I

år 3 efter reformationen

af gymnasiefysikken kommer de første studenter. Tag godt imod dem på universiteter og højere læreanstalter - de er dygtige og vil gerne lære og arbejde.

Claus Christensen, Fysiklærerforeningen

De ændringer af gymnasiets fysikundervisning, der er gennemført i forbindelse med reformen i 1988, er nok de største siden, ja jeg husker det næppe, men vel nok siden 1967, hvor der blandt andet blev indført skriftlig studentereksamen i fysik.

Timefordeling af fysikundervisningen

	Efter reformen		Før reformen		
1g Obligatorisk niveau	3		3		1g
2g	3		2	3	2g
3g Højt niveau	5		2	5	3g
			naturfaglig samfundsfaglig	mat-fys	

Obligatorisk niveau:
- 6 ugetimer i 1-2g
- Mundtlig eksamen

Højt niveau:
- 11 ugetimer i 1-3 g
- Skriftlig og mundtlig eksamen

Dengang blev energibegrebet sat i centrum. I det hele taget blev undervisningen mere begrebscentreret. Tankegangen var, at hvis eleverne forstod de bagved liggende fysiske begreber "ordentligt", så havde de forstået fysikken - og den kunne de så gå ud i verden og bruge til at forstå alt mellem himmel og jord.

Sådan kender vi alle fysikken. Universitetsstudierne er bygget op om det fysiske begreb og den matematiske formel som det grundlæggende - det, der gør, at vi forstår verden. Det er efter den tankegang, undervisningen var tilrettelagt. Men spørgsmålet er i høj grad, om det er den måde, man lærer, forstår, begriber og arbejder med omverdenen på, når man *ikke* er fysiker. Og det er de fleste 16-19 årige ikke. De har meget svært ved at omsætte fysikkens begreber og formler til *forståelse* af verden omkring os. Reaktionen har da også i høj grad været en flugt væk fra fysik. Det er som om eleverne har sagt: Kan impulsbegrebet og de love det indgår i, ikke bruges til at blive klogere på verden, ja hvorfor så bruge tid og kræfter på det?

I 70-erne og 80-erne er gymnasiet blevet en bred, almentdannende uddannelse, der *også* forbereder til studier ved blandt andet universiteter og højere læreanstalter. Cirka 35% af en ungdomsårgang går i gymnasiet. De fleste (cirka 13.000) på matematisk linje. Af disse vælger 25-30% fysik på højt niveau (mat-fys). Resten havde tidligere fysik på samfundsfaglig eller naturfagligt niveau. Det hedder fremover obligatorisk niveau, men er skruet anderledes sammen.

De fleste benytter deres studentereksamen til korte eller mellemlange uddannelser, hvoraf de færreste har et egentligt fysikindhold.

Gymnasiet bliver derfor for mange elever det sidste bekendtskab med naturvidenskabsundervisning. Det forpligter på flere måder. Gymnasiet skal give eleverne en elementær naturvidenskabelig oplysthed i et moderne teknologisk samfund. Den kan de dårligt få andre steder. Vi skal også sørge for en generel positiv indstilling til at behandle teknisk-naturvidenskabelige problemstillinger på et solidt fagligt grundlag, og helst i sammenhæng med de omgivelser hvorfra problemstillingen er hentet.

Undervisningen skal blandt andet give eleverne mulighed for at deltage i kultur- og samfundslivet, deltage i debatter om fordele og ulemper ved forskellige tekniske løsninger, og give en vis indsigt i det moderne samfunds teknologiske grundlag. Den skal også give eleverne mulighed for at vælge en af de mere og mere udbredte mellemtekniske uddannelser, der kræver indsigt i blandt andet fysik. Disse uddannelser kræver et naturligt forhold til de arbejdsformer, vi kender indenfor faget, det vil sige eksperimentelt arbejde, teoretisk arbejde, arbejde med numeriske eksempler. Denne del af undervisningen sker i særlig grad på det nye obligatoriske niveau.

Samtidig skal vi give en gruppe af eleverne et så højt fagligt niveau i fysik, at de kan gå i gang med "fysiktunge" studier, med en klar opfattelse af, hvad fysik er og hvad fysik kan bruges til, også når det bliver mere abstrakt.

På det høje niveau skal vi således fremme både klarhed og abstraktionsevne, og samtidig skulle der gerne komme en begejstring og et gå-på-mod, som styrker elevernes chancer for gennemføre en fysiktung uddannelse. Fra gymnasiets side arbejder vi på at forbedre gennemførelsesprocenterne på

universiteter og højere læreanstalter, hvilket blandt andet må ske på et reelt engagerende og inspirerende grundlag for eleverne. Kun derved opnår man, at de finder fysik interessant og vigtigt nok til, at de vil bruge deres liv på det.

