæk spiller en for stor rolle i tolkningen af fagets rammer og muligheder.

Før 1987-reformen var søgningen til matematik-fysik-grenen lidt over 3000 elever årligt. Et fald i søgningen til fysik på højt niveau var ventet, fordi reformen samtidigt indførte kemi på højt niveau som valgfag på linje med fysik, men i starten var den samlede søgning til de to fag nogenlunde den samme som til matematik-fysik-grenen (og forsøgs grenen matematik-kemi) før reformen. Intentionen om, at den nye beskrivelse skulle få flere elever til at vælge fysik på højt niveau blev således ikke realiseret. Siden er det gået støt ned ad bakke. I midten af 1990’erne var tendensen så stabil, at man kunne forudse, at der ved uændret udvikling ikke vil være flere elever tilbage på fysik højniveau omkring 2007. Heldigvis er den udvikling ændret, så der i de seneste tre-fire år har omkring 1550 elever på fysik højniveau, hvoraf nu som før andelen af piger er ca. 25 %. Hvad årsagen er til stabiliseringen i antallet ved vi ikke, men en plausibel forklaring er, at de mange forsøgsaktiviteter har medvirket til fastholdelsen af elevinteressen. Udviklingen har haft i øvrigt den uheldige bivirkning, at der hvert år er skoler helt uden hold med fysik på højt niveau, og det alene kan gøre det vanskeligt at rekruttere elever til næste års hold.

### ***Forskere ser på fysikundervisningen***

Fysik er, på godt og ondt, vel nok det gymnasiefag, som er bedst undersøgt fra et fagdidaktisk synspunkt. I starten af 1980'erne begyndte Poul V. Thomsen og Henry Nielsen, Aarhus Universitet i det såkaldte Gymnasiefysik-projekt en serie undersøgelser af gymnasieelevers og studerendes fysikkundskaber og hverdagsforestillinger. De viste, i overensstemmelse med tilsvarende udenlandske undersøgelser, at fysik kan være et svært fag, fordi lærestoffet i den traditionelle fremstilling stiller høje abstraktionskrav og samtidigt på afgørende punkter bryder med de hverdagsforestillinger, alle gør sig om fysiske fænomener. Disse forhold er med til at skræmme pigerne væk fra fysik, og udviklingen forværres af, at undervisningen traditionelt fokuserede på fagets brugsværdi inden for teknik og naturvidenskab set snævert, snarere end den kulturværdi alle kunne have gang. Disse undersøgelser spillede en væsentlig rolle for den udformning, fagbilaget fik efter 1987-reformen.

Aktiviteterne i Aarhus er senere fulgt op på Center for Naturfagenes Didaktik gennem to større spørgeskemaundersøgelser af gymnasieelevernes syn på fysikundervisningen, delvis på initiativ af og med finansiering af Uddannelsesstyrelsen. Undersøgelsen af elevernes opfattelse af faget i løbet af undervisningens første halvår er belyst i GFII-rapporten fra marts 2000. I hovedtræk viste den, at elevernes lyst og engagement i fysikfaget på dette tidspunkt var lidt lavere end de selv vurderer, at den var i folkeskolens fysik/kemi-undervisning, men det nuanceres af, at mange faktisk også får en større interesse for faget. Noget tyder på, at den mindre lyst er koblet til oplevelsen af, at faget er svært, og at mange elever selv føler, at de klarer det dårligere end i folkeskolen. Undersøgelsen dokumenterede, at den lærerstyrede klassedialog er en meget ofte forekommende arbejdsform, om end gruppearbejde forekommer, især i forbindelse med det eksperimentelle arbejde og ved opgaveregning. Eleverne oplever kun sjældent, at de inddrages i planlægning og evaluering af undervisningen. For så vidt angår læringsstile tyder undersøgelsen på, at en undervisning med konstruktivistiske elementer giver eleverne en mere positiv oplevelse af arbejdet med faget.