På de erhvervskvalificerende uddannelser er studiet jo med "livet som indsats". Laver man en rundspørge blandt unge mennesker idag om, hvad de prioriterer i forbindelse med deres kommende arbejde, er det "spændende arbejde", "arbejde med mennesker", "høj løn og prestige" og så videre der går igen. Vi, der tilhører forældregenerationen kunne godt lige stoppe op og tænke på, hvad vi selv i dag ville vælge, hvis vi stod som velbegavede 20-årige med alle muligheder foran os? Hvilke krav ville vi stille til en uddannelse? Mon ikke vi ville stille de samme krav, som de unge gør idag?

Kritikken af fysikundervisningen i gymnasiet steg i løbet af 80'erne. Den var for abstrakt og verdensfjern. Studenterne flygtede til andre uddannelser og grene. Der kom focus på, at pigerne undsagde fysik. Universiteter og højere læreanstalter syntes ikke studenterne kunne nær så meget som i gamle dage. De komplekse tal forsvandt - og så har de jo ikke en ærlig chance for at forstå vekselstrøm - som... osse er væk. Det bliver da værre og værre. Og stive legemer, induktion - har det da ingen ende? "Vi må sikre elitens vej til den relevante uddannelse" - underforstået til fysik. Problemet er vist nok bare, at eliten nærmest bliver HD-ere idag.

I samme periode har vi været vidne til en øgning i interessen for fysik og naturvidenskab generelt. Behovet for at blive klogere og få forstand på omverdenen er ikke blevet mindre. Illustreret Videnskab er en kæmpesucces. Hvælv - stor succes. Kaos - paradigmeskift - neurale netværk - alternativ energi - miljø - hybridnet - computere - masser af interesse fra unge som gamle, men ikke for fysik...

Gymnasiereformen af 1988 blev anledningen til at gå i gang med et radikalt skift med hidtidig tradition. På obligatorisk niveau (3 ugetimer i 1g og 2g) lægges der særlig vægt på de almene kvalifikationer, mens der på højt niveau (5 ugetimer i 3g) lægges vægt på almene og i særlig grad studieforberedende elementer. I den nye målsætning for faget er der derfor indarbejdet en række nye elementer.

5 dimensioner.

Man har valgt at anvende ordet "dimension" for en af nyskabelserne i gymnasiereformen, selvom ordet er lidt uheldigt. Et bedre søges. Dimensionerne beskriver sammenhænge eller perspektiver, som skal belyses i undervisningen, Der er krav om, at der skal tilrettelægges nogle undervisningsforløb, der har det hovedsigte at tilgodese en dimension, men der er ikke krav om at alle dimensioner behandles lige grundigt. Der er heller ikke krav om bestemte emner indenfor hver af dimensionerne.

I forbindelse med *den nære omverden* kan man få forståelse af, at både naturfænomener og menneskeskabte fænomener, som for eksempel vejret, sanserne, sport, trafik, hjemmets teknik og så videre, kan forklares på et fysisk grundlag.

DIMENSIONER I FYSIKUNDERVISNINGEN

DEN NÆRE OMVERDEN

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

FYSIKKENS VERDENSBILLEDE

Eleverne skal opnå et indtryk af fysikken som en sammenhængende naturbeskrivelse.

FYSIKKEN I HISTORISK OG FILOSOFISK BETYDNING

Eleverne skal opnå kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

TEKNIK

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder indenfor teknik.

TEKNOLOGI OG SAMFUND

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

I *fysikkens verdensbillede* skal eleverne have indtryk af fysikkens muligheder for at give en sammenhængende beskrivelse af universet, hvor alt fra det mindste til det største forklares ud fra få grundprincipper.

I arbejdet med *fysikken i historisk og filosofisk belysning* kan man arbejde med nogle epoker i videnskabshistorien eller teknologihistorien. Man kan herunder komme ind på, hvordan fysikkens begreber er opstået og udbygget, ligesom man kan komme ind på gamle apparater eller historiske eksperimenter.

I dimensionen *teknik* kommer man ind på nogle eksempler på fysikkens umiddelbare anvendelse i teknikken, og hvordan tekniske indretninger hviler direkte på de fysiske principper, man lærer om i fysikundervisningen. Virksomhedsbesøg eller et længerevarende projekt om en bestemt produktionsmetode kan også indgå.

I *teknologi og samfund* kommer man ind på, at fysik og anden naturvidenskabelig forskning er tæt forbundet med den teknologiske og samfundsmæssige udvikling.