Den opfølgende GFIII-undersøgelse om elevernes syn på faget ved afslutningen af det toårige forløb er kun delvis afrapporteret i rapporten GFIIIA fra februar 2001. Gennem en gentagelse af en lang række af spørgsmålene fra GFII-undersøgelsen søgte denne undersøgelse at afdække, hvordan elevernes udbytte af og interesse i fysikundervisningen udvikler sig gennem det toårige forløb. Flere indikatorer viser, at lysten til fysik falder mere end for andre gymnasiefag, og relativt færre har fået større interesse for faget end i starten af forløbet. Det faglige selvværd er ved slutningen af forløbet faldet yderligere og er i fysik noget mindre end i de øvrige fag set under et., selv om eleverne karaktermæssigt set klarer sig endog lidt bedre i fysik end i de øvrige fag. Bemærkelsesværdigt nok er ændringen i det faglige selvværd i negativ retning stor hos de dygtigste elever, mens mellemgruppen i langt højere grad oplever en positiv ændring i engagement og lyst. Det kunne, efter forskernes opfattelse, pege på, at undervisningen måske netop for de bedste ikke rummer de ønskede udfordringer. Ved slutningen af forløbet er elevernes beskrivelse af arbejdsformerne ikke ændret meget i forhold til den første undersøgelse, idet eleveksperimenter, elevfremlæggelser og især projektarbejde dog forekommer hyppigere. Hertil kommer, at der gennem forløbet er sket betydelige ændringer i de forskellige læringsstile, og billedet af den gode læringsstil ikke er helt så klart længere, måske fordi den faglige progression også med fordel kan kobles med skift i undervisningens tilrettelæggelse. Lærerne karakteriseres i begge undersøgelserne som fagligt engagerede og ikke-uinteresserede i eleverne som mennesker. Elevernes valg af valgfag og motiverne herfor blev også undersøgt. Det viste ikke overraskende, at fysik er det fag, der har den skæveste kønssammensætning, men at valget af fysik som højniveaufag for begge køn primært er begrundet i interesse for faget og følelsen af at være god til det.

I 1997 foretog fagkonsulent Claus Christensen en større undersøgelse af de aspekter af fysikundervisningen sammenlignet med de øvrige fag, som kan aflæses af karakterstatistikken. Resultaterne, der er offentliggjort i *Evaluering af skriftlig eksamen i fysik 1997*, viser, at karaktererne i fysik generelt set følger elevernes karakterer i de andre fag. Der kan i karaktererne ses en vis positiv afsmitning mellem matematik og fysik på højt niveau, idet elever med høje karakterer i det ene fag også har det i det andet fag i overensstemmelse med den almindelige erfaring om netop de to fags symbiose. De svage elever kommer måske i en vis udstrækning til kort ved den skriftlige eksamen på højt niveau, idet de her

gennemsnitligt får en lidt lavere karakter end i deres øvrige fag. Om det skyldes, at kravene i den nederste ende af skalaen er lidt for store i fysik, eller at det blot er nemmere at diagnosticere faglige svaghed i et fag som fysik, er ikke klart, men specielt dette hensyn har siden undersøgelsen hvert år været inde i opgavekommissionens overvejelser vedrørende sammensætningen af årets eksamenssæt.

Den skriftlige eksamen i fysik er særdeles velfungerende. Opgavekommissionen har gennem årene været i stand til at holde en ensartet standard, og der er generelt tryk blandt lærere og elever overfor eksamensformen. En nærmere undersøgelse *Eksamensopgaver i fysik – en analyse af opgavesættet ved skriftlig studentereksamen maj 1998* viste, at eksamensopgaverne er velegnede som testinstrument, og at censorinstitutionen fungerer godt. I undersøgelsen inddrog også for første gang i Danmark en analyse af besvarelserne, der går ud over at registrere rigtigt og forkert. Den viser, at modeldannelse er en central kompetence i forbindelse med løsning af flere spørgsmål, end man umiddelbart skulle tro, og der måske med fordel kunne inddrages flere spørgsmål med simple problemstillinger. Analysen viser desuden, at mange af eleverne besidder faktisk viden om fysik og er i stand til at løse simple, fysiske beregningsopgaver. Opgaverne tester ikke i sig selv fysisk begrebsdannelse i nævneværdigt omfang, men de repræsenterer problemstillinger, der i høj grad kræver samtidig inddragelse af en lang række, studiemæssigt efterspurgte kompetencer. Opgaverne repræsenterer således på mange måder et brugbart kompromis mellem mange hensyn. I rapporten nævnes, at mange af eleverne har vanskeligheder med anvendelsen af simple matematiske modeller i fysisk sammenhæng, måske som følge af at de to fag af strukturelle årsager ikke kan støtte hinanden, ikke mindst på højniveauholdene.