Tematisk undervisning

Som en nyskabelse stilles der også krav om, at en del af undervisningen tilrettelægges tematisk. Et tematisk undervisningsforløb opbygges for eksempel ud fra et centralt spørgsmål, et tema, fra en sammenhæng, der af eleverne opfattes som relevant, og hvori faget spiller en væsentlig rolle. Det valgte tema er styrende for udvælgelsen og

organiseringen af lærestoffet. I et tematisk undervisningsforløb inddrages kernestoffet således i en fysikekstern sammenhæng. Det er en betydelig nyskabelse, men i sandhedens interesse må man nok sige, at revolutionen er mindre end det umiddelbart lyder. Det skyldes dels, at lærerne er uvante med denne undervisningsform, dels har der manglet temahæfter på skolerne til de første forløb (de skulle skrives - og købes..). Men i løbet af få år er der udgivet så mange temahæfter, at undervisningen vil være drejet betydeligt længere over mod en tematisk tilrettelæggelse.

Eksperimentelt arbejde

Det eksperimentelle arbejde har også skiftet karakter. Tidligere var eksperimenter oftest designet til at vare 45 minutter inklusiv ud- og indpakning. Nogle af disse laves fortsat, men der er også åbnet for 2 eller 3 timers eksperimenter, som udføres i små hold og med individuel rapport. Desuden er der som en nyskabelse indført et 10-timers eksperimentelt projekt i hvert af de 3 år. I 10-timers projektet er det tanken, at eleverne i større udstrækning selv bidrager til udviklingen af eksperimenterne. Hver gruppe har sit emne for det eksperimentelle projekt, og de skriver sammen en grupperapport over arbejdet. Der er ikke tvivl om, at eleverne er begejstrede for denne arbejdsform, hvor deres engagement og idérigdom får friere tøjler. Lærerne er derimod mere forbeholdne, især på grund af manglen på laboratorier og materiel, samt det forhold, at man skal holde måske 7 grupper à 4 elever med hver sit projekt i hånden inden for lektionslængder à 45 minutter. Elevernes begejstring er dog så vigtig, at der ikke er tvivl om, at formen er med til at give dem en langt mere positiv indstilling til fysik.

Skriftligt arbejde

Som noget nyt er der også indført skriftlige opgaver i 1g og 2g. Det har været en meget stor succes, sikkert også på grund af den store frihed lærerne har i forbindelse med opgaveformuleringerne. Skriftlige opgaver kan naturligvis være almindelige regneopgaver, der kan være tale om efterbehandling af ''take-home-labs'', man kan lave en edb-simulering og benytte grafer, tabeller og kommentarer som en opgave, ligesom artikler fra aviser, tidsskrifter og så videre kan anvendes som udgangspunkt for skriftlige opgaver. Det giver en fin åbenhed og gode muligheder for varieret tilrettelæggelse af undervisningen.

Der er kun en mundtlig eksamen efter det obligatoriske niveau i fysik. De skriftlige opgaver skal derfor udelukkende støtte det daglige arbejde med indlæring og perspektivering af faget. Det skriftlige eksamensniveau kommer først efter det høje niveau i 3g, som pt. cirka 25% af eleverne har valgt. De skriftlige opgaver til studentereksamen har også udviklet sig indenfor de seneste år. Opgaverne er nu alle forsynet med overskrift, og man kan som regel tydeligt se, hvad de handler om. Eksempler: vandseng, termoelement, seismograf, hastighedsfilter, lagerring, curling, dykkerklokke, vejrballon, radon i kælderrum, nuklearmedicin,... eksemplerne er legio. Både blandt lærerne og eleverne er der tilfredshed med denne drejning hen mod det mere anvendelsesorienterede.

Det er mit indtryk, at den skriftlige eksamen er på cirka samme abstraktionsniveau som hidtil.

KERNESTOF

OBLIGATORISK NIVEAU

ENERGI

Forskellige energiformer og energiomdannelser. Energibevarelse. Energikilder, energilagring og energikvalitet.

ELEKTRISKE KREDSLØB

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter.

BØLGER

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

ATOM- OG KERNEFYSIK

Atomers og atomkerners bestanddele. Atomers emission og absorption af stråling. Radioaktive henfald. Ioniserende stråling.

MEKANIK

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse, Newtons love. Arbejde og energi.

HØJT NIVEAU

MEKANIK

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Bevægelse i homogene kraftfelter. Jævn cirkelbevægelse. Newtons love. Arbejde og energi. Processer med ideale gasser. Mekanikkens energisætning. Stød. Gravitationsfeltet fra et centrallegeme, satellitbevægelse, kosmologi.

ELEKTRICITET OG MAGNETISME

Elektriske og magnetisk felter. Ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter.

KERNE- OG PARTIKELFYSIK

Kernereaktioner. Ækvivalensen mellem masse og energi. Q-værdi, bindingsenergi og kernestruktur. Subnukleare partikler.

Fagligt stof

Der er sket noget med faget. Det er skrumpet nogle steder. På obligatorisk niveau er det samlede ugetimetal faldet (fra 7 til 6), undervisningen er koncentreret i 1-2g, hvor eleverne generelt er lidt mindre modne end i 3g, ligesom holdstørrelsen er steget, specielt i 2g. Da der samtidig var krav om et lavere abstraktionsniveau ved indgangen - overgangen fra folkeskolen var blevet alt for svær - måtte der ske nogle hug, som også skulle give plads til nyt, for eksempel temaarbejde og dimensioner.

I kassen kan man se, hvad der blev tilbage på obligatorisk niveau. Man kunne sagtens have ønsket sig en del mere. Men konsekvensen havde været en langt strammere undervisningsplan, hvilket ikke var ønskeligt. Man kunne selvfølgelig også have håbet på flere timer, men det mente Folketinget åbenbart ikke dengang i 1987.

De abstraktionsmæssigt vanskeligste emner, mekanik og felter, ligger stort set kun på det høje niveau. Her har eleverne de bedste forudsætninger for at tilegne sig de vanskelige feltbetragtninger, ligesom det er disse emner der klarest peger på videregående fysikuddannelser. Satellitbevægelse og solsystemet er fremhævet, og som noget nyt er der indført lidt kosmologi. Elektriske og magnetiske felter er nedtonet noget i forhold til tidligere. Det kan man begræde, men igen er det timetals- eller pensumpresproblemet der trænger sig på. Under kerne- og partikelfysik indgår fremover lidt partikelfysik med kvarker og så videre. Kosmologien og partikelfysikken er kommet med for at medtage en beskeden mængde moderne fysik.

Afslutning

I gymnasiet er der ansat over 1000 fysiklærere, hvoraf langt de fleste er uddannet på universiteterne. Vi er glade for vores fag og ser det gerne blomstre på alle uddannelsesniveauer. Vi har været i vanskeligheder i 80-erne. Det hverken kan eller skal skjules. Men vi mener også, at vi har taget en meget stor udfordring op - nemlig at arbejde med den faglige formidling af faget i helt nye rammer. Den væsentligste nyskabelse er efter min opfattelse, at vi ikke længere betragter det forhold, at meget af den grundlæggende fysik kan samles i få begreber med få formler, som det eneste udgangspunkt for elevernes forståelse af fysik. Der er mange flere udgangspunkter, vi må bruge kræfter på at finde dem og udvikle dem. Fysik er også et værktøj til at forstå hverdagsoplevelser og erfaringer. Begreberne er historisk set konklusionen på mange generationers arbejde med at forstå fysik. Det kan man ikke helt springe over ved formidlingen af fysik - men man kan lette vejen og styrke billedet og tanken.

Udviklingen er parallel i andre lande. I Holland, England og så videre arbejder man med pensumrevisioner efter stort set samme tankegange, som styrede de ændringer, der er gennemført i Danmark. Jeg er ikke i tvivl om, at vi vil genfinde samme tendenser i de fleste andre lande. Man skal bestemt ikke tro, at vi på gymnasieområdet har alle svarene - arbejdet er kun lige begyndt. Med en let omskrivning af Churchill: Vi er endnu ikke kommet til enden af begyndelsen. Men tag godt mod studenterne, når de kommer her til sommer - de strutter af energi og virkelyst - skuf dem ikke. Undervisning drejer sig også om menneskelige relationer - sørg for, at de føler sig hjemme og velkomne.

Vi vil også gerne samarbejde konkret med de højere læreanstalter om besøgsmuligheder, hvor gymnasieelever får lejlighed til at udføre eksperimenter, der normalt ikke kan lade sig gøre på gymnasierne. Derved får de lejlighed til at se, hvordan arbejdet med fysik på videregående uddannelser sker. Der er ingen tvivl om, at veltilrettelagte og forpligtende besøg med et konkret eksperimentelt indhold også styrker interessen for at arbejde videre med fysik. Vi er meget glade for det samarbejde der er etableret med universiteterne i Århus, Odense, Roskilde og Aalborg, Danmarks tekniske Højskole, Danmarks Ingeniør Akademi og RISØ.



Claus Christensen Adjunkt ved Nørre Gymnasium siden 1980. Cand.scient. fra Københavns Universitet, 1980. Medlem af Fysiklærerforeningens styrelse siden 1984. Formand siden 1987.