Fysikundervisningen har gennem 1990'erne været udgangspunkt for en større serie af aktionsforskningsprojekter med Jens Dolin, nu lektor ved DIG Syddansk Universitet Odense, som central person. Erfaringerne er beskrevet i to projektrapporter, der er sammenfattet og sat ind i en større, pædagogisk-teoretisk ramme i Jens Dolins ph.d.-afhandling *Fysikfaget i forandring*, 2002.

I rapporten *At lære fysik – et studium i gymnasieelevers læreprocesser i fysik* berettes om resultaterne af to års sammenhængende observation af fysikundervisningen i to klasser. Den indeholder såvel beskrivelser og analyser af konkrete undervisningssituationer som mere teoretiske afsnit, der belyser forskellige synsvinkler på undervisning og dele af fysikfagets praksis. Begrebsforståelse er et centralt problem for fysikundervisningen, hvor der skal skabes bro mellem konkrete erfaringer og en formaliseret beskrivelse, normalt i matematiske termer. Iagttagelserne viser, at denne proces er overraskende svær og langvarig, uanset undervisningsformen. Hertil kommer, at begrebsforståelsen er stærkt kontekstbundet, og derfor er overføringsværdien mellem fx matematik og fysik nok mindre, end man umiddelbart ville formode. Rapporten opregner på basis af iagttagelserne en lang række grundlæggende problemstillinger ved tilrettelæggelsen og gennemførelsen af fysikundervisning, hvor der kan gives ideer til det videre arbejde med dem.

Den anden projektrapport *Autentisk fysik* fokuserer på et toårigt forsøg med tre forskellige fysikklasser med vidt forskellige lærertyper, hvor man bl.a. afprøvede mulighederne i elevaktiverende arbejdsformer med sigte på en kompetencebeskrivelse af elevernes udbytte af undervisningen. Det centrale element var empirisk modellering, hvor eleverne arbejder med hele processen fra et (autentisk) problem over en egentlig fagligt baseret problemformulering og empirisk undersøgelse til dataanalyse og formel generalisering. Gennem den konkrete beskrivelse af undervisningen leverer projektet en værdifuld model, som kan indgå i alle læreres overvejelser vedrørende undervisningens tilrettelæggelse.

### ***Dansk fysikundervisning i international sammenhæng***

En stor international undersøgelse, TIMSS population III afviklet i 1997, viste, at danske elever i ungdomsuddannelserne i fysik (på højt niveau) klarer sig internationalt set godt og er helt i top i matematik (på højt niveau), mens præstationerne i naturfag i almindelighed er mere gennemsnitlige. Danmark er det land, hvor forskellen på elevernes almene viden inden for matematik og naturfag er størst.

Der kan i denne sammenhæng også være grund til at inddrage dele af de danske resultater i OECDs PISA-projekt, selv om det er rettet mod 15-årige elever, og dermed mere handler om undervisningen i grundskolen end i gymnasiet. Projektet leverer et interessant signalement af de elever, som møder gymnasiets fysikundervisning, og det adskiller sig væsentligt fra TIMSS-undersøgelsen ved at fokusere på generelle naturfaglige kompetencer af betydning for hele livet snarere end faglig viden og metode. Dermed er projektet mere i overensstemmelse med, hvad der opfattes som dansk skolepolitik. Udtrykt i korthed viser den omfattende undersøgelse, at danske elever i læsning og matematik klarer sig nogenlunde som de øvrige nordiske lande (med Finland som klart bedst), mens de i naturfagene klarer sig væsentligt ringere. Pigerne klarer sig i matematik og naturfagene signifikant dårlige end drengene, mens det modsatte er tilfældet i læsning. For læsning og matematik er det tendensen i alle lande, mens det for naturfagene er klart forskelligt fra situationen i de nordiske lande. Undersøgelsen viser også, at undervisningen i Danmark er markant dårligere til at bryde den sociale baggrund end i de fleste andre lande. Samtidigt markerer undersøgelsen på en række holdningsparametre, at danske elever er markant mere selvsikre og interesserede i primært matematik end eleverne i de andre nordiske lande. PISA-projektet fortsætter, og nye undersøgelser gennemføres i 2003 (med vægt på matematik) og i 2006 (med vægt på naturfagene).

Danske elever har gennem rundt regnet de sidste ti år deltaget i de årlige, internationale fysikolympiader. Udvælgelsesproceduren betyder, at det kun er de allerdygtigste elever, som er med. Da det danske pensum er væsentligt mindre omfattende end "olympiadepensum" afvikles et studieprogram, som kan afhjælpe de værste mangler, men der er ikke tale om de egentlige træningslejre, der praktiseres i fx USA og nogle af landene i Asien. Det er bemærkelsesværdigt, at de danske elever her gennemgående klarer sig bedre end eleverne fra de øvrige nordiske lande, selv om det med international målestok måske nok er beskedent, hvad der præsteres. De danske elevers præstationer er gennemgående bedst i det eksperimentelle arbejde, hvorimod de forståeligt nok ofte kommer til kort i de svære prøvers teoretiske dele.

## Litteratur

*At lære fysik – Et studium i gymnasielevs læreprocesser i fysik*, Uddannelsesstyrelsens temhæfteserie nr. 19 – 2001, Uddannelsesstyrelsen 2001

*Autentisk fysik*, netpublikation tilgængelig via fagets sider på emu: [www.emu.dk/gym/fag/fy/](http://www.emu.dk/gym/fag/fy/) under punktet Faglig inspiration, Undervisningsforløb – august 2001

Karin Beyer m.fl.: *Piger og fysik – et problem og en udfordring for skolen*, tekst 71, IMFUFA RUC oktober 1983

Carsten Clausen m.fl.: *Eksamensopgaver i fysik – en analyse af opgavesættet ved skriftlig studentereksamen maj 1998*, Uddannelsesstyrelsen, Det gymnasiale område, oktober 2000

Danmarks Evalueringsinstitut: *Fysik i skolen – skolen i fysik*, Danmarks Evalueringsinstitut, september 2001 ( [www.eva.dk](http://www.eva.dk) )

*Det nye gymnasium: Løft med naturvidenskaben – og skab en moderne vidensarbejdsplads*, ATV februar 2003

Jens Dolin: *Fysikfaget i forandring*, ph.d.-afhandling IMFUFA RUC 2002

*Evaluering af forsøg med fagpakker i matematik-fysik og matematik-kemi 1997-2001*, Udviklingsprogrammets skriftserie hæfte 21, Uddannelsesstyrelsen, oktober 2002

*Evaluering af skriftlig eksamen i fysik 1997*, Undervisningsministeriet september 1997

*Forsøg med fysikundervisningen 2000-2002 – opsamling af erfaringer*, Udviklingsprogrammets skriftserie hæfte 22, Uddannelsesstyrelsen, november 2002

*Fremtidens naturfaglige uddannelser*, Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie hæfte 7-2003, Uddannelsesstyrelsen juli 2003

FYKOM: *Fysik og kemi – naturvidenskab for alle*, Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, juni 2002

*Fysik i gymnasiet*, Tema/7 fra Direktoratet for gymnasieskolerne og højere forberedelseksamen, februar 1987

*Fysik og almindelse*, Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie hæfte 17-2000, Uddannelsesstyrelsen maj 2000

*Hvorfor?*, Udviklingsprogrammets skriftserie hæfte 23, Uddannelsesstyrelsen, november 2002

Lars B. Krogh og Poul V. Thomsen: *Undervisningsstil og læringsudbytte – en undersøgelse af fysikundervisningen i 1.g*, CNDs skriftserie no. 1, CND Aarhus Universitet, 2000 ( [www.nat.au/cnd](http://www.nat.au/cnd) )

Lars B. Krogh m.fl.: *GFIII-rapport, del A: Hvordan gik det så med fysikundervisningen og elevernes udbytte?*, CNDs skriftserie no. 3, CND Aarhus Universitet, februar 2001 ( [www.nat.au/cnd](http://www.nat.au/cnd) )

*Udvikling af fysikundervisningen i det almene gymnasium – debatoplæg og forsøgsramme*, Udviklingsprogrammets skriftserie hæfte 4, Uddannelsesstyrelsen, august 2000